

CONSTRUCTION MODERNE

RÉSULTATS & ILLUSTRATIONS DE L'ÉTUDE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS OCTOBRE 2010

HORS SÉRIE

LOGEMENTS BBC & IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

HORS SÉRIE

ÉDITO

Tout constructeur, en particulier de logements, a pour objectif de réaliser des bâtiments conformes aux réglementations de plus en plus nombreuses et contraignantes tout en préservant le coût final de l'ouvrage.

Depuis la prise de conscience du "Grenelle de l'environnement", un nouvel objectif est venu s'ajouter : minimiser l'impact sur l'environnement des constructions et de leur usage pendant la durée de vie de l'ouvrage.

Il y a deux ans, peu d'outils de mesure étaient mis à disposition de ces entrepreneurs pour mesurer objectivement ces impacts. Seules quelques fiches de déclarations environnementales et sanitaires concernant certains produits ou systèmes existaient mais aucune synthèse globale n'avait été faite.

Cette situation, très insatisfaisante, laissait libre cours aux interprétations parfois les plus partisans.

D'aucuns avaient déjà condamné l'ensemble des systèmes constructifs traditionnels (qui représentaient à cette époque plus de 90 % de la construction).

La filière béton, très attentive à l'ensemble de ces commentaires, a décidé alors de financer une étude portant sur les impacts réels de certains types de construction, en y incluant naturellement les effets de "l'occupation" de ces logements pendant leurs durées de vie.

Un des premiers enseignements que nous avons tirés des résultats obtenus, est qu'avec de la méthode mais aussi de la constance, il est possible, avec les informations disponibles, d'établir ce bilan de façon suffisamment rigoureuse pour en tirer des conclusions scientifiquement robustes.

D'autre part les résultats obtenus permettent, dans la plus grande transparence, de remettre les choses à leur place.

Notre souhait est que cette démarche se généralise. Les très nombreuses initiatives prises actuellement (généralisation des FDES, méthodes de calcul des bilans carbone, etc.) nous montrent que ceci est en marche.

François L'Huillier

Directeur Délégué Bâtiment CIMBÉTON

SOMMAIRE

I. QEB, UNE ÉTUDE QUI MET TOUT LE MONDE D'ACCORD

LES HYPOTHÈSES DE TRAVAIL 2

- Des Bâtiments Basse Consommation, niveau Label Effinergie 2

- 3 types de constructions 3

- Détails des systèmes constructifs 4

- Interview de Bernard Sesolis, Tribu Énergie 6

MÉTHODE DE CALCUL DES IMPACTS 7

- Evaluer l'empreinte sur tout le cycle de vie des bâtiments 7

- Interview de Henry Lecouls, 9

- coordonnateur de la revue critique

- Interview de François Thueux, Ecobilan 10

RÉSULTATS, la fin des idées reçues 11

- Maison individuelle Mozart 12

- Maison individuelle MI2 15

- Logement collectif LC2 17

CONCLUSION 18

- Interview de Hélène Teulon, Gingko 21

- Interview de Gérard Senior, architecte 20

- Interview de Pierre Tourre, architecte 21

II. LES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS EN BÉTON

- Maçonnerie en blocs de granulats courants 23

- à joints épais et isolation

- Maçonnerie en blocs de granulats courants 23

- à joints minces et isolation

- Maçonnerie en blocs de béton de granulats 24

- légers ou en béton cellulaire

- Mur en béton banché et isolation 24

- Murs à coffrage intégré avec ou sans isolation 25

- panneaux sandwich à isolation continue

- Planchers avec prédalles ou dalles alvéolées 25

- Planchers à poutrelles / entrevous 26

- Chapes et dalles flottantes 26

- Rupteurs de pont thermique 26

III. QUELQUES OPÉRATIONS BBC

- Paris Batignolles (75) : 27

- des logements au confort optimal

- Des logements confortables et performants 28

- à Tourcoing (59)

- La Maison BBC Jambert à Angers (49) : 29

- un laboratoire des bonnes pratiques

- Une maison écologique à faible coût à Craponne (69) 30

- Une villa BBC à Cavalaire (83) : 31

- entre innovation et tradition

- Le premier label BBC-effinergie® d'Aquitaine à Dax (40) 31

- Une maison BBC à Sélestat (67) : 32

- économique et économe

ÉTUDE QEB

UNE ÉTUDE QUI MET TOUT LE MONDE D'ACCORD

Effet de serre, réchauffement climatique, pollution de l'eau... face à ces menaces, le Grenelle oblige chacun à réfléchir sur son rapport à l'environnement et à agir. Cependant, la démultiplication des produits de construction estampillés "écologiques", "bios", ou "peu impactants" rend délicat le décryptage des capacités environnementales réelles des bâtiments. L'étude Qualité Environnementale des Bâtiments (QEB) réalisée par des experts, est la première étude multicritères d'une telle envergure menée en France. Elle apporte des réponses claires et chiffrées à ces questions.

Dans le secteur de la construction, chaque matériau affiche une empreinte carbone, influe sur l'épuisement des ressources, consomme de l'eau et de l'énergie, produit des déchets, etc. Mais nos modes de vie en font tout autant, sinon plus. **La durée de vie** d'un immeuble de logements ou d'une maison individuelle oscille en moyenne entre 75 et 130 ans. Pendant tout ce temps, cette construction, ou plutôt les habitants qui l'occupent, consomment de l'énergie, beaucoup d'énergie. Beaucoup trop aux dires des politiques et des initiateurs du Grenelle de l'Environnement. De véritables passoires énergétiques qui ont poussé ces mêmes décideurs à poser les jalons d'une approche différente de la construction.

Basse consommation et faible impact environnemental

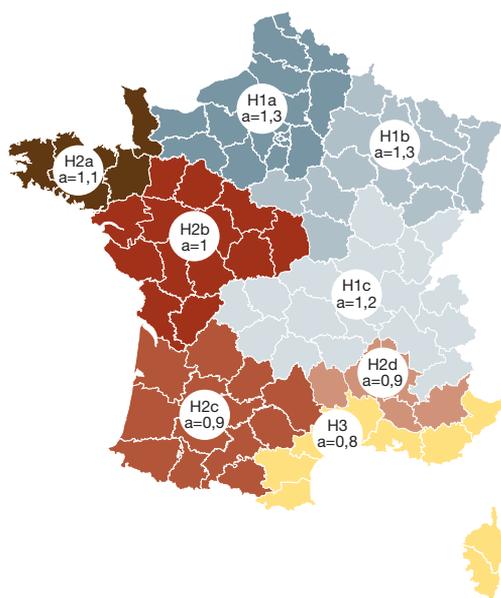
Le Bâtiment Basse Consommation (BBC), avec ses 50 kWep/m²/an, s'annonce comme la nouvelle religion des bâtisseurs pour maîtriser les consommations énergétiques. Une sage évolution qui impose des choix tant architecturaux que constructifs. **La conception** demeure l'élément fondamental. L'insertion du bâtiment dans son environnement, sa forme, son orientation constituent autant d'éléments essentiels à la réussite du projet. Le choix des systèmes constructifs et des équipements qui seront installés dans l'ouvrage est également très important, mais encore faut-il s'intéresser aux réels impacts environnementaux engendrés par ces choix techniques ou conceptuels. Les fameuses **Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES)**, qui sont en quelque sorte les bilans environnementaux des produits et des systèmes constructifs, permettent de juger de ces conséquences, mais pour chaque produit pris de manière individuelle... En résumé, une évaluation qui ne permet pas la comparaison à l'échelle du bâtiment.

Comparer des bâtiments dans 6 systèmes constructifs

C'est donc pour aller vraiment plus loin qu'a été lancée à l'initiative de Cimbéton, associé au CERIB (et avec la collaboration de la plupart des filières matériaux), l'étude intitulée Qualité Environnementale des Bâtiments (QEB), basée sur les normes ISO 14040-14044 et NF P 01-010. Sa finalité est d'apprécier les impacts environnementaux de plusieurs types de logement devant répondre aux exigences thermiques de niveau BBC. Son cahier des charges prend en compte les systèmes constructifs conventionnels et les matériaux les plus représentatifs du marché français : **béton banché, blocs béton, béton cellulaire, briques creuses en terre cuite, Monomur en terre cuite et ossature en bois**. Isolation par l'intérieur ou par l'extérieur, selon les habitudes ou les contraintes constructives, et la nature des isolants constituent les autres variables de l'étude, appliquée à trois typologies de logements : maison individuelle de plain-pied, maison individuelle à un étage et petit collectif en R+3. Soit 97 solutions constructives.

Menée de bout en bout par Tribu Énergie pour les calculs thermiques et par Ecobilan pour les bilans environnementaux, **deux bureaux d'études indépendants** et spécialisés, l'étude QEB apporte donc des réponses simples, claires et directes. Elle montre en particulier l'importance prédominante de **la vie en œuvre** des constructions. Le véritable impact environnemental se situe à ce niveau, encore et toujours. Et les systèmes constructifs ? Peu de différences environnementales significatives, comme le démontre l'étude QEB. Des résultats qui bousculent bien des idées reçues !

LES HYPOTHÈSES DE TRAVAIL



Le calage des niveaux BBC en termes de consommation énergétique des habitations se base aujourd'hui sur une segmentation de la France métropolitaine en huit zones correspondant chacune à des scénarios climatiques différents. Pour l'étude QEB, le choix a été réduit à trois zones qui correspondent à des scénarios climatiques types : continental (H1b : Cep max 65 kWh/m²/an), tempéré (H2b : Cep max 50 kWh/m²/an), méditerranéen (H3 : Cep max 40 kWh/m²/an).

DES BÂTIMENTS BASSE CONSOMMATION, NIVEAU LABEL EFFINERGIE

L'objectif de l'étude "Qualité Environnementale des Bâtiments" ou QEB est en premier lieu de démontrer, preuves à l'appui, la pertinence des systèmes constructifs standards disponibles sur le marché pour réaliser des bâtiments à basse consommation énergétique ; des logements ne dépassant pas le seuil maximum de consommation d'énergie primaire de 50 kWh/m²/an, en zone H2b.

Ce niveau d'exigence correspond à la **future réglementation thermique 2012**. Il est nécessaire à l'obtention du label BBC-effinergie®, qui vise à identifier les bâtiments neufs dont les très faibles besoins énergétiques contribuent à atteindre les objectifs du Grenelle de l'Environnement pour 2050 : une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre.

Le seuil des 50 kWh/m²/an n'intègre pas la totalité des consommations d'énergie des unités fonctionnelles étudiées. Seuls sont pris en compte les postes de **chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire, d'éclairage, de ventilation, et d'auxiliaires**. *A contrario*, des éléments telles les consommations d'énergie des appareils électroménagers n'entrent pas en ligne de compte.

Le seuil de consommation énergétique maximale dépend bien évidemment de **la zone climatique** dans laquelle est construit le bâtiment BBC. Ainsi, dans chaque zone, un coefficient est appliqué à la valeur de référence de 50 kWh/m²/an. Il est égal à 1,3 pour la zone climatique H1b, soit une consommation maximale d'énergie primaire de 65 kWh/m²/an. La zone H3 a un coefficient multiplicateur de 0,8 aboutissant à une consommation

de 40 kWh/m²/an. Enfin, la zone modérée H2b bénéficie du coefficient 1.

Une construction dans le cadre du label BBC-effinergie®, tout comme sous les labels PassivHaus® en Allemagne ou encore Minergie® en Suisse, impose aussi d'autres critères que la seule consommation d'énergie primaire. La performance du bâti doit aussi répondre à des hypothèses **de perméabilité à l'air**. C'est un point essentiel lorsque l'on sait que le poste de déperdition par renouvellement d'air représente une part de plus en plus importante dans le bilan de chauffage. Une bonne étanchéité permet donc d'assurer le transfert des flux d'air, par le biais d'un système de ventilation, des pièces principales vers les pièces de service, aboutissant ainsi à une réelle efficacité de la gestion de l'air et à des économies d'énergie. Dans l'étude QEB, les bâtiments ont été conçus pour correspondre au niveau de performance nécessaire à l'obtention du label BBC-effinergie® : un coefficient de perméabilité de 0,6 m³/h.m² au lieu du 0,8 qui constitue la référence réglementaire actuelle pour les maisons individuelles, et de 1 m³/h.m² au lieu de 1,2 en logements collectifs.

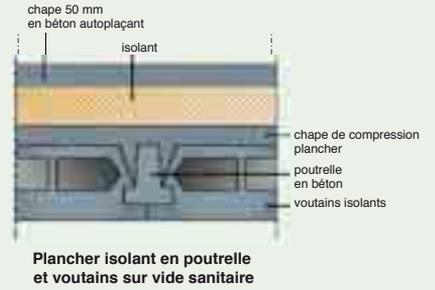
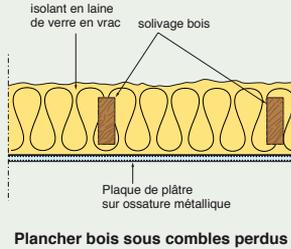
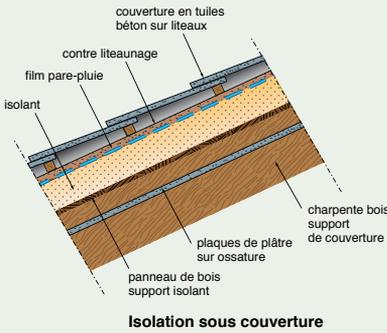
Il faut souligner que les modèles étudiés dans le cadre de l'étude QEB ne sont pas des constructions réelles, mais des projets. Autrement dit, les résultats ne sont pas le fruit de relevés *in situ*, mais celui de calculs. **Le détail des logements** (épaisseurs des matériaux de structures et des isolants, équipements de chauffage, de ventilation, etc...) a été définis au cours d'une étude thermique de plusieurs mois, menée par le cabinet spécialisé Tribu Energie.

DÉTAILS DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

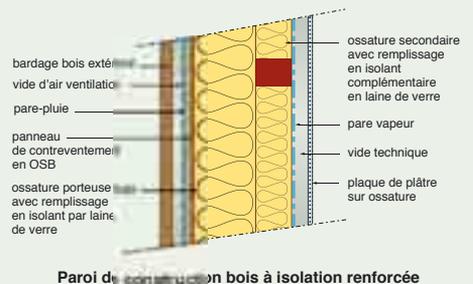
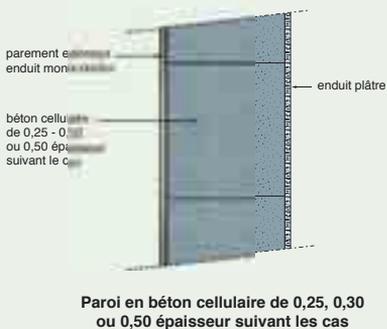
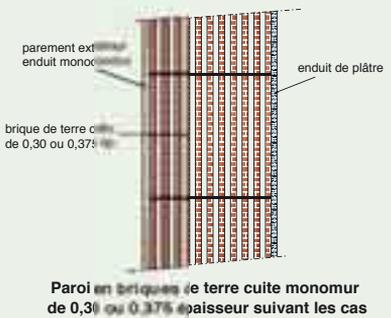
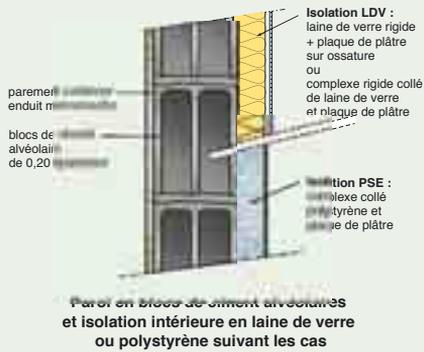
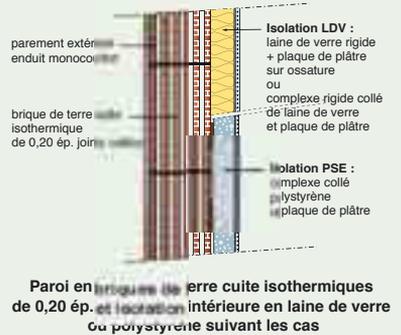
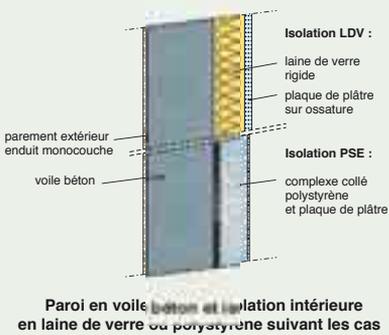
Maison Mozart



ÉLÉMENTS COMMUNS



ÉLÉMENTS VARIABLES



Pour chacun des ces trois types d'habitations de nombreux paramètres constructifs varient : types de murs, types d'isolants et zones climatiques ; soit **quatre vingt dix-sept configurations** étudiées !

Quelques éléments sont communs à toutes les configurations, à commencer par les systèmes de chauffage : pompe à chaleur électrique ou chaudière gaz à condensation. Des équipements qui devraient être très utilisés à l'échéance d'application de la future RT 2012/BBC.

Pour favoriser la comparaison du poids environnemental des différents systèmes constructifs, une part du gros œuvre est identique dans chaque édifice. La structure des planchers, celle de la toiture et la couverture de cette dernière sont ainsi communes aux maisons Mozart et MI 2.

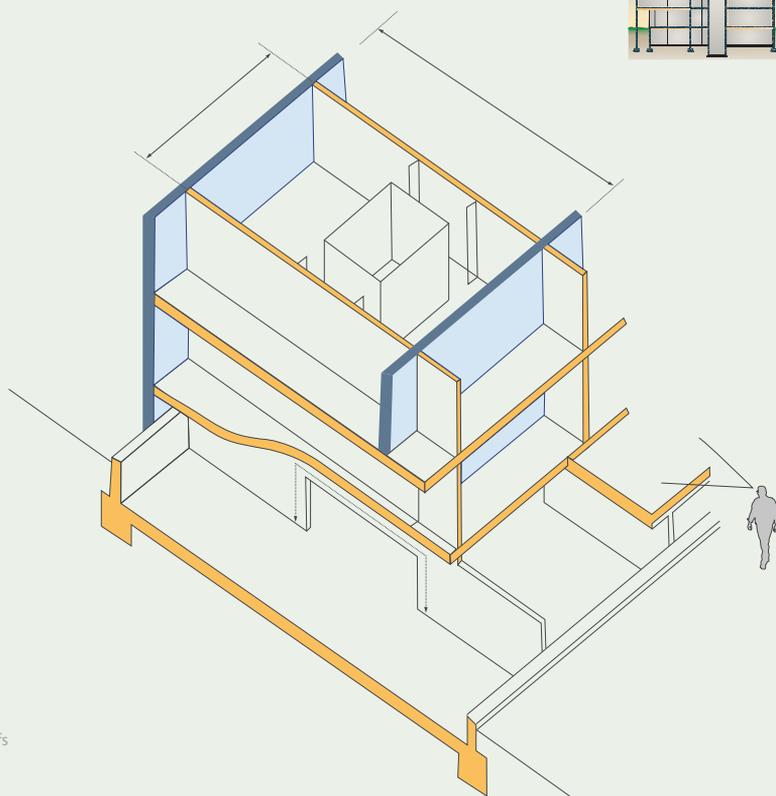
A contrario, la nature **des parois verticales du gros œuvre constitue l'élément variable** des maisons. (six systèmes constructifs sont étudiés dans le cadre de l'étude QEB). Pour chacune des maisons, l'isolation intérieure a fait l'objet d'une variable supplémentaire : laine de verre (LDV), ou polystyrène expansé (PSE). Seul l'isolant de la Maison

à ossature bois, plus couramment constituée de laine de verre, ne varie pas. Par ailleurs, il n'y a pas d'isolation rapportée dans le cas des matériaux à isolation répartie (béton cellulaire et Monomur terre cuite).

- **Paroi "béton banché"** : mur banché coulé *in situ*, de 16 cm d'épaisseur.
- **Paroi "bloc béton"** : mur de 20 cm d'épaisseur en blocs rectifiés collés à l'aide d'un mortier mince.
- **Paroi "béton cellulaire"** : mur en béton cellulaire d'épaisseur variable (25, 30 ou 36,5 cm) sans isolation rapportée.
- **Paroi "brique creuse"** : mur de 20 cm d'épaisseur en briques creuses rectifiées collées à l'aide d'un mortier mince.
- **Paroi "Monomur"** : mur en bloc Monomur terre cuite d'épaisseur variable (30 ou 37 cm) sans isolation rapportée.
- **"Ossature bois"** : ossature porteuse en bois avec panneau de contreventement, remplissage isolant par laine de verre et bardage extérieur en bois.

LC 2

ÉLÉMENTS COMMUNS



Pour le logement collectif LC 2, vingt-sept configurations différentes sont prises en compte.

Comme pour les maisons individuelles considérées dans l'étude (Mozart et MI 2), il intègre **des éléments communs** à tous les cas : structure des planchers, de la toiture-terrasse et de la couverture de la toiture. La structure globale du bâtiment – **plancher et refend** – est en béton armé classique, choix reposant sur une réalité du marché. (En France, la construction des immeubles de logements fait appel au béton banché dans 80 % des cas¹). Seules

variables dans ce contexte : les parois de façade non porteuses (remplissage) qui sont de type **béton banché, en blocs béton ou en briques creuses**. L'ossature bois, étant peu développée en France pour ce type de construction, n'a pas été retenue dans l'étude de logement collectif. Les enveloppes reçoivent, soit un système d'isolation par l'intérieur de type laine de verre ou PSE, soit une isolation par l'extérieur de même nature.

1/ Référence : Batiétude 2008

INTERVIEW



Bernard Sesolis,
fondateur et directeur
du bureau d'études
Tribu Énergie

“POUR LA RT 2012, C'EST LE BÂTI AVEC UNE FORTE INERTIE QUI SERA PRIVILÉGIÉ ET LE BÉTON EST BIEN PLACÉ.”

DOCTORANT EN GÉOPHYSIQUE SPATIALE AVEC UNE OPTION “ENVIRONNEMENT”, BERNARD SESOLIS EST SPÉCIALISTE DES BÂTIMENTS BIOCLIMATIQUES ET ÉNERGÉTIQUEMENT PERFORMANTS. IL EST LE DIRECTEUR DE TRIBU ÉNERGIE, LE BUREAU D'ÉTUDES THERMIQUES EN CHARGE DES CALCULS THERMIQUES DE L'ÉTUDE QEB.

Construction Moderne : Quelle a été la mission de Tribu Énergie lors de cette étude QEB ?

Bernard Sesolis : Tribu Énergie a été chargé de définir les prestations d'enveloppe des modèles de bâti résidentiel retenus dans l'étude pour atteindre les exigences thermiques de niveau BBC-effinergie® qui préfigure la future réglementation RT 2012. Nous avons choisi les produits isolants et déterminé leur volume pour les trois zones climatiques de l'étude. Nous avons préconisé les types d'énergie : chaudière à condensation et pompe à chaleur. Tous nos choix ont été motivés par la volonté de modéliser des éléments couramment mis en œuvre, et de faire disparaître toute différence autre que celle du système constructif.

C. M. : Quels enseignements tire-t-on de l'étude QEB sur les performances thermiques ?

B. S. : Sur les 97 modèles étudiés, nous avons pu relever que pour pratiquement toutes nos hypothèses, nous avons pu atteindre les performances BBC avec des **matériaux et produits d'isolation du marché**. Nous avons calculé à rebours les résistances thermiques nécessaires dans chaque zone climatique et cherché les produits correspondants faisant l'objet d'une FDES afin de faciliter le bilan environnemental.

C. M. : Quels sont les atouts du béton en matière de BBC ?

B. S. : Ce qu'il est important de prendre en considération, c'est l'inertie thermique d'un matériau, sa capacité à accumuler puis à restituer un flux thermique chaud ou froid. Comment exploiter au mieux les apports de chaleur gratuits liés à l'occupation du bâtiment, à la lumière artificielle, au rayonnement solaire ? Les constructions en béton sont aptes à conférer une **forte inertie thermique** qui permet de mieux récupérer tous ces apports, contrairement aux bâtis à faible inertie, comme par exemple en tout ossature bois. L'autre critère qui entre en ligne de compte est le **confort d'été**. Une grande inertie thermique en logements contribue à éviter la climatisa-

tion en été. Concevoir un bâtiment qui réponde à une exigence d'isolation maximum tout en étant confortable en été, est un des principaux enjeux pour les concepteurs. Obtenir un logement peu consommateur d'énergie en hiver est facile, mais il risque d'être invivable en été. Du point de vue de l'inertie thermique, le béton présente de nombreux avantages. Il s'agit d'un élément qualitatif primordial, mais non quantitatif dans un bilan environnemental, sauf s'il faut rajouter de la consommation d'énergie de climatisation.

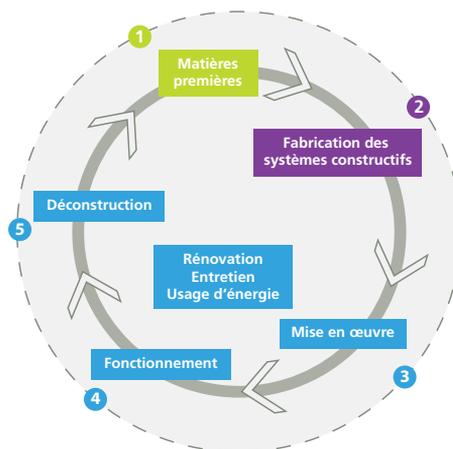
C. M. : Dans la future réglementation RT 2012, un nouveau critère va être introduit : le Bbio. Que traduira-t-il ?

B. S. : Cette nouvelle exigence traduira la qualité énergétique du bâti indépendamment des systèmes qui l'équiperont (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, photovoltaïque...). Ce **coefficient Bbio** sera calculé d'après les besoins en chauffage, froid et en éclairage du bâtiment en intégrant les apports de lumière naturelle, les apports solaires, l'inertie du bâtiment... Ces trois besoins, nommés Bbio chaud, Bbio froid et Bbio éclairage, s'additionneront et seront affectés de coefficients modulateurs. Le résultat final s'exprimera en points avec une valeur maximale à ne pas dépasser pour être conforme à la RT 2012. L'idée est que le **bâti est plus pérenne** que ses équipements et que, par conséquent, la qualité intrinsèque de son enveloppe sera primordiale ! Un bâti avec une forte inertie sera privilégié et le béton est donc bien placé. Le second critère concerne les équipements : eau chaude, chauffage / refroidissement, auxiliaires et éclairages. Sur ces cinq postes, **des niveaux maximum** de consommation d'énergie primaire ne devront pas être dépassés ; modulables, entre autres, selon la région et le type de bâti. Enfin, le confort d'été sera intégré. Ce critère sera d'autant plus sensible que le bâti sera mieux isolé. La température intérieure conventionnelle, la **“TIC”**, ne devra pas dépasser une valeur de référence. Ce critère sera affiné dans un futur proche.

MÉTHODE DE CALCUL DES IMPACTS

Cinq étapes principales constituent la vie d'une construction. Celles-ci vont de l'extraction des matières premières, à la déconstruction-recyclage du bâtiment considéré. Entre temps, les systèmes constructifs doivent être fabriqués et mis en œuvre dans la construction. Et cette dernière doit fonctionner un certain temps, être entretenue, rénovée. Ses habitants y consommeront de l'énergie pour se chauffer, s'éclairer ou faire fonctionner le lieu.

- ICV : Inventaire du Cycle de Vie
- ACV = FDES : Analyse du Cycle de Vie
- QEB : Qualité Environnementale du Bâtiment



ÉVALUER L'EMPREINTE SUR TOUT LE CYCLE DE VIE DES BÂTIMENTS

Évaluer la qualité environnementale d'un bâtiment – comme cela a été fait dans le cadre de l'étude QEB – impose une démarche complexe qui vise à inventorier l'intégralité des composants constituant ce bâtiment ; c'est-à-dire à faire **la somme des impacts** environnementaux des matériaux et des systèmes constructifs ayant servi à sa réalisation et à répertorier avec précision les impacts des énergies liés à l'utilisation du bâtiment concerné, dite **"consommation conventionnelle d'énergie"**. Et ce, pour une durée de vie conventionnelle de référence, fixée à 100 ans dans le cas de l'étude QEB. La finalité est d'obtenir un cycle de vie complet du bâtiment.

Dans les faits, plusieurs étapes essentielles sont distinguées, allant de l'extraction des matières premières jusqu'à leur valorisation en fin de vie. Ceci permet de faire un bilan complet des ressources énergétiques, matières premières et transports nécessaires pour fabriquer un produit ou un système. Il s'agit de données brutes, non exploitables en l'état, mais indispensables pour réaliser **l'Analyse de Cycle de Vie (ACV)**. L'ACV quantifie les impacts sur l'environnement d'un système constructif durant toute son existence, depuis l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication, jusqu'à sa fin de vie. C'est l'ACV qui permet l'établissement de la Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) dudit matériau et d'en établir le bilan environnemental complet.

Les FDES comme base de données

C'est l'étape 2 du processus d'analyse. Aujourd'hui, nombre de matériaux de construction bénéficient d'une FDES (déclaration environnementale initiée par l'AIMCC sur la

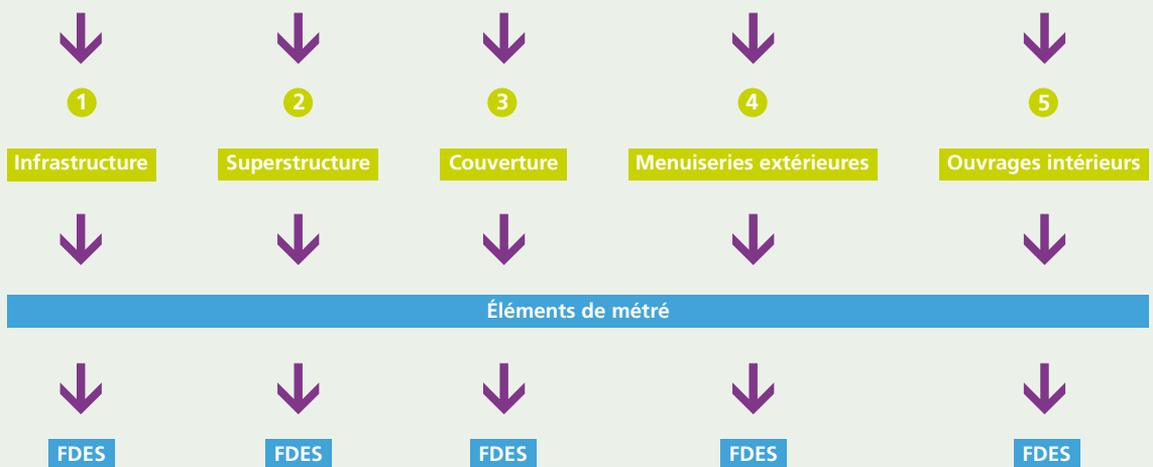
base de la norme NF P 01010), chacune étant répertoriée dans **la base de données publique INIES** du CSTB et servant de source à l'étude QEB. Les FDES peuvent être syndicales (mutualisées) ou provenir directement des industriels, et peuvent être validées par des organismes tiers. Pour les matériaux ne bénéficiant pas encore d'une FDES à l'époque de l'étude, tels certains produits bois, les données environnementales ont été obtenues à partir de déclarations fournies par le FCBA (l'institut technologique Forêt, Cellulose, Bois-construction et Ameublement).

L'impact environnemental des systèmes constructifs composant l'habitation étudiée est obtenu en combinant les données FDES de chacun des produits – une certaine de fiches dans le cas présent – par leurs métrés précis dans l'habitation (fournis par un économiste de la construction). Ces informations sont saisies dans le logiciel **Team Bâtiment** pour analyse et modélisation, sachant que les trois types d'habitations étudiées – Maison Mozart, Maison MI 2 et logement collectif LC 2 – sont des "projets" de construction. Sur la base de ces informations, Team Bâtiment permet le calcul des flux élémentaires du bilan environnemental et des dix indicateurs environnementaux (voir plus loin dans ce même texte).

Une période d'usage de 100 ans

Les étapes 3, 4 et 5 du calcul global des impacts environnementaux – mise en œuvre, fonctionnement et déconstruction – concernent plus directement **le bâtiment étudié**, bien que la "mise en œuvre" des systèmes constructifs le composant soit pour partie déjà intégrée aux FDES. Y sont ajoutés les impacts non considérés dans les Analyses de Cycle de Vie des produits, tels que

LE CALCUL DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS TEAM BATIMENT



À chacun des 130 éléments du mètre est associé soit la FDES correspondante, soit lorsque celle-ci n'est pas disponible, c'est-à-dire dans 7 cas, le bilan environnemental.

ceux liés au déblaiement et terrassement du terrain. Les aspects "rénovation et entretien" des produits (étape 4) sont aussi pris en compte dans les FDES. Ici entre en ligne de compte la Durée de Vie Typique (DVT) des matériaux ayant permis la réalisation des bâtiments étudiés pour une période d'usage de 100 ans.

La DVT est renseignée par les FDES et elle varie suivant le type de matériau et de système constructif. Ainsi, les murs, les planchers, les charpentes et les ossatures en bois, les tuiles en béton et les rupteurs thermiques intégrés aux structures présentent une DVT de 100 ans. *A contrario*, d'autres systèmes ont des DVT plus courtes : 10 ans pour les aménagements intérieurs, 25 ans pour les portes et fenêtres en PVC, 30 ans pour les portes en bois et 50 ans pour les isolants, les cloisons en plâtre, les bardages bois et les enduits. Dans ce contexte, pour chacun de ces matériaux, le nombre d'utilisations a donc été rapporté à la DVT de l'habitation, à savoir 100 ans.

Le poids des équipements, panneaux solaires et systèmes de chauffage est également pris en compte dans l'étude. L'option choisie pour le chauffage constitue un **mix théorique** "pompe à chaleur électrique et chaudière gaz à condensation", l'objectif étant d'obtenir une moyenne représentative des systèmes de chauffage utilisés. Enfin, aspect essentiel, le fonctionnement, c'est-à-dire la consommation conventionnelle d'énergie, ou usage conventionnel, est pris en compte dans les calculs d'impact.

La 5^e et dernière étape concerne la déconstruction du bâtiment et, indirectement, **la valorisation** ou non des matériaux le constituant. Ainsi, brûler les matériaux combustibles aura un impact négatif immédiat en termes de rejet de CO₂, mais pas leur stockage en décharge classée, bien que celui-ci pose un problème sur le long terme. En revanche, recycler les matériaux et les valoriser dans de nouvelles réalisations s'inscrit dans une

démarche positive au plan environnemental. La part du recyclage des matériaux est inscrite dans leur FDES.

Cinq indicateurs environnementaux choisis

L'étude QEB est une **étude multicritères**, elle ne s'intéresse pas uniquement à l'empreinte carbone des logements (changement climatique). Les calculs environnementaux du Cabinet Ecobilan comprennent les dix indicateurs présentés dans les FDES. Pour faciliter la lecture de l'étude, ce sont uniquement les cinq indicateurs qui nous ont semblé **les plus pertinents** qui ont été analysés dans l'étude : la consommation d'Énergie Primaire Totale (EPT), le changement climatique, la consommation d'eau, la production de déchets et l'acidification atmosphérique.

Un seuil d'indifférence entre 10 et 20 %

L'étude QEB a été soumise au regard objectif d'un comité de revue critique. Le but est d'apporter une appréciation extérieure à l'étude. Un des points clefs de cette analyse finale est l'incertitude de la précision des données (mètres, fixation des paramètres en particulier) pour interpréter les résultats. Le comité a fixé le seuil d'indifférence entre 10 et 20 %. Ainsi, les solutions constructives, dont la différence d'impact environnemental s'inscrit dans cette fourchette sont **considérées comme équivalentes**. Le comité de revue critique a également approuvé les deux conclusions majeures de l'étude : d'une part, qu'il est possible de construire des bâtiments BBC à l'aide des systèmes constructifs les plus répandus sur le marché, et d'autre part, que la zone climatique joue un rôle déterminant, rendant très proches les impacts des différentes solutions constructives à l'intérieur d'une même zone. Enfin, le comité de la revue critique souligne la bonne qualité de la définition initiale des bâtiments étudiés et surtout le caractère novateur de la mise en œuvre des FDES existantes dans une étude de cette richesse.

INTERVIEW



Henry Lecouls,
coordinateur
de la revue critique

“CETTE ÉTUDE DEVRAIT FAIRE ÉVOLUER LES MENTALITÉS DES GENS QUI N'ONT PAS D'A PRIORI ET QUI FONT CONFIANCE À LA RÉPONSE TECHNIQUE ET NON IDÉOLOGIQUE”

HENRY LECOULS EST UN SPÉCIALISTE DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV). IL A ÉTÉ L'ANIMATEUR D'UN GROUPE DE TRAVAIL DE RÉDACTEURS DES NORMES ISO 14 040 ET 14 044 CONCERNANT L'ACV. À CE TITRE, IL A COORDONNÉ LA REVUE CRITIQUE DE L'ÉTUDE QEB.

Construction Moderne : Quel est pour vous le principal intérêt de l'étude QEB ? Quels sont ses points forts et ses points faibles ?

Henry Lecouls : L'étude démontre qu'il est possible de construire des bâtiments thermiquement efficaces avec des matériaux couramment disponibles et d'après des systèmes constructifs correctement étudiés. Il ne sera pas nécessaire d'abandonner des pans entiers de l'industrie pour atteindre les 50 kWh/m² par an de la future RT 2012.

Son point fort est la haute qualité des données initiales pour la conception et la définition des constructions. Il s'agissait d'un point de départ solide. Ce n'est pas si fréquent lorsque l'on travaille sur une Analyse de Cycle de Vie. L'autre point important a été l'intervention d'organismes indépendants comme le CSTB et de deux experts en ACV. Ce qui est essentiel dans une vérification, c'est l'intervention de gens qui ne sont pas liés à la profession du commanditaire. Son point faible concerne les FDES. Elles n'étaient pas toutes du même niveau d'actualité. Certaines manquaient. Nous nous sommes adressés aux professions pour les données qui nous manquaient.

C. M. : Pourquoi une revue critique ?

H. L. : La norme ISO 14 044 sur l'ACV prévoit une revue critique facultative au choix du commanditaire. Mais elle devient obligatoire dès l'instant où il y a comparaison, comme ici, puisqu'il y avait comparaison de matériaux entre eux. Elle doit impliquer plusieurs personnes. Pour l'étude QEB, il y avait sept vérificateurs, ce qui est peu fréquent. Le commanditaire avait souhaité que chaque profession puisse s'exprimer. Certains ont décliné, d'autres se sont retirés en cours de revue critique, d'autres enfin ont joué le jeu jusqu'au bout.

C. M. : Les écarts dans les valeurs d'impacts inférieurs à 10 % n'ont pas été retenus. Cette valeur de l'écart paraît importante...

H. L. : Elle n'est pas énorme. Derrière chaque maison étudiée, il y a tout un système d'arborescence qui descend jusqu'à la racine de chaque élément mis en œuvre. Par exemple,

une fenêtre. Il faut d'abord analyser l'origine du verre utilisé. Pour cela, on prend en compte des données de production moyennées de quatre ou cinq verreries différentes. Il en existe de plus récentes et de plus anciennes, donc plus ou moins impactantes.

Le verre contiendra également du calcin, du sable, de la soude... et pour sa fabrication du gaz et de l'électricité seront nécessaires. Or leur provenance est diverse. Enfin, il faut réaliser ces mêmes calculs pour l'acier et le bois qui constituent la fenêtre. On a déjà en amont toute une série d'hypothèses avant même que les matières premières arrivent chez le menuisier. Là encore, il faudra réaliser une moyenne. De moyenne en moyenne, de vérification en vérification, on est à plus ou moins 10 %, voire 20 % de la réalité.

C. M. : Une telle similitude des résultats était-elle attendue au départ ?

H. L. : Oui, car chaque filière s'était appliquée à se mettre au niveau des 50 kWh/m² par an ! La seule différence qui pouvait persister était, par exemple, au niveau de la cuisson de la brique ou du ciment, ce qui ne représente pas grand-chose rapporté à une durée de vie de cent ans. Nous avons d'ailleurs demandé en revue critique la modification du titre de l'étude en "Recherche des paramètres influençant la qualité environnementale des bâtiments", car ce n'est pas à proprement parler une étude comparative.

C. M. : Quels sont les principaux enseignements à retenir de cette étude ?

H. L. : Il n'y a pas de solution miracle pour construire un bâtiment thermiquement performant. Ce n'est pas parce qu'on aura utilisé de la terre ou de la paille ou des matériaux "exotiques" qu'on aura une bonne isolation. Sauf à mettre une épaisseur d'isolation suffisante et à soigner la conception. Sans oublier le traitement des ponts thermiques ! L'étude en montrant que c'est possible avec des matériaux classiques, réhabilite le bon sens. Elle devrait faire évoluer les mentalités des gens qui n'ont pas d'a priori et qui font confiance à la réponse technique et non idéologique.

INTERVIEW



François Thueux,
manager Ecobilan

“D’UN POINT DE VUE ENVIRONNEMENTAL, IL N’Y A PAS DE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE ENTRE LES MATÉRIAUX”

INGÉNIEUR DIPLÔMÉ DE L'INA PG ET DE L'ECOLE NATIONALE DU GÉNIE RURAL, DES EAUX ET FORÊTS, FRANÇOIS THUEUX A ÉTÉ RESPONSABLE DE L'ÉTUDE QEB CHEZ PRICEWATERHOUSECOOPERS-ECOBILAN. LA SOCIÉTÉ ECOBILAN RÉALISE NOTAMMENT DES BILANS ENVIRONNEMENTAUX DE PRODUITS ET DE SERVICES.

Construction Moderne : Quels enseignements peut-on tirer de l'étude QEB sur le calcul des impacts environnementaux des constructions ?

François Thueux : Elle a permis de montrer qu'il est possible de construire des logements répondant aux exigences de basse consommation et que d'un point de vue environnemental, il n'y avait pas de différence significative entre les matériaux au sein d'une même zone climatique. C'est la zone climatique qui fait la différence et non les matériaux. Cette dernière constatation est importante car le discours dominant a tendance à mettre en avant les matériaux dits verts (le bois par exemple). L'étude a montré que ces matériaux ne présentaient pas d'impact significativement inférieur au béton !

Une autre conclusion importante est que l'usage du bâtiment reste un poste majeur alors que jusqu'à présent on pensait que puisqu'on était en basse consommation, la part d'énergie d'usage était très réduite. En fait non. En zone froide H1, les 3/4 de la consommation d'énergie primaire totale sont dévolus à l'usage. En zone H3, plus chaude, cette part passe à 2/3. On voit bien l'importance de la localisation du bâtiment.

Comme c'est la première étude de ce genre, nous avons tiré également des enseignements méthodologiques. Sur certains matériaux, nous avons été amenés à reconsidérer certaines hypothèses. Par exemple en ce qui concerne la filière bois, l'hypothèse de **stockage du carbone** en fin de vie nous a semblé trop ambitieuse. Nous avons donc réalisé une analyse de sensibilité sur la base des informations de fin de vie détaillées sur le site de l'IFEN (Institut français de l'Environnement - Commissariat général au Développement Durable) avec la part réelle de stockage en décharge, mais également la part d'incinération sur chantier, de recyclage matière et d'incinération avec récupération d'énergie. Avec ces nouvelles hypothèses, les résultats ont changé significativement.

C. M. : Quelle serait la manière la plus rationnelle de mesurer les impacts environnementaux ?

F. T. : Lorsque l'on réalise un bilan environnemental de bâtiment, on additionne les impacts environnementaux de chacun des produits qui le constituent. Pour cela, on prend en compte l'ensemble des ressources énergétiques (le gaz, le pétrole) et non énergétiques (ce qu'on prélève et rejette dans le milieu). On agrège ainsi les informations que l'on a sur ces produits. Les **incertitudes** sont inhérentes à la démarche d'Analyse de Cycle de Vie. Nous travaillons par exemple sur des données moyennes, qui ne sont pas spécifiques à chaque produit. Il faut tenir compte de ces incertitudes, notamment en ne concluant pas trop hâtivement si les écarts entre bâtiments sont trop faibles. Et il paraît difficile de réduire ces incertitudes à court terme.

C. M. : Quels sont les atouts du béton d'un point de vue environnemental ?

F. T. : Le béton est bien positionné sur certains indicateurs (énergie primaire totale par exemple). Mais aucun matériau ne peut se prévaloir d'un bilan environnemental global meilleur par rapport aux autres. Sur la plupart des indicateurs, aucune tendance ne peut se dégager tant les écarts sont faibles ! C'est l'intérêt d'une **étude multicritères** qui offre une vision d'ensemble des impacts environnementaux et ne se limite pas par exemple au bilan carbone.

C. M. : Vous avez introduit la notion de normation. Quel est son intérêt ?

F. T. : Nous voulions donner des ordres de grandeur plus parlants aux lecteurs de cette étude, en rapportant les chiffres présentés aux impacts du quotidien d'un Français (consommation journalière d'eau, trajets en voiture, ...). Cela a également permis de mettre en perspective le **comportement quotidien** du citoyen avec les impacts liés à son logement (construction et usage). Nous avons donc mis en place ces normations.

RÉSULTATS QEB

LA FIN DES IDÉES REÇUES

Réduire les impacts environnementaux des bâtiments nécessite d'en identifier les sources. L'étude QEB répond à cet objectif, et révèle, à l'inverse de ce qui est souvent admis, qu'il n'existe pas, dans une étude multicritères, de système constructif meilleur qu'un autre.

Rechercher les facteurs déterminants en ce qui concerne les impacts environnementaux des différents systèmes de construction et comparer les solutions constructives entre elles : tels sont les objectifs de l'étude QEB, dont les données obtenues se sont révélées riches d'enseignements...

Premier constat : **il n'y a pas de solution "meilleure"** ou plus performante, du point de vue thermique. En effet, avec des systèmes constructifs "catalogue", et en effectuant des choix constructifs raisonnables, donc économiquement viables, il est possible d'atteindre les niveaux de consommation BBC : les fameux 50 kWh/m² par an de la future RT 2012. Et ce, quelles que soient les régions climatiques et pour presque tous les systèmes constructifs. Seul, le Monomur terre cuite "ne passe pas" pour les maisons individuelles en zone H1b (la plus froide) dans **les conditions de l'étude**. Pour utiliser ce matériau, il faudrait faire varier les éléments du gros œuvre.

Pas de matériau "vertueux" à 100 %

La notion de "choix constructifs raisonnables" est essentielle. Elle souligne qu'il n'existe pas de solution miraculeuse d'un point de vue écologique, comme nombre d'idéologies voudraient le faire croire, mais juste des solutions validées techniquement qui reprennent les fondamentaux : pour le béton, une épaisseur d'isolant suffisante, l'emploi de rupteurs thermiques... Des solutions qui en amènent d'autres : une bonne isolation du plancher bas en maison individuelle (plancher sur vide sanitaire avec dalle flottante) et l'utilisation de planchers intermédiaires en béton (ou, dans le cas de la maison à ossature bois, en bois additionné d'une chape en béton) qui apporte **l'inertie thermique nécessaire**. En habitation collective, l'isolation thermique par l'extérieur limite l'emploi des rupteurs de ponts thermiques.

Second constat : il n'y pas de matériau "vertueux". Aucun des six systèmes constructifs étudiés n'est meilleur sur l'ensemble des impacts. Certains peuvent être bons sur un critère (émission de CO₂ ou consommation d'eau, par exemple) et moins bons sur un autre. Par ailleurs, l'étude QEB a établi que les matériaux ne s'avèrent que très faiblement impactants dans le bilan environnemental global. A l'intérieur d'une même zone climatique, la plupart des indicateurs sont très proches.

L'importance de la zone climatique

Enfin, pour l'ensemble des critères retenus, à l'exception de l'indicateur "déchets éliminés", l'analyse des résultats met en évidence l'influence essentielle de la situation du logement – sa zone climatique –, paramètre qui détermine de façon significative les niveaux d'impacts environnementaux des différentes solutions étudiées. Et ce, parce que **la consommation conventionnelle d'énergie**, c'est-à-dire la vie en œuvre du bâtiment qui correspond aux fameux 50 kWh/m²/an sur l'ensemble de la durée de vie, représente le plus fort impact.

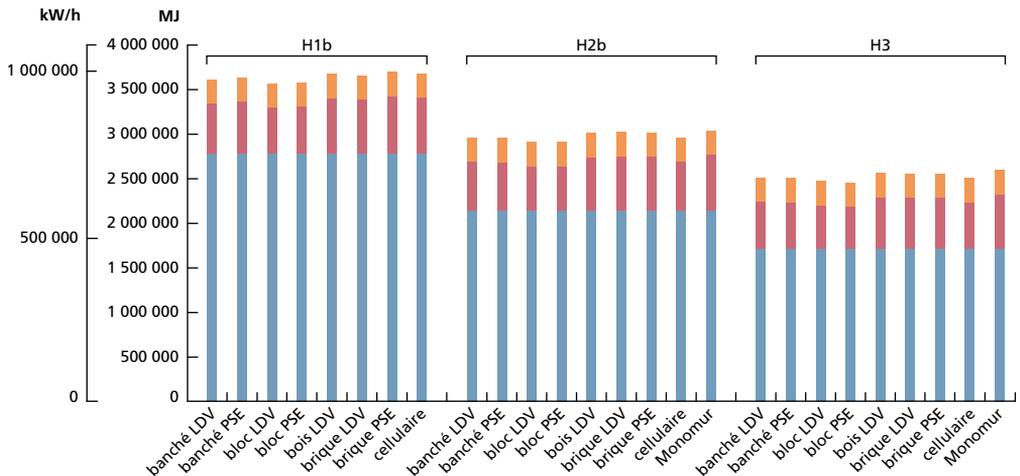
L'ensemble de ces résultats ouvre le champ de la réflexion et invite à s'interroger sur **nos modes de vie**, sur la manière dont nous consommons l'énergie mise à notre disposition ; à l'image des normes révélant le faible poids des matériaux de gros œuvre au regard de nos usages électroménagers ou de nos modes de vie.

QU'EST-CE QU'UNE NORMATION ?

Les normes traduisent des résultats bruts difficiles à analyser et à transcrire en **des équivalences compréhensibles** par le grand public. Les éléments de comparaison sont librement choisis et font état d'un ordre de grandeur facile à appréhender. Comme, par exemple, des allers-retours en voiture pour mesurer l'importance des émissions de CO₂ rapportées à l'ensemble de la maison sur une année.

MAISON INDIVIDUELLE MOZART

INDICATEUR ÉNERGIE PRIMAIRE TOTALE (EPT)
POUR UNE DURÉE DE VIE DE 100 ANS



LDV : laine de verre PSE : polystyrène expansé

Aménagements intérieurs Matériaux constitutifs du bâtiment (gros œuvre) Conso. conventionnelle d'énergie (DVT=100 ans)

UNE MAISON DE PLAIN PIED DE 100 M² HABITABLES

La maison dite Mozart est la maison type du primo accédant. L'étude QEB a permis de révéler l'importance de la consommation conventionnelle d'énergie primaire pendant l'occupation du bâtiment.

L'Énergie Primaire Totale (EPT) est un indicateur fondamental dans toute Analyse de Cycle de Vie (ACV). Il comprend l'énergie nécessaire à la **fabrication** des systèmes constructifs et à leur mise en place, ainsi que **l'énergie d'usage** du bâtiment (énergie du chauffage, de la climatisation, de la production d'eau chaude sanitaire, de l'éclairage, des auxiliaires et de la ventilation). L'observation du graphique représentant l'EPT totale conduit à une première remarque : cette consommation est sans conteste liée aux zones climatiques. En effet, trois groupes ressortent de manière distincte, correspondant **aux trois zones climatiques**. Autre enseignement : l'énergie primaire liée aux matériaux constructifs est faible : 2,5 à 3 fois moins important que l'impact lié au fonctionnement de la maison. Ainsi, en moyenne, pour la maison Mozart située en zone H2b, l'extraction, la construction du bâtiment, son entretien, sa démolition et le recyclage des matériaux consomment **moins de 20 %** de l'EPT, quel que soit le matériau constitutif mis en œuvre.

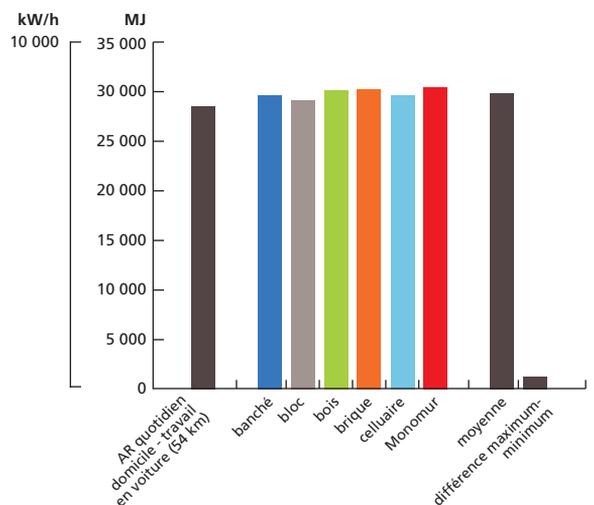
Ce premier constat est loin d'être anecdotique car, plus les bâtiments seront thermiquement performants, avec des consommations d'énergie d'usage proche de zéro, plus le choix des matériaux constitutifs deviendra "stratégique". L'écart entre le système constructif

consommant le plus d'Énergie Primaire Totale et celui en demandant le moins est inférieur à 4 %, ce qui signifie que l'impact en énergie primaire de ces systèmes constructifs est en pratique équivalent.

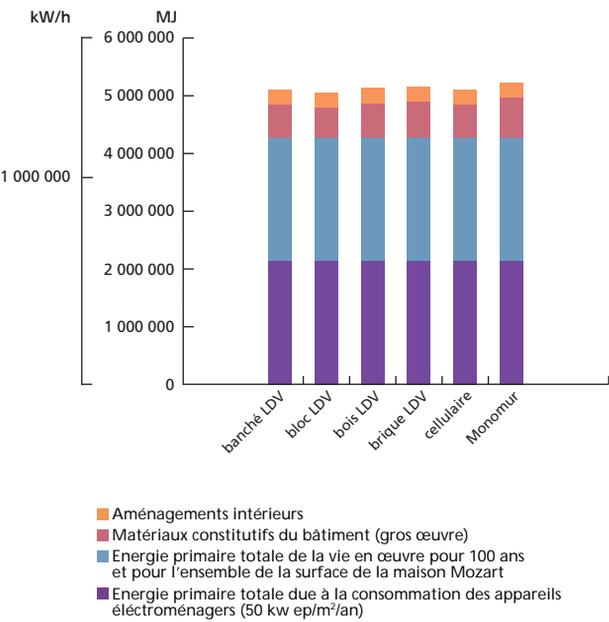
Pour donner un ordre de grandeur à ces résultats et les rendre plus lisibles, comparons-les à nos usages ordinaires. Ramenons ces résultats à une année et étudions-les sur la zone climatique H2b.

Pour une maison située dans cette zone tempérée, la différence entre la solution la plus et la moins impactante (matériaux de construction, énergie d'usage et aménagements intérieurs compris) est de 1 273 MJ (soit 354 kWh). Cela équivaut à **vingt-deux allers-retours** quotidiens domicile - travail en voiture* !

INDICATEUR EPT
NORMATION ZONE H2B POUR 1 AN



INDICATEUR EPT - NORMATION POIDS DE L'ÉLECTROMÉNAGER POUR 100 ANS



De la même manière, si l'on considère les consommations d'un électroménager standard pour une famille de quatre personnes, **l'Énergie Primaire Totale double**. Ces normations mettent en évidence l'importance de nos modes de vie et de nos comportements quotidiens dans la recherche d'un équilibre environnemental.

Des émissions de CO₂ mesurées

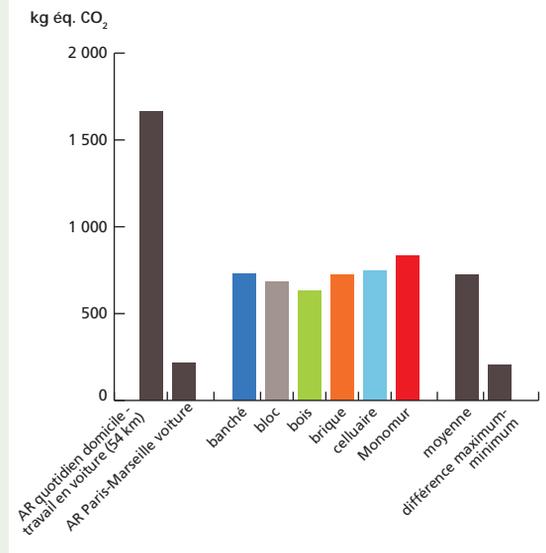
Autre indicateur très médiatique : les émissions de CO₂ (carbone), largement responsables du changement climatique.

Là encore, trois groupes se distinguent, correspondants aux trois zones climatiques. **Des disparités demeurent** toutefois entre les émissions de CO₂ constatée pour les différents systèmes, hors vie en œuvre. Le tableau ci-après fait apparaître que la solution constructive "ossa-

ture bois" est la moins impactante et que celle du Monomur terre cuite est la plus impactante.

Néanmoins, la différence entre la maison à ossature bois et la maison en blocs béton est inférieure à 10 %. Cette différence de 10 % est considérée par les experts comme négligeable.

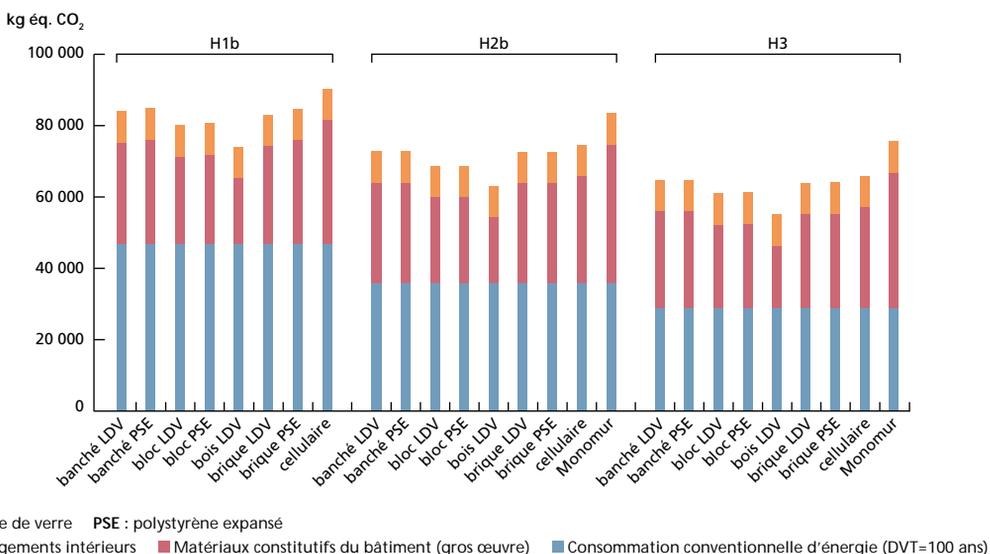
INDICATEUR CO₂ NORMATION ZONE H2B POUR 1 AN



Là aussi, prenons des éléments de comparaison dans notre vie quotidienne pour mieux appréhender ces résultats. L'impact moyen de dégagement de CO₂ en H2b, rapporté à un an, est de 725 kg eq. CO₂ (matériaux de construction, énergie d'usage et aménagements intérieurs compris). Ceci est équivalent aux impacts des allers-retours quotidiens

**/ Moyenne Ademe de 54 km, soit un aller-retour de 27 km par jour, calculée sur la base d'une voiture de taille moyenne de type Peugeot 207 de 2009. Et moyenne INSEE de 218 j de travail par an correspondant à une durée de travail hebdomadaire de 35 h.*

INDICATEUR CO₂ CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR UNE DURÉE DE VIE DE 100 ANS

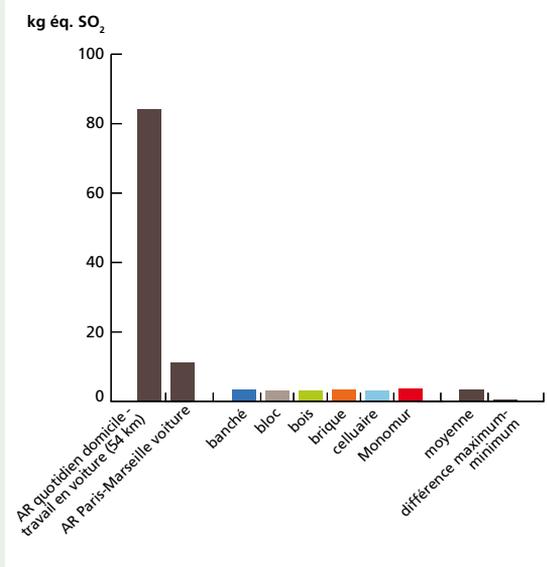


domicile - travail d'une personne pendant 6 mois !** La part du gros œuvre dans le dégagement de carbone oscille entre 30 % pour la solution "ossature bois" et 46 % pour la solution "Monomur". La différence entre ces solutions la moins et la plus émettrice de carbone est de 204 éq. CO₂ : un impact inférieur à un aller-retour Paris-Marseille en voiture, et équivalent aux impacts des allers-retours quotidiens domicile - travail d'une personne pendant 1 mois**.

Trois indicateurs supplémentaires

Les impacts environnementaux ne se limitent pas aux deux seuls indicateurs les plus connus du grand public : la consommation d'énergie primaire et les émissions de CO₂.

INDICATEUR ACIDIFICATION DE L'AIR
NORMATION ZONE H2B POUR 1 AN

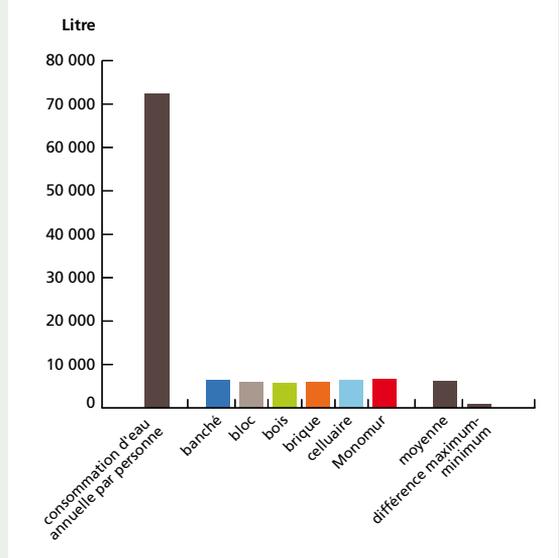


Dans le cadre de cette étude multicritères, trois autres indicateurs ont aussi été pris en compte : l'acidification atmosphérique, la consommation d'eau et la production de déchets.

En zone tempérée, sur une année, la différence entre le système constructif le moins et le plus émetteur de composés contribuant à l'acidification atmosphérique est de **0,5 kg éq. SO₂** (matériaux de construction, énergie d'usage et aménagements intérieurs compris), soit un impact inférieur à deux déplacements domicile-travail !

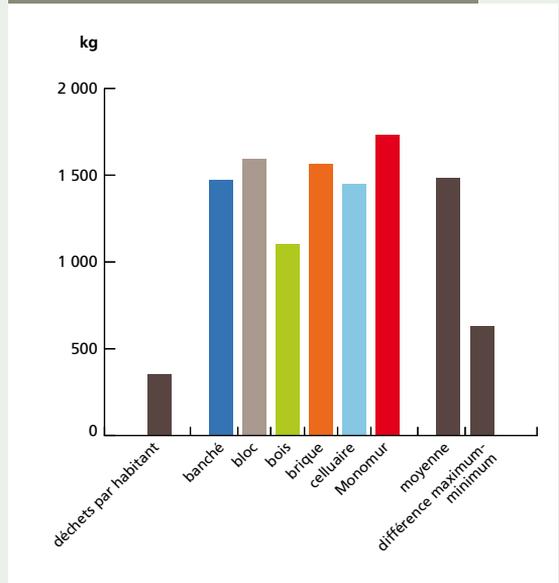
De même, la différence entre la solution la moins et la plus consommatrice en eau est de **744 litres** pour l'ensemble de la maison (matériaux de construction, énergie d'usage et aménagements intérieurs compris), soit l'équivalent de la consommation d'eau d'une journée pour quatre occupants !

INDICATEUR EAU
NORMATION ZONE H2B POUR 1 AN



L'indicateur "déchets éliminés" présente des résultats différenciés car c'est la nature même des matériaux qui s'avère déterminante et non plus la zone climatique. Cela s'explique par **l'unité retenue** pour exprimer le niveau de cet indicateur – le kilogramme –, d'où la forte disparité entre les résultats. Matériau léger, le bois s'avère meilleur que le béton ou la brique creuse. Il est probable qu'un changement d'unité – le mètre cube par exemple – changerait radicalement cette conclusion.

INDICATEUR DÉCHETS
NORMATION ZONE H2B POUR 1 AN



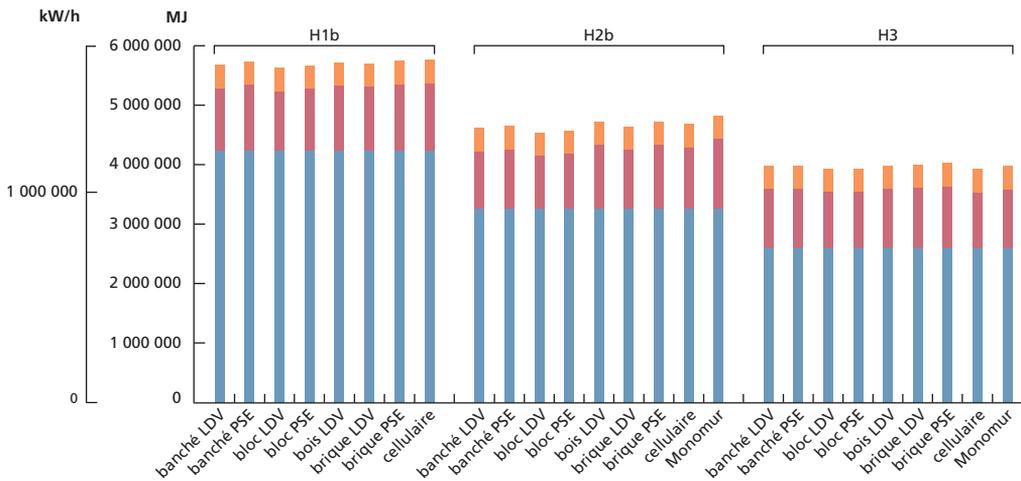
**/ Moyenne Ademe pour une voiture moyenne, une Peugeot 207 de 2009.

Revue Critique, extrait, p. 145*

“Les vérificateurs considèrent que les cinq indicateurs retenus constituent un jeu d'indicateurs suffisamment complet pour remplir les objectifs de l'étude”.

MAISON INDIVIDUELLE MI 2

IMPACT ÉNERGIE PRIMAIRE TOTALE (EPT) POUR UNE DURÉE DE VIE DE 100 ANS



LDV : laine de verre PSE : polystyrène expansé

Aménagements intérieurs Matériaux constitutifs du bâtiment (gros œuvre) Consommation conventionnelle d'énergie (DVT=100 ans)

UNE MAISON À DEUX NIVEAUX DE 117 M² HABITABLES

La seconde maison individuelle étudiée, dite MI 2, présente des similitudes de résultats avec la maison Mozart. Elle est *a priori* moins "vertueuse" car elle nécessite plus de matériaux lors de la mise en œuvre, mais ses occupants peuvent être plus nombreux.

L'analyse des données de l'étude réalisée sur la maison dite MI 2, de type R+1, laisse apparaître des résultats

similaires à ceux obtenus pour la maison Mozart. Dans la plupart des critères retenus (exception faite, cette fois encore, de l'indicateur "déchets éliminés"), la **zone climatique** est le paramètre qui détermine les niveaux d'empreintes sur l'environnement des différentes solutions étudiées.

Seules différences notables, les valeurs obtenues pour les indicateurs environnementaux s'avèrent plus élevées.

La maison MI 2 étant plus grande que la Mozart, le **pooids des matériaux pèse** dans son bilan environnemental, mais également le poids de la consommation conventionnelle d'énergie nécessaire aux mètres carrés supplémentaires.

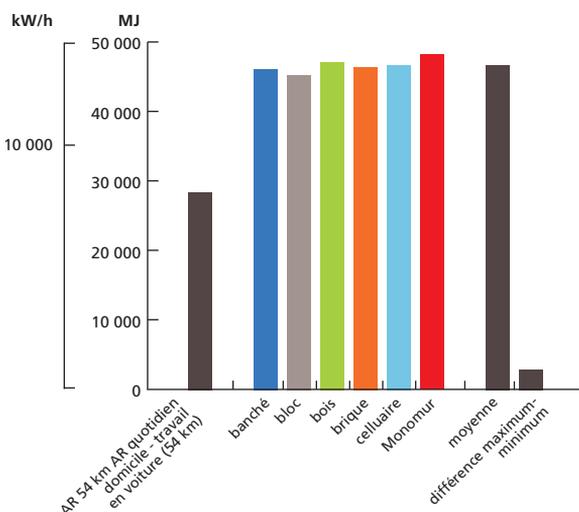
Le béton et le bois presque à part égale

Comme pour la maison Mozart, en ce qui concerne l'Énergie Primaire Totale (EPT) consommée, le critère le plus pertinent est sans conteste la zone climatique.

Si l'on rapporte la consommation d'EPT totale (matériaux de construction, énergie d'usage et aménagements intérieurs) à une année et en zone tempérée H2b, la différence entre la solution la plus et la moins impactante est de **2 933 MJ** (soit 814 kWh). Un chiffre à mettre en perspective avec les 28 512 MJ (soit 7 920 kWh) annuels consommés pour un aller-retour quotidien domicile - travail en voiture de 54 km, cinq jours sur sept...

Concernant le changement climatique, le critère le plus pertinent est également la zone climatique. Ramenés à une année, les écarts d'émissions de CO₂ entre les solutions sont significatifs. Si le bois et le bloc béton jouent presque à part

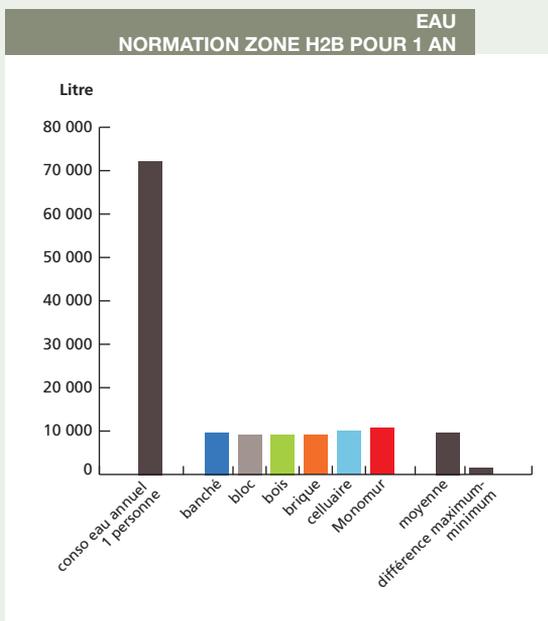
INDICATEUR EPT NORMATION ZONE H2B POUR 1 AN



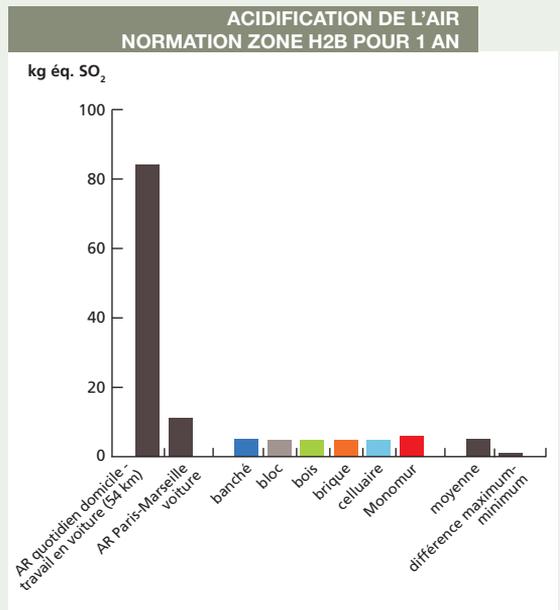
égale (avec un léger avantage pour le bois), le béton banché, la brique creuse et le béton cellulaire se tiennent. Les maisons à structure Monomur terre cuite présentent par contre un impact supérieur à la moyenne des autres solutions. La différence entre la maison la moins et la plus impactante est de 384 kg éq. CO₂ par an, soit à peine plus qu'un aller-retour Paris-Marseille en voiture (216 kg éq. CO₂) !

La nature des matériaux déterminante

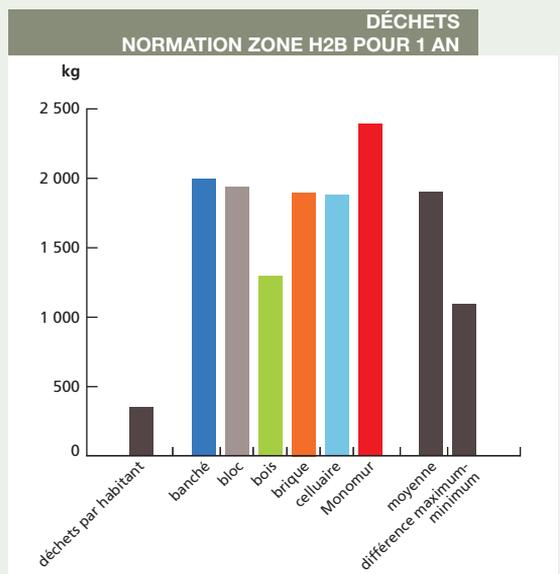
Si l'on considère la consommation d'eau totale rapportée à une année en zone H2b, l'écart relatif entre la solution "Monomur terre cuite" et les solutions "bois, brique et bloc béton" est de l'ordre de 15 %. En d'autres termes, une différence de 1 574 litres entre le Monomur et le bois qu'il convient de mettre en perspective avec les 72 270 litres de consommation annuelle d'eau par habitant.



En ce qui concerne l'acidification atmosphérique, le bois et le bloc béton ont un impact similaire, suivis de près par la brique creuse et le béton cellulaire. La différence en zone H2b, ramenée à une année, entre la solution la moins et la plus émettrice est de seulement de 1 kg éq. SO₂, bien inférieur aux 11 kg éq. SO₂ émis par un aller-retour Paris - Marseille en voiture.



Enfin, pour l'indicateur "déchets éliminés", en zone H2b, toujours ramené sur une année, le système Monomur "produit" 1 093 kg de déchets de plus qu'une maison à ossature bois (à comparer aux 353 kg de déchets produits chaque année par chaque habitant et à multiplier, bien entendu, par le nombre d'occupants de la maison).



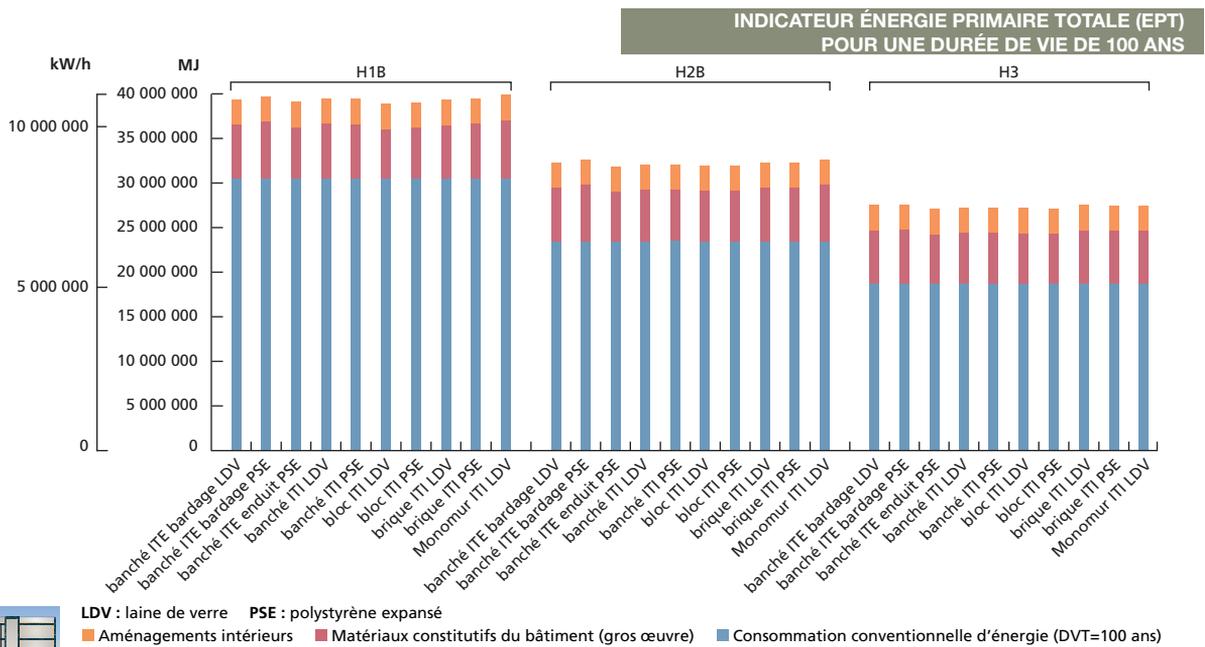
Revue Critique, extrait, p. 145*

“La durée de vie est fixée à 100 ans. À la demande des vérificateurs, une étude de sensibilité est proposée sur 50 ans pour un cas de la maison MI 2 : la part du gros œuvre dans les impacts environnementaux est plus importante pour une DVT de 50 ans que pour 100 ans”.

Revue Critique, extrait, p. 148*

“Les équipements intérieurs sont pris en compte dans l'étude, sous une forme très simplifiée, afin d'évaluer leur ordre de grandeur”.

LOGEMENT COLLECTIF LC 2



UN PETIT LOGEMENT COLLECTIF R+3 DE 1 073 M² HABITABLES

L'étude du logement collectif de trois niveaux sur un rez-de-chaussée et un sous-sol, d'une surface habitable de 1 073 m², révèle des résultats assez semblables pour les trois zones climatiques.

Sans surprise, les résultats sont proches et font apparaître peu de différences avec ceux des deux maisons individuelles Mozart et MI 2 analysées. Les résultats sont d'autant plus lissés que **la structure porteuse est identique** dans les différents systèmes étudiés. Seuls varient les éléments de remplissage en façade. (Le bois, peu utilisé dans le collectif, n'a pas été étudié). Concernant l'Énergie Primaire Totale (EPT), le critère le plus pertinent s'avère être la zone climatique. Au sein d'une même zone climatique, les solutions laissent apparaître **une grande homogénéité** avec un écart type relatif inférieur à 1 % et un écart maximal entre les solutions extrêmes de 3 %. Le type de mur et le

type d'isolant influent peu sur cet indicateur. Toutefois, l'impact lié au fonctionnement (énergie d'usage) est en moyenne trois à six fois plus important que l'impact des constituants de la solution constructive.

Importance de la zone climatique confirmée

L'importance de la zone climatique est confirmée pour les autres indicateurs, avec des écarts faibles entre les filières et des zones relativement homogènes. Pour l'indicateur "changement climatique", les logements collectifs présentent des différences d'impacts **non significatives** avec des groupes homogènes et un écart type relatif faible pour les trois zones climatiques de l'ordre de 1 %. Toutefois, dans le cas de l'indicateur "déchets totaux éliminés", il n'y a aucun critère de distinction pertinent. Toutes les solutions constructives produisent **une quantité de déchets similaires** : l'écart type relatif pour toutes les zones climatiques est nul. Cela se confirme par le faible écart entre la valeur maximale (pour une structure en béton banché revêtement bardage isolant PSE) et la valeur minimale (pour la structure en béton banché revêtement enduit isolant PSE) qui est seulement de 2 %.

Revue Critique, extrait, p146*

"Les vérificateurs approuvent l'essentiel de la conclusion de l'étude, à savoir qu'à l'intérieur d'une même zone climatique, l'analyse fine des résultats fait apparaître une similitude des impacts des différentes solutions constructives pour la plupart des indicateurs environnementaux".

DES BÂTIMENTS BASSE CONSOMMATION, BON MARCHÉ, FAIT POUR DURER

L'étude QEB est la première étude multicritères d'une telle ampleur : 97 cas étudiés, 6 systèmes constructifs, 3 zones climatiques, 2 types d'isolant, etc. Novateur, ce type de démarche tend déjà à se généraliser. Bien que les efforts du Grenelle soient encore aujourd'hui plus spécifiquement dirigés vers la maîtrise du réchauffement climatique, avec la mise au point de la **méthode Bilan Carbone** de l'ADEME, l'Association HQE travaille depuis plusieurs mois à la mise au point d'un Label plus large, portant sur l'ensemble des Indicateurs Environnementaux. Parallèlement, les outils de calcul s'affinent et se multiplient. Et les industriels sont de plus en plus nombreux à déposer les FDES de leurs produits sur la base INIES. Une évolution positive qui conduira bientôt à réduire les marges d'incertitude des calculs.

Dans ce contexte, l'étude QEB nous donne des premiers éléments de réflexion précis et chiffrés. Des résultats qui remettent en cause certaines idées reçues. Tout d'abord bien sûr, la possibilité de construire des bâtiments BBC avec des **matériaux standards**, disponibles sur le marché. D'autre part, le poids toujours prédominant de la vie en œuvre de nos bâtiments, fonction de leur localisation. Mais aussi l'absence de matériaux vertueux pour l'ensemble des indicateurs, et une grande similitude d'impact pour l'ensemble des matériaux sur la plupart des indicateurs. Enfin, l'incidence de nos modes de vie, de nos façons de nous déplacer, et de nos aménagements urbains relativise l'empreinte des bâtiments que nous habitons.

Face à ce constat, l'objectif pour les industriels doit être de mettre sur le marché des produits toujours plus performants. Des systèmes qui autoriseront les concepteurs à réaliser **des bâtiments moins énergivores**, pour arriver à des bâtiments à très basse consommation ou à énergie zéro. Autre challenge, dans ces logements, les habitants devront adopter des comportements nouveaux et adaptés à la maîtrise des déperditions thermiques et aux économies d'énergie.

Enfin, la question centrale qui conditionne la réussite de la politique énergétique ambitieuse du "Grenelle" est celle du coût des bâtiments performants. Bien entendu, les systèmes constructifs présentant un meilleur **rapport coût/performance** ont un rôle majeur à jouer. Mais aussi les systèmes pouvant durer dans le temps, en assurant un entretien peu coûteux. Car en effet, alors que la crise du logement perdure depuis plusieurs décennies, il semblerait peu sérieux d'envisager la réalisation de bâtiments fait pour durer 30 ou 50 ans. Leur reconstruction, peu probable pour des raisons économiques, multiplierait l'impact matériaux, autant de fois qu'il serait nécessaire de les reconstruire, rendant ainsi nul les efforts des industriels pour minimiser leur impact !

Revue Critique, extrait, p150*

“Le comité de revue critique approuve l'essentiel des conclusions de l'étude, à savoir qu'il est possible de construire des bâtiments thermiquement efficaces dans les systèmes constructifs couramment utilisés, que la zone climatique joue un rôle déterminant et que les impacts des différentes solutions constructives sont proches à l'intérieur d'une même zone”.

Revue Critique, extrait, p150*

“Les vérificateurs soulignent la bonne qualité de la définition initiale, par Tribu Energie, par le CERIB et par l'économiste M. Zimmer, des bâtiments étudiés, et le caractère innovant de l'utilisation des FDES existantes dans une étude de cette ampleur. Ils félicitent Écobilan et CIMbéton pour l'ampleur du travail réalisé et pour la transparence avec laquelle ils ont travaillé”.

INTERVIEW



Hélène Teulon,
fondatrice et manager
Gingko 21

“EN MATIÈRE DE BBC ET D'ÉCO-CONCEPTION, CHAQUE MATÉRIAU A UN RÔLE À JOUER”

HÉLÈNE TEULON EST FONDATRICE DE GINGKO 21, UN CABINET QUI ACCOMPAGNE LES ENTREPRISES EN ÉCO-CONCEPTION ET ÉCO-INNOVATION. ELLE ENSEIGNE DANS LE CADRE DU MASTÈRE SCIENCE ET MATÉRIAUX POUR LA CONSTRUCTION DURABLE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE ET DE L'ÉCOLE DES PONTS ET CHAUSSÉES PARISTECH. HÉLÈNE TEULON EST MEMBRE DE LA REVUE CRITIQUE.

Construction Moderne : Qu'entend-on par éco-conception ?

Où classer l'éco-construction ?

Hélène Teulon : L'éco-conception intègre les critères environnementaux dans la conception de produits et services. L'éco-construction est de l'éco-conception appliquée au bâtiment.

C. M. : Quelle est la perception du public vis-à-vis de l'éco-conception ?

H. T. : Le public est encore peu éduqué sur cette thématique complexe. Il reste très perméable au greenwashing*. Il n'a pas de recul et risque de se faire prendre au piège de “fausses bonnes idées”. Par exemple les bioplastiques à base de matières végétales, dont le bilan n'est pas systématiquement favorable. On s'aperçoit aujourd'hui que leur fabrication est consommatrice d'énergie et d'eau et que les cultures à l'origine de ces plastiques entrent en concurrence avec les cultures vivrières! Dans le bâtiment, les clients commencent à être sensibles à l'augmentation des prix de l'énergie, ils vont rechercher de plus en plus des bâtiments à qualité énergétique.

C. M. : Qu'apporte l'étude QEB à l'édifice de la BBC et de l'éco-construction ?

H. T. : Tout d'abord, il s'agit de la première étude de cette ampleur ; et elle a été réalisée avec autant d'objectivité que possible, en incluant dans le panel de revue critique des représentants de différentes filières – certaines ayant néanmoins décliné l'invitation. Ensuite, nous pouvons retenir que chaque solution constructive a une marge d'amélioration. Tous les matériaux jouent dans la même cour et chacun a une **marge de progrès**. Par exemple, pour le béton, une solution optimisée aurait peut-être conduit à une dalle plus épaisse pour profiter de son inertie thermique, alors que dans cette étude, un bâtiment standard a été modélisé pour les différents matériaux, dans un souci d'objectivité.

C. M. : Quels sont les points forts et les faiblesses de cette étude ?

H. T. : Cette étude présente une photographie équitable des différents matériaux à la date d'aujourd'hui. Dans une perspective de 50 ou

100 ans, celle de la durée de vie des bâtiments, les conditions vont changer, et potentiellement **modifier les hypothèses** et conclusions. C'est en particulier le cas pour le bois. Il stocke du CO₂ durant sa croissance et selon son traitement en fin de vie, on peut considérer ou non que ce stockage est durable. Dans l'étude, la fin de vie du bois a été modélisée en fonction des statistiques d'aujourd'hui – une grande partie part en décharge ou est incinérée -. Dans une cinquantaine d'années, on peut supposer que son élimination sera mieux valorisée, notamment en bois de chauffage.

C. M. : Quelle est l'intérêt d'une revue critique ?

H. T. : La revue critique sert à crédibiliser les résultats de l'étude. C'est un bon moyen de s'assurer de la **transparence** des hypothèses et de l'objectivité des conclusions. La revue critique, composée d'experts et de représentants des différentes filières, s'est assurée que tous les indicateurs ont bien été montrés. La revue critique est un dispositif exigé par la norme ISO 14 040 sur l'analyse du cycle de vie, dans le cas d'études comparatives destinées à être publiées.

C. M. : En tant que formatrice, que vous a apporté cette étude ?

H. T. : C'est une étude qui chasse les idées reçues. Elle a conforté des résultats que nous avons obtenus notamment avec des travaux d'élèves. Je l'ai déjà citée plusieurs fois dans mes formations car il s'agit d'une étude rigoureuse qui exploite de façon riche les analyses de cycle de vie. Les étudiants sont souvent méfiants vis-à-vis des industriels du béton et là c'est un moyen objectif de les convaincre !

C. M. : Chasser les idées reçues quant aux capacités du béton en BBC, est-ce suffisant et efficace ? Comment aller plus loin ?

H. T. : Une fois posée cette photographie, il faudrait travailler à l'optimisation de la conception du bâtiment. Travailler sur la **conception bioclimatique** ajustée à chaque matériau. Ou bien aller plus loin en imaginant des solutions mixtes où chaque matériau est utilisé au meilleur de sa performance...

*/ Le greenwashing désigne une pratique de communication mise en œuvre par une organisation (entreprise, gouvernement, etc) dans le but de donner à l'opinion publique une image écologique responsable, sans fondement réel.



INTERVIEW



Gérard Sénior,
architecte associé,
agence A.E.T.I.C.

“LES ACTEURS DE LA CONCEPTION DOIVENT S’ENGAGER SUR LES PERFORMANCES DE LEURS RÉALISATIONS.”

MEMBRE DE L'UNSA, DE L'ASSOCIATION HQE® ET DE SON GROUPE DE TRAVAIL “INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX”, GÉRARD SENIOR EST ASSOCIÉ DE L'AGENCE D'ARCHITECTURE A.E.T.I.C.. IL EST UN DES EXPERTS REPRÉSENTANT LA FRANCE AU NIVEAU MONDIAL POUR L'ÉLABORATION DES NORMES CEN ET ISO SUR LA QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DU CADRE BÂTI.

Construction Moderne : Quel est votre point de vue sur l'étude QEB ?

Gérard Sénior : Sur le fond, c'est une étude remarquable par la qualité de sa démarche et par son sérieux. Et la revue critique, réalisée par des experts de chaque filière, donne à l'ensemble un crédit supplémentaire.

Jusqu'à présent, je supputais des choses, comme l'impact de la vie en œuvre par rapport à la construction. L'étude m'apporte des réponses argumentées. Bien entendu, l'idéal eût été qu'un organisme indépendant de toute filière réalise cette étude. Mais en la lisant vraiment, on se rend compte qu'elle est tout à fait neutre. Il y a des détails dans la méthodologie qui peuvent être améliorés, mais l'ensemble est robuste.

Je n'ai pas d'a priori sur les matériaux, ni de préférence. En fait, les Fiches de Déclarations Environnementales et Sanitaires doivent toujours être un juge de paix. L'étude QEB nous sert beaucoup pour relativiser les choses.

C. M. : L'étude QEB risque-t-elle de faire changer l'opinion du public comme celle de certains professionnels quant à la place que doit tenir le béton dans l'éco-construction ?

G. S. : Quand on construit, on n'a pas que l'aspect "environnement" en tête. Le béton offre bien des avantages, mais il souffre d'une image de "pollueur en CO₂". Dans l'esprit des gens, il est consommateur de ressources et d'énergie. À ce niveau, l'étude QEB remet les idées en place... Elle est un apport majeur à la cible 2 de la HQE, à savoir, le choix intégré des produits, des systèmes et des procédés de construction. Il ne faut pas non plus oublier que, pour nombre de ces sujets, nous sommes souvent dans l'idéologique, dans l'immédiateté, oubliant que les pathologies sont bien réelles. Sur une durée de vie de 100 ans, un bâtiment prendra l'eau. Dans ce cas, qu'en est-il des matériaux dits "vertueux" vis-à-vis de l'environnement, mais sensibles à l'humidité ?

C. M. : Au-delà des simples matériaux de construction, n'est-ce pas plutôt

notre mode de vie qui est le véritable marqueur environnemental ?

G. S. : Il ne faut pas opposer des notions. Par contre, nous devons donner aux usagers tous les moyens pour bien "utiliser" leurs habitations BBC. Qu'ils sachent ce qui se passe quand ils ouvrent une fenêtre. Des incitations – allègements de taxes, d'assurance – doivent compléter ce "mode d'emploi BBC".

À nous, concepteurs, de bien penser en amont, de faire intervenir les ingénieurs, les économistes beaucoup plus tôt, pour nous donner les moyens d'atteindre au mieux les performances attendues. Il est aussi important que les acteurs de la conception s'engagent sur les performances de leurs réalisations. Arrêtons cette frénésie de vérificateurs et de contrôleurs, pour recentrer la responsabilité sur les acteurs. L'étude QEB doit aider à cela.

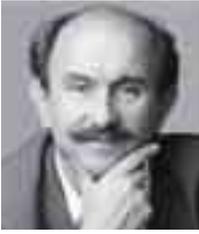
C. M. : Comment pourrait-on concilier les désirs des citoyens – la majorité voudrait habiter dans une maison individuelle – avec les enjeux environnementaux ?

G. S. : On touche ici les limites de l'approche environnementale. Il est impossible de passer de l'échelle d'une parcelle à celle d'un territoire en gardant les mêmes concepts. Le développement durable à l'échelle territoriale ne peut pas se contenter des seuls indicateurs environnementaux. Là, ce sont les facteurs économiques et sociétaux qui priment...

La qualité de vie qu'apporte le cadre de vie bâti se mesure avec bien plus que dix indicateurs environnementaux.

Mais, pour ce qui concerne les enjeux environnementaux, la priorité absolue devrait aller à l'existant et non au neuf. Travaillons sur la réhabilitation des bâtiments dont le problème est d'ordre financier et non technique. Travaillons sur le législatif pour autoriser des opérations de création de foncier – c'est-à-dire de densification urbaine – en mesure de financer la remise aux normes de l'existant. On verra ainsi peut-être éclore de nouveaux métiers : promoteur-rénovateur, par exemple.

INTERVIEW



© DR

Pierre Tourre,
architecte, agence
Pierre Tourre

“EN BBC, LA QUALITÉ DE L’ENVELOPPE EST LE POSTULAT DE BASE.”

ARCHITECTE DPLG DEPUIS 1971, INSTALLÉ À MONTPELLIER, PIERRE TOURRE EST AUJOURD’HUI UN ÉCO-CONCEPTEUR CONVAINCU. CHACUN DE SES PROJETS S’INSCRIT DANS UNE DÉMARCHÉ ENVIRONNEMENTALE AU SENS LARGE DU TERME, PRÔNANT “UN RETOUR À UNE ESTHÉTIQUE DE LA NÉCESSITÉ, APRÈS DES DÉCENNIES D’ABONDANCE”. IL EST ÉGALEMENT FORMATEUR À L’ARCHITECTURE HQE.

Construction Moderne : À travers l’étude QEB et ses résultats, on est en train de redécouvrir la manière de bien construire. Pourquoi a-t-on perdu ces fondamentaux que les anciens maîtrisaient pourtant très bien ?

Pierre Tourre : Très simplement. Depuis le début du XX^e siècle, on a fait une confiance totale et aveugle à la technique. Ce qui a conduit à nombre d’excès, à l’image des immeubles de grande hauteur entièrement vitrés et intégrant une climatisation à outrance. J’ai moi-même commencé ma carrière d’architecte dans cette “euphorie” où l’on ne se posait pas de questions.

Avec les chocs pétroliers des années soixante-dix, s’est amorcée une vague bioclimatique dans une mouvance un peu marginale. C’était l’époque du slogan : “En France, on n’a pas de pétrole, mais on a des idées”. Puis, on a de nouveau oublié... Jusqu’en 1995, quand est apparue l’amorce de la démarche HQE, à l’initiative de quelques esprits audacieux, démarche qui a commencé à formaliser les choses.

C’est à ce moment que j’ai eu la chance de réaliser le lycée Jean Jaurès du Pic Saint-Loup (34). L’équipe de maîtrise d’œuvre intégrait des personnages comme Alain Bornarel, du bureau Tribu, et Daniel Fauré, du cabinet Adret. Des “militants” de la cause écologie, dans le sens noble du terme. Pour moi, cette opération a été un déclic. Depuis, mon cabinet travaille uniquement dans ce sens, même si la HQE est loin d’être la panacée. Pourtant, elle permet d’aborder de manière exhaustive les divers aspects de la construction. Dans ce contexte, le revers de la médaille reste l’apparition de la démarche de certification – une habitude bien française qui consiste à faire remplir des cases – afin d’apporter des preuves et de rassurer les prescripteurs.

Ces démarches – HQE comme BBC – constituent pourtant un progrès indéniable et permettent une autre approche de la construction. À l’image de l’opération baptisée

“Les Allées de l’Europe”, actuellement en cours à Juvignac, près de Montpellier. Là, je réalise un immeuble d’habitations R+3 comptant 56 logements, du T1 au T4. La construction exploite à plein l’inertie thermique du béton dans ses voiles de façade, dans ses planchers, dans ses refends. L’enveloppe est très soignée, intégrant une isolation par l’extérieur de type PSE de 15 cm, éliminant l’essentiel des ponts thermiques. Cette organisation garantit le confort d’hiver comme le confort d’été. En toiture, prennent place des panneaux photovoltaïques ainsi qu’un système solaire pour l’eau chaude sanitaire. Le bâtiment est relativement compact et bénéficie d’une bonne orientation. Toutes les fenêtres intègrent des protections solaires par volets roulants à lames orientables. Les appartements les plus grands sont traversants, permettant de profiter d’une ventilation naturelle par courant d’air.

Lancé il y a deux ans, ce programme atteint un niveau BBC sans toutefois profiter du label, du fait de la présence des panneaux photovoltaïques en toiture. À l’heure actuelle, je décline le principe mis en œuvre sur “Les Allées de l’Europe” à d’autres bâtiments à destination d’habitats qui, eux, afficheront le label BBC.

C. M. : Quelle est votre approche du bâti basse consommation (BBC) ? Parmi tous les matériaux de construction ; quels sont, selon vous, les atouts apportés par le béton ?

P. T. : Le BBC est avant tout une question d’enveloppe performante du bâtiment qui joue avec une isolation par l’extérieur (ITE), ce qui permet de profiter pleinement de l’inertie des matériaux lourds en été, et de limiter les ponts thermiques en hiver. Dans une optique BBC, le béton sait apporter cette grande inertie thermique. A contrario, l’utilisation d’une ITE fait perdre la possibilité d’une certaine expression d’architecture. J’ose espérer que l’évolution des technologies permettra encore de profiter du béton apparent en façade. Le second atout d’importance du béton est



© Tourre Architecture

En cours de réalisation à Juvignac, près de Montpellier (34), l'opération "Les Allées de l'Europe" s'organise autour d'un bâtiment compact, bien orienté, qui utilise à plein l'inertie thermique du béton. L'isolation par l'extérieur élimine l'essentiel des ponts thermiques pour donner à l'opération un niveau BBC.

l'isolation phonique. Sur ce terrain, le matériau est quasiment imbattable. Enfin, sa durabilité constitue aussi un aspect important car elle limite l'entretien des bâtiments, sous réserve que le matériau soit de bonne qualité et que l'exécution ait été faite de manière correcte.

C. M. : Selon vous, comment devrait se présenter l'habitat éco-responsable idéal ? Quelle est l'importance de la performance de l'enveloppe ?

P. T. : La qualité de l'enveloppe est le postulat de base. En parallèle, il faut limiter au maximum la présence des systèmes techniques tout en rendant dès le départ le bâtiment le plus éco-responsable possible en jouant sur son orientation, sur ses ouvertures, sur l'inertie des matériaux, sur l'isolation. Il faut aussi penser à la conception de logements traversants qui permettent de créer des courants d'air : une ventilation naturelle qui ne coûte rien. Ensuite seulement, on peut intégrer quelques capteurs solaires, une petite éolienne. Mais miser d'emblée sur un habitat tout photovoltaïque alors que l'enveloppe du bâtiment est mal conçue est une ineptie ! Rien ne remplace la performance thermique du bâti. A ce niveau, l'architecte a un véritable rôle à jouer.

C. M. : Construire BBC est positif, mais si les occupants de ces constructions n'évoluent pas dans leurs habitudes, cela a-t-il un intérêt ?

P. T. : C'est un problème important, en effet, car les utilisateurs n'arrivent pas toujours à en comprendre le fonctionnement. Autrefois, dans le Sud en particulier,

les habitants avaient le réflexe de fermer des persiennes pour protéger les ouvertures aux heures chaudes de la journée. À ce niveau, je ne vois aucun inconvénient à la présence de systèmes techniques gérant de manière automatique l'ouverture ou la fermeture des volets. En fait, j'estime que c'est à chacun de se prendre en charge, de réfléchir et d'être responsable.

C. M. : À qui doit revenir la mission de formation "à l'occupation d'habitats BBC" ? À l'architecte, au politique, au promoteur ?

P. T. : C'est quelque chose qui devrait être enseigné à l'école, comme l'est l'instruction civique. Avec la grippe H1N1, on a redécouvert la vertu de se laver les mains. Au passage, on s'est aperçu de la disparition de quelques pathologies complémentaires. Il y a eu aussi la sensibilisation à la fermeture du robinet d'eau pendant qu'on se lave les dents. Ce sont peut-être des pistes à explorer dans le domaine qui nous intéresse.

La climatisation est néfaste pour la santé, d'autant plus quand elle est mal entretenue. Je suis étonné que les gens n'en aient pas conscience et la réclament très souvent. Mais si personne ne le dit... En fait, c'est à ceux qui sont convaincus de faire passer le message. Ipso facto, j'assume moi-même ce rôle pédagogique sur mes projets.

C. M. : Quel est le rôle de l'aménagement urbain pour limiter les impacts environnementaux liés à nos modes de vie ?

P. T. : La première démarche pour qui veut faire du BBC est de densifier pour supprimer l'étalement urbain. Le développement des éco-quartiers constitue une des premières réponses à cette problématique. C'est l'éco-conception élargie à un ensemble d'habitations avec prise en compte des diverses interactions entre les constructions, de l'ensoleillement, des ombres portées, avec la création de patios, de corridors de circulation d'air. Dans cette approche, on s'assure aussi de la continuité des espaces verts, très importante pour la biodiversité.

Les maisons de ville, les habitats denses avec jardin, les petits collectifs de type R+2 ou R+3 avec terrasses, le développement de la végétalisation des murs et des toits constituent autant d'autres pistes à exploiter pour s'inscrire dans le développement durable de l'habitat.

SYSTÈMES CONSTRUCTIFS en béton

MAÇONNERIE EN BLOCS DE GRANULATS COURANTS À JOINTS ÉPAIS ET ISOLATION

Les murs de maçonnerie en blocs de béton, creux ou perforés, de granulats courants sont conformes à la norme européenne NF EN 771-3.

Ils sont mis en œuvre à **joint horizontal** épais (pose dite "traditionnelle"). Les mortiers à joints épais sont soit de recette, soit performanciers (mortiers d'usage courant appelés G) conformes à la norme européenne NF EN 998-2. La mise en œuvre de l'ouvrage est conforme au DTU 20.1 (Maçonnerie). Les **joint vertical** sont soit remplis, soit non remplis, suivant la destination du mur.

L'isolation rapportée est soit intérieure (**ITI**), conformément au DTU 25.42 (Doublages), soit extérieure (**ITE**). Dans ce dernier cas, la mise en œuvre relève de la procédure d'Avis Technique (ATEc) ou d'un Document Technique d'Application (DTA).

Les résistances thermiques du mur complet varient en fonction de la nature et de l'épaisseur de l'isolant et du type de bloc utilisé. Les études montrent qu'il est possible de concevoir des bâtiments BBC avec des **résistances thermiques** de façade comprises entre 3 et 4 m².K/W selon les zones géographiques de la Réglementation Thermique. Ces exigences correspondent à des épaisseurs comprises entre 10 et 14 cm selon l'isolant.



MAÇONNERIE EN BLOCS DE GRANULATS COURANTS À JOINTS MINCES ET ISOLATION



Les murs de maçonnerie en blocs à joints minces sont très similaires, dans le principe, aux murs à joints épais. Les classes de tolérances dimensionnelles sont D3 (blocs calibrés) et D4 (blocs rectifiés). Les mortiers à joints minces sont obligatoirement **performanciers** car le DTU 20.1 ne définit pas de composition générique pour les mortiers de recette à joints minces. Par ailleurs, le DTU 20.1 oblige à justifier la **compatibilité mortier/bloc** par un ATEc ou un DTA. Le plus souvent, ce sont les fabricants des mortiers concernés qui apportent cette justification par un essai spécifique.

Pour les blocs de granulats courants, la pose à joints minces a un **impact thermique faible** par rapport à l'exigence globale sur la façade. Les modes de pose et les performances thermiques des isolants sont identiques à ceux du cas des joints épais.

MAÇONNERIE EN BLOCS DE BÉTON DE GRANULATS ISOLANTS OU EN BÉTON CELLULAIRE



Les blocs de granulats isolants ou en béton cellulaire relèvent également de la norme NF EN 771 (parties 3 et 4 dans le cas du béton cellulaire). L'intérêt principal de ce type de blocs tient en ce qu'ils possèdent des **caractéristiques thermiques** nettement supérieures aux blocs de granulats courants. Par contre, leur résistance à la compression, plus faible, limite leur utilisation pour des bâtiments de plusieurs niveaux.

La résistance thermique varie en fonction de l'origine des granulats (argile expansée, pierre ponce, pouzzolane, béton cellulaire) et de l'épaisseur des blocs. Pour cette famille de systèmes constructifs, **l'épaisseur des joints** horizontaux a un impact thermique. Des résistances thermiques de blocs entre 1 et 4 m².K/W peuvent être observées.

Ainsi, on retrouve deux solutions : les maçonneries à **isolation répartie** (béton cellulaire essentiellement) et les maçonneries de **granulats légers** nécessitant un isolant complémentaire. Dans ce dernier cas, l'épaisseur de l'isolant peut être diminuée de 1 à 3 cm par rapport aux maçonneries en blocs de granulats courants.

MUR EN BÉTON BANCHÉ ET ISOLATION

Les murs en béton banché constituent des solutions entièrement réalisées sur chantier. Les bétons utilisés doivent être conformes à la norme européenne NF EN 206-1. Le béton est soit **traditionnel** (avec vibration pour sa mise en œuvre) soit **autoplaçant**.

Les ouvrages sont réalisés à l'aide de banches à peau coffrante en bois ou en métal, d'une hauteur courante de 2,5 m en habitation. Les conditions de mise en œuvre sont définies dans le DTU 21 (Exécution des ouvrages en béton) qui inclut également les règles de conception des Eurocodes.

Ces murs nécessitent la mise en œuvre d'une isolation rapportée, extérieure ou intérieure dans les mêmes conditions que dans le cas des murs maçonnés pour concevoir des bâtiments BBC.

Il existe aussi aujourd'hui des bétons banchés **structuraux et isolants**. Ces bétons permettent de réduire significativement les déperditions thermiques des bâtiments en façades. Tout en conservant leurs performances mécaniques, ils présentent une conductivité thermique divisée par trois par rapport à des bétons standards.



MURS À COFFRAGE INTÉGRÉ AVEC OU SANS ISOLATION / PANNEAUX SANDWICH À ISOLATION CONTINUE



Les murs à coffrage intégré sont des éléments structuraux préfabriqués constitués de deux peaux en béton, reliées par des connecteurs, et d'un vide central destiné, après mise en place des armatures, à être rempli de béton sur chantier.

Les murs à coffrage intégré peuvent également intégrer un isolant thermique incorporé en usine. Ils relèvent alors de la procédure d'ATec. Dans ce système constructif, la fonction façade est assurée par la peau extérieure des éléments ayant subie, en usine, un traitement approprié (sablage, gommage, polissage, etc...) ; dans ce cas, ils sont appelés éléments architecturaux.

Il existe également les panneaux sandwich à isolation continue, préfabriqués en usine, de type porteur ou non. Dans ce dernier cas, ces panneaux, dits d'habillage, sont associés à une ossature de type poteaux-poutres. Ces panneaux à peau extérieure librement dilatable intègrent en usine une isolation thermique. La mise en oeuvre dans les ouvrages relève de la procédure d'ATec. La face extérieure de ces éléments a également subi en usine un traitement de surface (sablage, gommage, polissage, etc...).

Les **performances thermiques** de ces produits sont des résistances de l'ordre de 4 à 5 m².K/W. Elles peuvent être obtenues par des épaisseurs d'isolant (PSE, PU, LV) comprises entre 10 et 15 cm selon la zone géographique.

PLANCHERS AVEC PRÉDALLES OU DALLES ALVÉOLÉES

Ces produits sont des éléments de structure, d'épaisseurs courantes de 4 à 7 cm pour les prédalles et de 16 à 40 cm pour les dalles alvéolées. Les premières constituent le **coffrage d'une dalle pleine** de forte épaisseur (jusqu'à 20 cm) à réaliser sur chantier, les secondes ne nécessitent qu'une chape d'égalisation de faible épaisseur (4 à 5 cm). Dans certains cas de charges, une chape de compression est associée aux dalles alvéolées.

La portée maximum des prédalles est de l'ordre de 8 m, celle des dalles alvéolées jusqu'à 20 m.

Les premières études BBC menées pour les bâtiments collectifs ou tertiaires montrent que des caractéristiques thermiques élevées seront demandées aux planchers. Par exemple, des **résistances thermiques** de 3 à 6 m².K/W ou bien des Up de 0.15 W/m².K seront recherchées. Elles seront obtenues par des épaisseurs d'isolant (PSE ou PuR) comprises entre 10 et 20 cm en sous-face d'un plancher sur vide sanitaire ou au-dessus d'une toiture terrasse par exemple.



PLANCHERS À POUTRELLES / ENTREVOUS

Les planchers à poutrelles/entrevous sont constitués de poutrelles en **béton armé** ou en **béton précontraint** entre lesquelles sont mis en œuvre des entrevous, avec des entraxes de 0.60 m le plus couramment.

Il existe plusieurs matériaux constituant les entrevous selon les fonctions visées (mécanique, thermique...),



comme : béton, polystyrène, composite bois/polystyrène, bois moulé, matériau de synthèse.

Les planchers sont ensuite revêtus d'une dalle de compression en béton coulée en place.

Il existe plusieurs possibilités de traitement pour obtenir des **performances thermiques** avec ce type de plancher, soit en ajoutant une chape flottante associée à un isolant, soit (et) en utilisant des entrevous polystyrène, et le plus rarement en traitant la sous face du plancher. Les performances thermiques visées en BBC sont soit $Up = 0.22 \text{ W/m}^2.K$ ou bien $R=2 \text{ m}^2.K/W$. Les entrevous polystyrène permettent d'obtenir des performances entre $Up 0.28$ et $0.17 \text{ W/m}^2.K$ selon l'épaisseur des entrevous, et à condition qu'ils soient munis d'une languette couvrant la poutrelle. Les isolants sous chape permettent d'obtenir des résistances comprises entre 1.5 et 2.5 $\text{m}^2.K/W$, typiquement 2 $\text{m}^2.K/W$ avec un isolant de 6 cm.

CHAPES ET DALLES FLOTTANTES

Les chapes ou dalles dites flottantes reposent sur une **sous-couche isolante** possédant des performances thermiques et éventuellement acoustiques. La sous-couche peut être constituée de différents matériaux (laine minérale, plastique alvéolaire, voile non tissé, liège...). Elle est classée SC1 ou SC2 selon sa compressibilité. L'épaisseur correspondante des chapes est de 5 ou 6 cm selon le classement de la sous-couche. Ces ouvrages sont réalisés sur différents types de supports (dallage ou plancher).

Afin de garantir le maintien des performances, la pose avec **désolidarisation** périphérique est recommandée. Le domaine d'application est exclusivement intérieur aux bâtiments. Les chapes et dalles flottantes se dif-

férencient des chapes de désolidarisation en ce que la couche de désolidarisation ne possède pas de caractéristiques thermiques ou acoustiques.

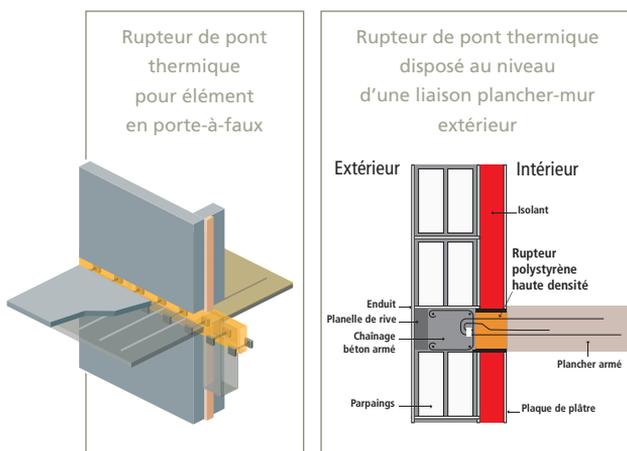


RUPTEURS DE PONT THERMIQUE

Les rupteurs de pont thermique sont des produits destinés à **limiter le flux thermique** traversant la jonction

entre 2 parties d'ouvrage. Dans les systèmes constructifs, les rupteurs traitent principalement la jonction plancher/façade et/ou refend/façade par interposition d'un **élément thermiquement isolant** (PSE, laine minérale, ...) tout en conservant la continuité structurelle. Il existe des rupteurs destinés aux ouvrages maçonnés et des rupteurs destinés aux ouvrages coulés en place. Dans le cas des ouvrages maçonnés associés à des planchers poutrelles/entrevous, on distingue les rupteurs longitudinaux et les rupteurs transversaux. Les rupteurs de pont thermique sont actuellement régis par la procédure d'ATEc.

Les domaines d'application actuels sont essentiellement les bâtiments d'habitation (maison individuelle et petit collectif). Les futures exigences de la réglementation thermiques sont susceptibles de généraliser l'utilisation de ces systèmes en isolation par l'intérieur.



OPÉRATIONS

BBC

en béton

PARIS BATIGNOLLES⁽⁷⁵⁾

DES LOGEMENTS AU CONFORT OPTIMAL



[Maître d'ouvrage] ICF la Sablière / SEMAVIP

[Maître d'œuvre] Antonini + Darmon, architectes

[Programme] 50 logements + parkings

[Surface] 3 350 m² SHON

[Coût] 6,7 M € HT

[Livraison] 2012

Pour ce projet inséré dans la ZAC Clichy Batignolles, située à proximité du Parc Martin Luther King à Paris, l'équipe Antonini+Darmon a conçu une architecture contemporaine, dynamique et fédératrice.

C'est afin de favoriser le dialogue entre l'existant et le projet, et pour éviter l'impact imposant d'une barre, qu'ils ont pris le parti de **scinder le programme en deux bâtiments** séparés par une faille. Cet éclatement permet une diffusion

de la lumière à tous les logements, évite les vis-à-vis frontaux et offre des vues en cœur d'îlot depuis la rue. Les deux blocs, tout en étant à une échelle intime et sécurisante, restent néanmoins très denses afin de garder une bonne inertie.

L'autre choix fondamental et structurant du projet est d'offrir à tous les logements des **grandes pièces principales**, souvent en angle, bénéficiant d'une large surface en prolongement extérieur sous la forme de balcons/loggias : une extension de l'espace privé qui oscille entre intérieur et extérieur.

Dans un souci d'économie d'énergie et de confort optimal, l'accent a été mis sur des principes bioclimatiques et sur la **performance de l'enveloppe**. Ainsi, les logements majoritairement traversant, bénéficient d'une ventilation naturelle pour un meilleur confort d'été, et des protections solaires assurent le contrôle des apports solaires. La fragmentation du bâtiment favorise les multiples orientations, donc l'éclairage naturel et les apports solaires gratuits l'hiver. Enfin, l'isolation par l'extérieur, l'**inertie des planchers et des refends en béton**, les toitures-terrasse végétalisées et les menuiseries à triple vitrage participent aux bonnes performances thermiques du bâti. Côté équipement, le chauffage collectif est assuré par des chaudières gaz à condensation et 50m² de panneaux solaires participent à l'obtention de l'ECS. Au final, c'est un bâtiment BBC inscrit dans le plan climat de la ville de Paris et doté de la certification H&E performance qui verra le jour dans le courant de l'année 2012.

Descriptif

- Isolation par l'extérieur
- Inertie très lourde par les planchers et murs maçonnés
- 450 m² de panneaux photovoltaïques
- 50 m² de panneaux solaires en toiture
- Chauffage collectif, raccordement au PCU
- Toitures terrasses végétalisées
- Cuve de récupération des eaux pluviales



DES LOGEMENTS CONFORTABLES ET PERFORMANTS À TOURCOING ⁽⁵⁹⁾



[Maître d'ouvrage] *Vilogia*

[Maître d'œuvre] *NFA - Nicolas Favet*
Architectes

[Architecte] *Nicolas Favet*

[Chef de projet] *Raphaël Philippe*

[Entreprise TCE] *Norpac*

[Programme] *153 logements*
(130 logements locatif social PLUS
et 23 logements en accession)

[Surface] *11 548 m² SHON*

[Coût] *14,5 M HT*

[Livraison] *Novembre 2010*

Le projet de construction de 153 logements "Les jardins de Belencontre", situés sur l'ancienne friche industrielle SEBI à Tourcoing, s'inscrit dans le cadre du projet de rénovation urbaine du quartier éponyme (Dossier ANRU).

Données environnementales

Bâtiment BBC-effinergie®

Label H&E profil A

Consommations : C.ref < 65 kWh_{ep}/m²

C.ep = C.ref -32 %

Caractéristiques thermiques :

U bât. : 0.648 w(m²/k)

U murs : 0.247 w(m²/k)

U toiture : 0.154 w(m²/k)

U plancher : 0.212 w(m²/k)

U vitrage : 1.60 w(m²/k)

Solution énergie

- Des bâtiments bien isolés (12 cm)
- Une chaudière gaz basse température à condensation par bâtiment couplée avec des panneaux solaires
- 40 % de la production d'eau chaude obtenue avec des panneaux solaires

L'objectif est de **renouveler ce quartier** dans l'esprit d'un parc paysager à habiter en inscrivant les logements dans un environnement arboré de qualité. L'implantation d'équipements structurants comme la future médiathèque et le collège Lucie Aubrac participent à la requalification du cadre de vie.

Conçue par l'architecte Nicolas Favet, l'opération "Les jardins de Belencontre" apporte une réponse urbaine et architecturale très forte. La composition générale du plan masse, ainsi que les gabarits à R+4 et R+5 des six immeubles, dessinent une **silhouette globale très aérée** qui alterne de façon harmonieuse bâti et végétation. L'approche de conception environnementale est essentiellement pragmatique et c'est dans les premiers choix urbains et architecturaux que la démarche HQE à été prise en compte. Les meilleures solutions en la matière sont intimement liées à la conception du projet et à son plan masse. Il ne s'agissait pas ici de faire un projet conventionnel et de lui apposer une liste de prescriptions techniques, mais plutôt d'envisager une architecture et un nouveau quartier de la ville sous ce concept innovant de "Parc Habité...", souligne l'architecte.

À l'origine, le projet prévoyait une performance énergétique de niveau HPE / THPE. Les performances constatées du projet atteignent un niveau BBC. La forme des bâtiments est issue d'une recherche particulière sur le rendement entre la Surface de Façade (SF) et la SHON. Le concepteur a opté pour une **forme cylindrique**, la plus avantageuse pour obtenir un bon rapport de SF / SHON. Ici, ce rapport est aux environs de 0.70. Le béton a été retenu pour la construction des six immeubles de logements. Des **rupteurs de ponts thermiques** sont utilisés pour le traitement des liaisons horizontales et verticales. Le traitement des ponts thermiques est constitué de rupteurs de ponts thermiques industriels destinés aux ouvrages coulés en place pour les liaisons horizontales entre dalles de planchers et voiles de façades, et par de la laine de roche minérale de 6 cm pour les liaisons verticales. En façade, le concepteur a utilisé une palette de matériaux simples comme le bois, le béton coloré blanc, gris et vert.



LA MAISON BBC JAMBERT À ANGERS ⁽⁴⁹⁾

UN LABORATOIRE DES BONNES PRATIQUES



[Maître d'ouvrage] *Privé*

[Maître d'œuvre] *Maisons Bernard Jambert*

[Entreprise maçonnerie] *Maingot*

[Surface habitable] *108 m² en R+1*

[Coût hors foncier] *1 130 € du m² HT*

[Livraison] *Dernier trimestre 2010*

Maisons Bernard Jambert, en partenariat avec la société Lafarge, construit en centre ville d'Angers, une maison de ville conforme aux exigences du **label BBC-effinergie®**. Cet ouvrage en béton a été imaginé comme un laboratoire des "bonnes

pratiques" en matière de construction durable avec des matériaux traditionnels, existants sur le marché, et les modes constructifs les plus courants.

L'étude thermique du bureau d'études agréé ETC prévoit une consommation globale inférieure à 48kWh/m².an. Un niveau de performance en respect avec les exigences du label BBC, fixées à 50 kWh/m².an et supérieur de 56,66 % à la réglementation en vigueur.

Les **principes bioclimatiques** ont été mis en œuvre pour atteindre ces performances. Implanté sur une parcelle étroite, le bâtiment est volontairement compact, et 55 % des ouvertures se font sur la façade sud, orientation privilégiée pour les pièces de vie.

Par ailleurs, le constructeur a misé sur une enveloppe très performante pour minimiser les déperditions thermiques. La dalle en **béton autoplaçant** sur terre-plein est coulée sur un isolant en polystyrène de 80 mm, et une chape chauffante flottante sur un isolant de 81 mm renforce encore les performances du plancher bas.

Les murs sont montés en **blocs béton traditionnels**, doublés par collage d'un complexe thermo-acoustique en polystyrène expansé graphité de 100 mm et plaque de plâtre de 13 mm. Ce complexe ultra performant (lambda 29.5) permet de maintenir une faible épaisseur des murs extérieurs. Pour assurer une meilleure résistance mécanique, et éviter toute fuite d'air dans la maçonnerie, tous les joints verticaux sont soigneusement remplis. De plus, des croquis précisant la mise en œuvre des interfaces mur/doublage/plafond/menuiseries ont été fournis pour réussir le test d'étanchéité à l'air.

Le plancher intermédiaire est constitué de **poutrelles en béton préfabriquées**, avec entrevous en polystyrène expansé afin de corriger le pont thermique et d'une dalle de compression en béton apportant l'inertie nécessaire au confort d'été.

Les combles perdus sont isolés avec de la laine de roche soufflée (295 mm) sur le plafond plâtre du premier étage. Enfin, les équipements, chaudière à condensation et panneaux solaires pour l'eau chaude sanitaire, participent au bon niveau de performance global.

Au final, c'est une maison à 1 130 € du m² HT (hors coût du foncier) qui a été réalisée, pour une consommation énergétique annuelle estimée à 1 021,06 € TTC (abonnement inclus).

Conforme aux exigences du label BBC (48 kWh/m².an). Niveau A de l'étiquette énergétique.

Performances thermiques du bâti

- Mur extérieur : R = 3.6
- Sol : R = 4.9
- Combles : R = 8
- Vitrages : U_w = 1.4
- Pont thermique intermédiaire : psi = 0.4

Performances des vitrages

- Double vitrage 4/16/4 argon

Équipements

- Chauffage : chaudière gaz à condensation + système de chauffage par le sol coulé dans la chape
- Ventilation : VMC Hygro B
- Eau chaude : panneaux solaires thermiques (4.4 m²)



UNE MAISON ÉCOLOGIQUE À FAIBLE COÛT À CRAPONNE ⁽⁶⁹⁾



[Maître d'ouvrage] Privé

[Maître d'œuvre] Demeures Caladoises
(Villefranche-sur-Saône, 69)

[BE thermique] Bastide Bondoux

[SHON] 154 m²

[Surface habitable] 134 m²

[Coût de construction] 138 000 €
(hors terrain)

[Livraison] Juin 2010

Une maison à basse consommation de 154 m² SHON, conçue par Demeures Caladoises, a été livrée en juin dernier sur la commune de Craponne, dans le Rhône.

Il s'agit d'une maison de **classe**

A, avec une consommation conventionnelle d'énergie de 54,4 kWh/m² pour les postes chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires, c'est-à-dire un niveau de Cep inférieur au 60 kWh/m² maximum permettant d'obtenir le label BBC dans cette zone climatique.

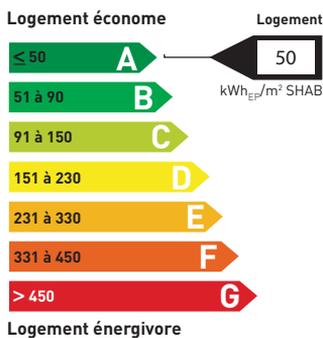
Le système constructif retenu par Demeures Caladoises a pour but de rationaliser le coût de construction de la maison et de réduire les consommations d'énergie. C'est donc une **enveloppe optimisée** qui a permis d'obtenir le niveau de performance thermique. Le plancher bas sur vide sanitaire est isolé par un polyuréthane de 80 mm et des thermo rupteurs. Les parois verticales opaques constituées de blocs rectifiés, d'un isolant en laine de verre de 100 mm et d'une plaque de plâtre atteignent un très **bon niveau de résistance thermique** avec un Ru de 3,15 m².K/W. Pour éviter les déperditions thermiques les murs du garage accolé sont identiques. Les combles perdus sont isolés de 315 mm de laine de roche soufflée et les coffres de volets roulants sont intégrés au bâti.

Le choix d'un double vitrage peu émissif à l'argon complète la performance d'un bâti qui atteint un niveau de déperdition thermique totale maîtrisé, avec un Ubât de 0,336 W/(m².K). Pour bénéficier des **apports solaires gratuits**, 44 % des surfaces de baies ont été orientées au sud. Enfin, concernant les équipements, une chaudière à condensation gaz naturel assure le chauffage. Elle est couplée à des panneaux solaires en toiture pour la production d'eau chaude sanitaire et la ventilation est assurée par une VMC hygroréglable.

En ce qui concerne la perméabilité à l'air, la maison a répondu sans problème aux exigences BBC-effinergie®, avec un débit de fuite de 0,33 m³/h.m² d'enveloppe sous 4 Pascals, soit deux fois moins que les 0,6 m³/h.m² nécessaires à l'obtention du label.

Au final, cette construction, conforme à la RT 2012, n'affiche qu'un **surcoût de 7 %** comparativement à une maison réalisée selon la RT 2005, chauffage gaz et panneaux solaires inclus ! Une dépense qui pourra être rapidement comblée grâce aux économies d'énergie réalisées. En effet, l'estimation de la consommation annuelle en chauffage et eau chaude sanitaire est de 340 € par an (hors abonnement et entretien).

CONSUMMATION CONVENTIONNELLE EN ÉNERGIE PRIMAIRE POUR LE CHAUFFAGE, L'EAU CHAUDE SANITAIRE, LE REFRIGÉRISSSEMENT



CONSUMMATION CONVENTIONNELLE D'ÉNERGIE EN kWh D'ÉNERGIE PRIMAIRE/M² SHON

Cep chauffage	34,5
Cep refroidissement	0,0
Cep eau chaude sanitaire taux de couverture solaire 65,3 %	9,6
Cep ventilation	1,8
Cep auxiliaires	5,4
Cep éclairage	7,4
TOTAL Cep	58,6
Cep production d'énergie renouvelable	0,0
TOTAL (production d'énergie renouvelable déduite) Cep	58,6

UNE VILLA BBC À CAVALAIRE ⁽⁸³⁾

ENTRE INNOVATION ET TRADITION



[Maître d'ouvrage] *Privé*

[Maître d'œuvre] *Maisons France*

Confort

[Bureau d'étude thermique] *Bastide et Bondoux*

[Entreprise maçonnerie] *Sarl Bingol*

[SHON] *100 m²*

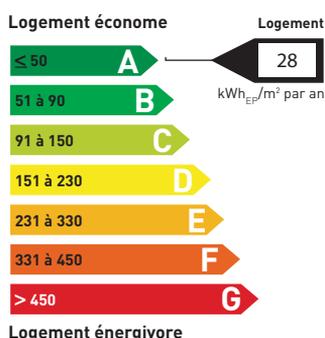
[Surface habitable] *87 m²*

La maison BBC réalisée par MFC à Cavalaire associe **bloc béton**

et laine de verre. Une construction somme toute assez traditionnelle, mais qui n'en arrive pas moins à des performances thermiques remarquables : avec sa consommation de 40 kWh_{EP}/m² par an, elle est éligible au label BBC-effinergie®. Quelques précautions ont néanmoins été nécessaires pour atteindre ces performances. Le plancher est constitué de poutrelles et de hourdis polystyrène et les ponts thermiques ont été traités. Par ailleurs, afin d'optimiser les apports solaires et de limiter les déperditions de chaleur, 65 % des ouvertures sont situées sur la façade sud.

Des **équipements performants** complètent ce travail sur l'enveloppe. Une VMC double flux couplée à une PAC assure le chauffage l'hiver et le rafraîchissement l'été. Ce système permet également des économies d'énergie pour la production de l'eau chaude sanitaire. Il en résulte une facture totale de 661 € TTC par an, abonnement inclus.

CONSOMMATION CONVENTIONNELLE EN ÉNERGIE PRIMAIRE POUR LE CHAUFFAGE, L'EAU CHAUDE SANITAIRE, LE REFRIGÉRISEMENT



LE PREMIER LABEL BBC-EFFINERGIE®

D'AQUITAINE À DAX ⁽⁴⁰⁾



[Maître d'ouvrage] *Privé*

[Maître d'œuvre] *JCD Landes (Dax, 40)*

(Constructeur – Architecte)

[BE thermique] *Bati Energies (Tosse, 40)*

[Entreprise] *Et. Esteves (Tartas, 40)*

[SHON] *194 m²*

[Surface habitable] *172 m²*

[Coût] *240 000 € hors photovoltaïques et piscine*

[Livraison] *Mars 2009*

Le constructeur JCD Landes a obtenu le premier label BBC-effinergie®

d'Aquitaine sur l'une de ses maisons à Dax : une villa en bloc de béton cellulaire de 20 cm d'épaisseur, associé à un doublage isolant en polystyrène pour une résistance thermique du mur proche de 5 m².K/W.

La **performance de l'enveloppe est renforcée** par l'utilisation d'un double vitrage et de rupteurs de ponts thermiques. La maison, exposée plein Sud, bénéficie également des apports solaires gratuits. Une chaudière à condensation au gaz naturel est associée à un plancher chauffant et 21 m² de panneaux photovoltaïques. Enfin, une cuve enterrée pour la récupération des eaux de pluie complète le dispositif.

- Plancher vide sanitaire : Poutrelle et hourdis polystyrène
- Murs extérieurs : Béton cellulaire MI335 + doublage TH 38 / R = 5.24 m².K/W
- Isolation en combles : Laine minérale soufflée / R = 6.5 m².K/W
- Vitrage des menuiseries extérieures : Double vitrage 4/16/4 faible émissivité + Argon et Rupteurs thermiques

UNE MAISON BBC À SÉLESTAT ⁽⁶⁷⁾

ÉCONOMIQUE ET ÉCONOME



[Maître d'ouvrage] *Privé*
 [Maître d'œuvre] *Benjamin Dubreu, architecte ingénieur*
 [Entreprise gros-œuvre] *Constructions UHL*
 [SHON] *203 m² + 29 m² serre*
 [Coût travaux] *200 000 € TTC (862 € TTC/m²)*
 [Livraison] *Décembre 2009*

Le prémur intègre un grand nombre d'avantages dans le cadre d'une conception basse consommation :

- les liaisons entre la partie structurelle et la face extérieure préservent les performances des isolants utilisés. On obtient des résistances thermiques pouvant aller jusqu'à 7.8 m²K/W pour des panneaux de 40 cm d'épaisseur ;
- la suppression des ponts thermiques est réalisée par la présence d'isolant à l'intérieur du produit. De 16 cm minimum d'épaisseur, il apporte une très forte inertie thermique à l'ouvrage, gage de confort en été et de gain de consommation d'énergie ;
- le coulage systématique d'un noyau en béton assure une très bonne étanchéité à l'air de l'ouvrage.

Cette maison familiale, conçue par l'architecte et ingénieur Benjamin Dubreu, se dresse dans un quartier mixte en bordure du centre-ville de Sélestat. L'enjeu était ici de construire une maison individuelle saine, confortable, contemporaine, présentant un niveau de performance énergétique maximal dans un budget contraint. **L'enveloppe est la question centrale du projet**, les équipements techniques pouvant être complétés par la suite au gré des capacités financières de la famille. Les apports solaires gratuits, la compacité du bâtiment et son orientation, les qualités des matériaux en matière d'isolation thermique sont les clés de la performance énergétique du bâtiment pour atteindre un niveau BBC. Contrairement à beaucoup de constructions avoisinantes, le projet s'implante en fond de parcelle et dégage ainsi un petit jardin côté Sud sur lequel s'ouvre une façade largement vitrée. Les **principes bio-climatiques** ont guidé la démarche du concepteur. Il s'agissait de constituer une enveloppe efficace et intelligente. Les trois façades Est, Nord et Ouest présentent peu d'ouvertures. Elles sont réalisées en panneaux de béton préfabriqués de type prémur qui comporte un isolant de haute performance. À l'inverse, la façade Sud est largement vitrée pour profiter des vues sur le jardin et des apports solaires. Elle est réalisée en ossature bois revêtue d'un bardage extérieur en mélèze brut. Une serre prolonge le volume de la maison vers le jardin et offre aux habitants un espace complémentaire.

Le béton est conservé brut à l'extérieur et à l'intérieur (murs et sols en béton ciré sur plancher chauffant), et le bois également. Le choix de matériaux sains et écologiques participe à l'ambiance agréable et à la qualité de vie des espaces intérieurs de cette maison bioclimatique, économique dans son coût de construction, comme dans son usage quotidien.



POUR EN SAVOIR PLUS...



LE RAPPORT COMPLET DE L'ÉTUDE QEB

Collection Technique CIMbéton. B56.
Qualité Environnementale des Bâtiments.
ISO 14040-14044 et NF P 01-010.
Recherche des paramètres influençant
la qualité environnementale.

téléchargeable sur le site
www.infociments.fr



www.infociments.fr



www.mamaisondurable-beton.com



www.materiaux-cimentaires.com



www.cerib.com



www.snbpe.org



www.betocib.net



www.efbeton.com



www.monbeaubeton.com



www.explorations-architecturales.com

