

Solutions béton

Contexte et objectifs	P. 16
Définitions techniques et architecturales des bâtiments étudiés	P. 17
Études thermiques	P. 18
Méthodes de calcul des impacts environnementaux	P. 19
Résultats de l'évaluation des impacts environnementaux	Rabat 1
Une étude qui permet enfin d'avoir les idées claires !	P. 21
Et si on allait plus loin ?	P. 22



Bureaux RT 2012 et impacts environnementaux

Le bâtiment de bureaux connaît une nouvelle évolution, poussé par la réglementation en faveur de bâtiments basse consommation et la pression des exploitants soucieux de réduire leur facture énergétique. La filière béton souhaite apporter des contributions solides à ce domaine en mutation. Après avoir publié en 2009 une étude présentant la qualité environnementale de différents logements, elle propose d'élargir ses travaux aux bâtiments de bureaux. L'étude QEB Bureaux présente ainsi les résultats des impacts environnementaux à partir de la modélisation de bâtiments, l'un à structure béton, l'autre acier, utilisant des procédés de construction courants en suivant les normes européennes et françaises actuelles. Une démarche méthodologique contrôlée par tierce partie indépendante au travers d'une revue critique suivant les normes ISO 14040 et 14044, tant du point de vue méthodologique que des résultats obtenus.

Contexte et objectifs

Dans le bâtiment en général et dans les bureaux en particulier la prise en compte des impacts environnementaux des choix constructifs devient une nécessité. L'étude QEB tertiaire se propose justement d'évaluer ces impacts sur deux versions d'immeubles de bureaux RT 2012. Les différentes étapes de cette étude ont été réalisées par des experts reconnus et ses résultats ont été validés par une revue critique.



Photo : Y. Fillon

→ Immeuble Skyline (bureaux, commerces, activités) à Nantes.
Architecte : 2/3/4 architecture, Olivier Arene.

QUELS SYSTÈMES CONSTRUCTIFS CHOISIR ?

Dès les premières études de projets de bureaux, des discussions s'engagent régulièrement sur les systèmes constructifs et matériaux qui seront utilisés lors de la construction.

Les maîtres d'œuvre (urbanistes, architectes, etc.) se déterminent bien entendu tout d'abord en fonction des discussions qu'ils ont avec les maîtres d'ouvrage, sur les cahiers des charges qui leur sont soumis et sur les visions architecturales qu'ils en ont.

Comptent aussi, il faut le souligner, les connaissances des systèmes constructifs qu'ils ont acquises lors de projets et chantiers antérieurs.

Bien souvent ces choix sont dictés par des raisons techniques comme la nature des terrains et de l'environnement, les contraintes d'exploitation (nombre de niveaux, nature des activités, charges d'exploitation, aménagements des plateaux etc.) de même que par les « savoir-faire » des

différents acteurs pressentis (bureaux d'études, entreprises, sous-traitants, etc.).

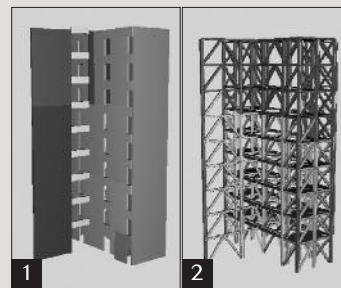
UNE NOUVELLE DONNÉE QUI COMPTE : L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

La bonne connaissance des pratiques constructives adoptées influence, en effet, pour une bonne part le coût final des opérations.

L'abondance et la grande disponibilité des différents matériaux mis en œuvre évitent la plupart du temps de se poser les questions d'acheminements et d'approvisionnements.

Or la donne a changé !

L'environnement énergétique et climatique dans lequel nous vivons nous fait prendre conscience que les logiques du passé peuvent nous conduire à des non-sens douloureux voire périlleux. Les réserves d'énergies fossiles déclinent et le cycle du carbone, perturbé par la combustion de ces énergies, est en train de



→ 1 – Ossature béton. 2 – Ossature acier.

modifier le climat tandis que de nombreux effets secondaires commencent à nous coûter très cher.

Il est grand temps de prendre en compte, comme critères fondamentaux de nos choix constructifs, les coûts énergétiques des projets et les impacts environnementaux qu'ils induiront.

Ce sont ces objectifs que poursuivent les pouvoirs publics à travers les nombreuses nouvelles réglementations mises au point récemment (thermiques, environnementales, etc.). Pour pouvoir effectuer ces choix en toute connaissance, il faut essayer de quantifier équitablement les avantages et les inconvénients des différentes solutions techniques les unes par rapport aux autres.

C'est tout l'objet des études « Qualités environnementales des bâtiments » menées par les différentes filières industrielles.

L'ÉTUDE QEB BUREAU : UN OUTIL FIABLE ET PRATIQUE

La filière « Béton » s'efforce d'apporter des contributions « solides » à cette démarche en pleine évolution avec l'étude QEB Bureaux.

Son objet est de présenter une évaluation de la qualité environnementale de bâtiments « types » représentatifs du marché, devant être construits

en ossature béton ou en ossature acier (les deux systèmes constructifs dominants de ce marché).

Les différentes étapes de l'étude ont été réalisées par des experts reconnus : pour les calculs de structure, **C&E ingénierie**, pour les calculs thermiques, **Tribu Energie**, pour les calculs acoustiques, **Gamba acoustique**, pour les métrés et quantitatifs, **Z2C**, et pour les études environnementales, **Ecobilan**.

Ces bâtiments standard, conçus sans aucun parti pris bioclimatique, répondent aux exigences de performances de la RT 2012.

Les impacts environnementaux des deux versions (béton et acier) de ce projet ont été calculés en suivant strictement l'ensemble des normes régissant actuellement les aspects environnementaux de ces études QEB (normes internationales ISO 14040 et 14044 et normes françaises NF P01-010, NF P01-020 et XP 01-020-3).

Enfin, cette démarche méthodologique et les résultats obtenus ont été contrôlés par un comité d'experts indépendants qui a procédé à une « revue critique ».

L'ensemble des documents (rapport d'étude et rapport final de revue critique) est consultable et téléchargeable sur le site www.infociments.fr. ■

** La filière Béton a publié une première étude sur les impacts environnementaux de logements types (maisons individuelles et petits logements collectifs) réalisés suivant les principales techniques constructives actuelles (téléchargement gratuit sur www.infociments.fr : B56 « Qualité environnementale des bâtiments. Recherche des paramètres influençant la qualité environnementale » ou Construction Moderne hors série octobre 2010).*

Définitions techniques et architecturales des bâtiments étudiés

(Bureau d'études associé : C&E Ingénierie des Structures)

Évaluer l'influence du système de structure sur les impacts environnementaux, tel est l'objet des calculs comparatifs menés sur deux immeubles représentatifs du marché actuel des bureaux, l'un construit avec une structure en béton, l'autre en acier.

Le premier travail effectué par l'équipe en charge du projet a été de définir les bâtiments étudiés. Il s'agit ainsi d'immeubles représentatifs du marché actuel des bureaux et conçus à l'aide de modes constructifs les plus courants.

Le choix s'est arrêté sur deux bâtiments dont les définitions et les fonctionnalités sont identiques mais construits l'un avec une structure entièrement en béton et l'autre avec une superstructure en acier et planchers de type « bac collaborant » connectés associant acier et béton.

Le cahier des charges commun aux deux immeubles étudiés est le suivant :

- surface en plan **42 m x 34 m** ;
- **8 niveaux** en superstructure (hors rez-de-chaussée) ;
- **2 niveaux** en infrastructure ;
- hauteur de dalle à dalle en étage : **3,4 m** ;
- surface SHON : **9 270 m²** ;
- surface utile : **9 170 m²** ;
- surface de bureaux : **5 127 m²** pour **306 personnes**.

Ces deux bâtiments habillés de la même façade (mur-rideau) ont été conçus pour atteindre les performances thermiques du label BBC (RT 2005).

Ils ont volontairement des infrastructures strictement identiques afin de simplifier la comparaison environnementale et l'influence réelle de la nature des superstructures.

Les superstructures de ces deux bâtiments varient par la nature des matériaux employés (bétons et aciers) et les sections et épaisseurs des différents constituants (poteaux, poutres et planchers).

Le bâtiment en structure béton met en œuvre pour la réalisation des planchers, des dalles alvéolées précontraintes de 12 m de portée et de 28 cm d'épaisseur (plus 5 cm de dalle de compression).

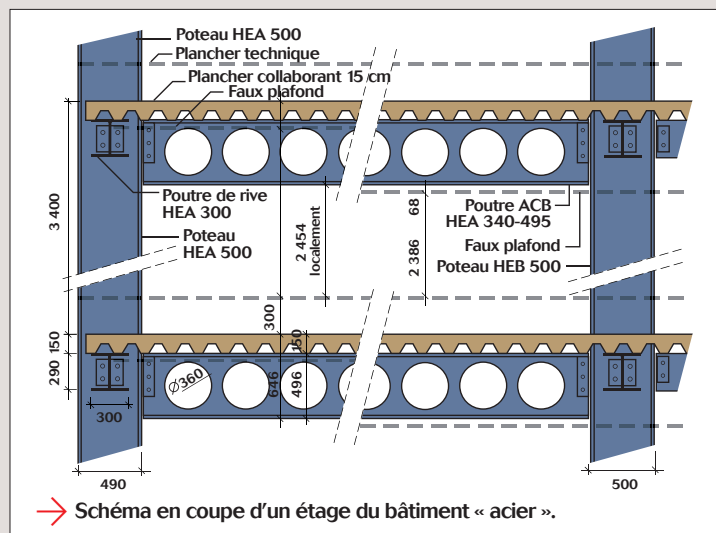
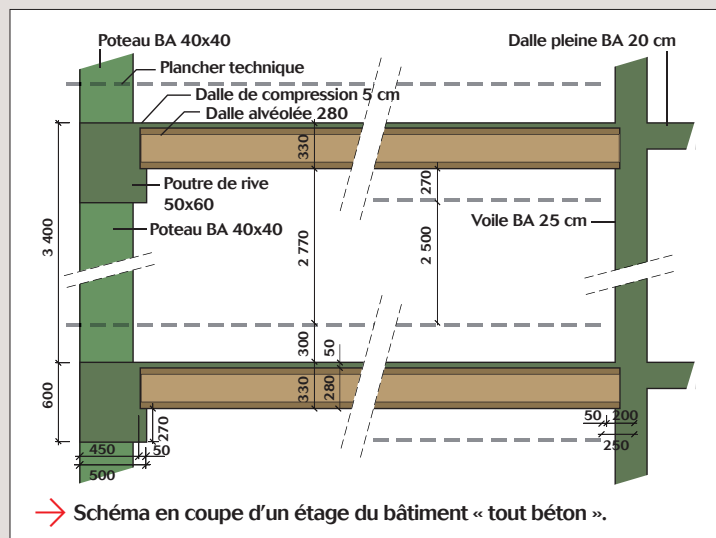
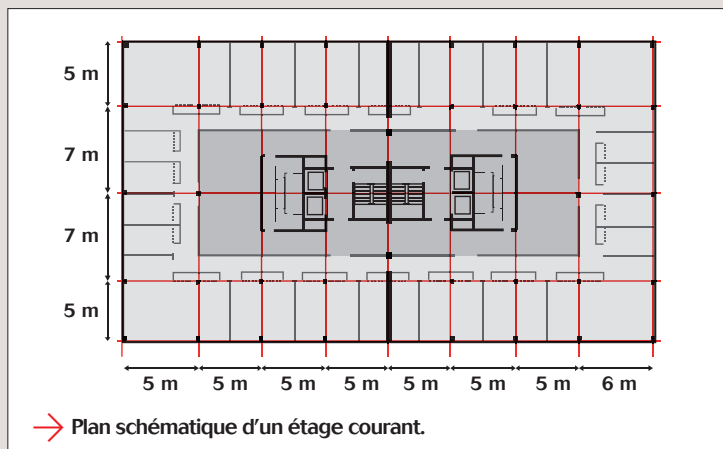
Le bâtiment en structure acier utilise pour les planchers des bacs collaborants acier de 6 m de portée plus chapes béton connectés à des poutres métalliques alvéolaires.

Pour les deux bâtiments, il a été pos-

sible après calcul thermique d'utiliser une même enveloppe (mur-rideau). Ceci rend très lisible l'influence du système de structure choisi sur les impacts environnementaux calculés (béton ou acier). Après validations des différents études et calculs, deux métrés très détaillés ont été réalisés par un cabinet d'économistes

de la construction et ont servi de base au calcul des impacts environnementaux des deux solutions retenues. ■

Des analyses complémentaires (études de sensibilité) ont cependant mis en évidence que, même en optimisant la superstructure, les incidences sur l'infrastructure ne modifient pas les résultats environnementaux.



Études thermiques (Bureau d'études associé : Tribu Energie)

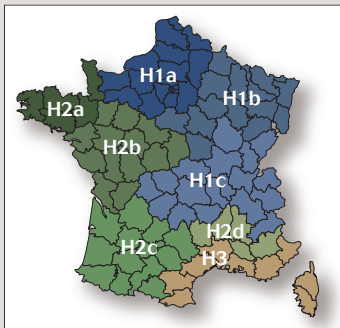
Les choix techniques s'axent sur deux zones climatiques, deux systèmes de chauffage standard, pompe à chaleur et chaudière gaz à condensation et groupe froid, des systèmes d'équipements communs et la prise en compte de l'inertie des bâtiments. Les deux bâtiments (béton, acier) atteignent un coefficient Bbio équivalent mais des valeurs différentes pour le Cep.

Tout d'abord les niveaux de consommation des deux versions du bâtiment type sont conformes à la nouvelle réglementation thermique RT 2012.

OPTIONS TECHNIQUES RETENUES

Deux zones climatiques ont été sélectionnées afin d'essayer d'être le plus exhaustif possible :

- la zone climatique H1A qui correspond à un scénario climatique continental modéré ;
- la zone climatique H3 qui correspond à une zone climatique méditerranéenne (importance de la climatisation).



Deux systèmes de chauffage standard ont été étudiés :

- pompe à chaleur réversible ;
- chaudière gaz et groupe froid.

	Pompe à chaleur réversible	Chaudière gaz + groupe froid
	Pompe à chaleur réversible	Chaudière gaz condensation
Générateur de chaleur	$P_{nom} = 503 \text{ kW}$ COP = 3,06	$P_{nom} = 508 \text{ kW}$ Rendement à 100 % de charge : 97,6 % Perte à charge nulle : 0,716 kW Rendement à charge partielle : 107,3 %
	Pompe à chaleur réversible	Pompe à chaleur
Générateur de froid	$P_{nom} = 487 \text{ kW}$ EER = 2,89	$P_{nom} = 487 \text{ kW}$ EER = 2,89
Émetteur	Ventilo convecteurs 4 tubes Variation temporelle : +/- 1,8 K Vitesse des ventilateurs : 0,7 W/m ³	
Ventilation	Ventilation double flux avec échangeur $Q_{V_{extrait}} = 15\,587 \text{ m}^3/\text{h}$; $Q_{V_{soufflé}} = 15\,587 \text{ m}^3/\text{h}$ Échangeur : 0,70 (non certifié) Étanchéité des réseaux : par défaut	

Des systèmes d'équipements communs

Choix techniques – Exigence RT 2012 : systèmes

		Puissance	Gestion
Éclairage	Bureaux		Détecteur de présence et gradateur
	Salle de réunion		Détecteur de présence
	Hall	9 W/m ³	Détecteur de présence et gradateur
	Sanitaire		Détecteur de présence
	Circulation		Détecteur de présence
Eau chaude sanitaire	Volume	50 litres	
	Nombre	36	

Une prise en compte de l'inertie des bâtiments

Dans la typologie « tout béton » seule une paroi est à inertie lourde : le plancher haut en raison de plancher technique.

La typologie « tout béton » a donc une classe d'inertie moyenne.

Dans la typologie « tout acier », aucune paroi n'est classée à inertie lourde.

La typologie « tout acier » a donc une classe d'inertie très légère.

Hormis cela comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les deux projets possèdent **une même enveloppe et des isolations thermiques communes.**

Les calculs menés ont permis de définir les paramètres thermiques des deux bâtiments (Bbio et Cep).

- Le coefficient Bbio (besoin bioclimatique conventionnel) du bâtiment doit être inférieur ou égal au coefficient maximal Bbio_{max}.

L'objectif de l'exigence Bbio est de limiter globalement les besoins de chauffage, de refroidissement et d'éclairage du bâti indépendamment des futurs systèmes et des énergies mis en œuvre dans le bâtiment. Le Bbio, exprimé en points, se calcule de la manière suivante :

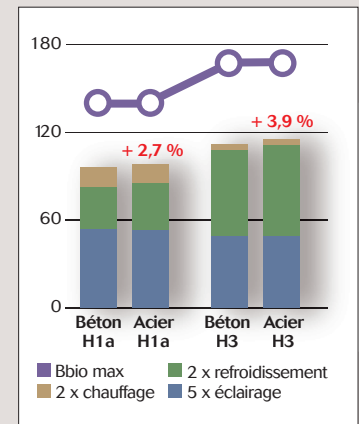
$$Bbio = a \times (Bbioch + Bbiofr) + b \times Bbioecl \text{ où } a = 2 \text{ et } b = 5$$

Bbioch : besoins de chaud annuel conventionnel.

Bbiofr : besoins de froid annuel conventionnel.

Bbioecl : besoins d'éclairage annuel conventionnel.

Les résultats des calculs donnent les valeurs suivantes



Les bâtiments répondent à l'exigence Bbio dans les deux configurations étudiées.

L'écart de 3 et 4 % entre le bâtiment tout béton et tout acier s'explique principalement par les gains en froid liés à une inertie plus importante pour la configuration béton.

■ Le coefficient Cep (consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment) doit être inférieur ou égal au coefficient maximal Cep_{max}. Cette consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment prend en compte le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement d'eau chaude sanitaire et de ventilation.

Les résultats des calculs donnent les valeurs suivantes (voir tableau).

	GAZ				PAC			
	H1a		H3		H1a		H3	
	Tout béton	Tout acier	Tout béton	Tout acier	Tout béton	Tout acier	Tout béton	Tout acier
Cep	97,3	101,5	112,9	117,5	103	108,2	117,1	123,4
Cepmax	110	110	132	132	110	110	132	132

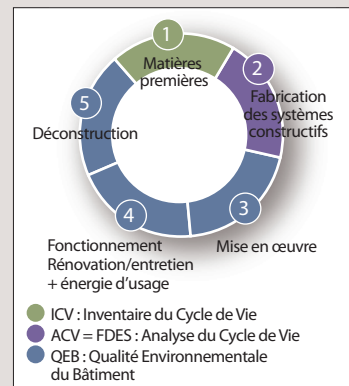
Méthodes de calcul des impacts environnementaux

(Bureau d'études associé : Ecobilan)

Les impacts environnementaux sont calculés sur deux périmètres d'étude distincts et en tenant compte du degré de précision des données, à l'aide d'une analyse de cycle de vie des bâtiments, sur une durée de vie de 100 ans. Une revue critique menée par un comité d'experts a validé les résultats de l'étude.

ANALYSE DU CYCLE DE VIE

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 occupants y consommeront de l'énergie pour se chauffer et refroidir l'atmosphère, s'éclairer et faire fonctionner le lieu et les machines qui s'y trouvent.



OBJECTIF DE L'ÉVALUATION

L'étude QEB Bureaux a pour objectif de comparer, à l'aide d'une analyse de cycle de vie, les impacts environnementaux d'un bâtiment de bureau « type » construit soit avec une ossature béton, soit avec une ossature acier, et ayant une performance énergétique RT 2012.

PÉRIMÈTRES DE L'ÉTUDE

Deux périmètres seront étudiés :

- une comparaison basée uniquement sur la construction, entretien et déconstruction (sans prendre en compte les consommations d'énergie dues à la vie en œuvre).

Ce périmètre sera appelé « périmètre matériaux » avec une distinction entre le gros œuvre et le second œuvre ;

- une comparaison qui prend en compte la construction, l'entretien et la déconstruction mais aussi les énergies d'usage (se chauffer, refroidir, s'éclairer, ventiler...) et les énergies d'activités (dues aux équipements bureautiques et informatiques). Ce périmètre sera appelé « périmètre global ».

DURÉE DE VIE

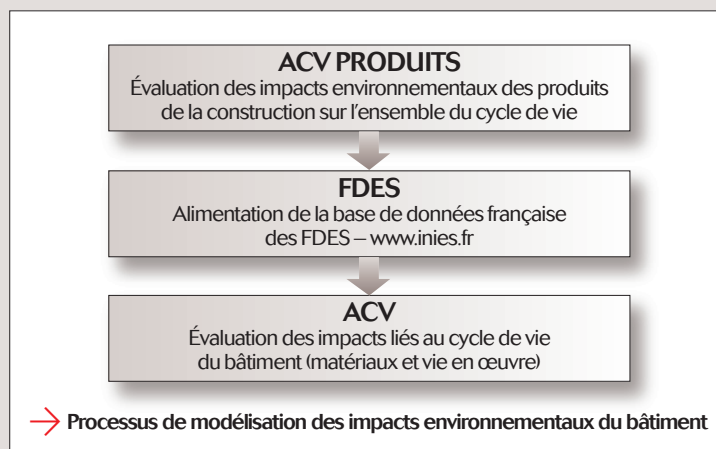
Il a été considéré que les éléments en béton ou acier constituant l'ossature du bâtiment étudié (dans ses deux versions) conditionnent la durée de vie de l'ouvrage. La durée de vie prise en compte dans les analyses de cycle de vie pour les éléments de structure étant de 100 ans, c'est cette durée qui est donc prise pour le bâtiment.

MODÉLISATION

Aujourd'hui de très nombreux produits et systèmes constructifs bénéficient de FDES (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire) répertoriées dans les bases de données publiques INIES gérées par le CSTB. Ces données ont servi de source au logiciel Team Bâtiment (Ecobilan) ayant permis la modélisation environnementale des deux versions du bâtiment.

REVUE CRITIQUE

Devant servir de support à des actions de communication et conformément à la norme ISO 14044, cette étude a fait l'objet d'une « revue critique ».



Cette revue critique, qui a duré près de 5 mois, a été effectuée par un comité d'experts regroupant des compétences dans le domaine des ACV, des matériaux et de l'environnement. À l'issue de cette revue critique, le comité d'experts a rédigé un

rapport exprimant leur appréciation générale sur cette étude en particulier sur ses caractéristiques principales.

SEUIL D'INDIFFÉRENCE

Un point clé de cette étude est la prise en compte de l'incertitude de la précision des données collectées. Il a donc été décidé de retenir un seuil d'indifférence de 20 % correspondant à l'incertitude des études d'ACV. ■

Le comité était composé de :

- Yannick Le Guern, de la société BIO IS, qui assure la présidence du comité ;
- Charlotte Petiot, de la société BIO IS ;
- Alexandra Lebert, du CSTB ;
- Julie Delcroix, du WWF ;
- Jean-Sébastien Thomas, de la société Arcelor Mittal ;
- Stéphane Herbin, du CTICM ;
- Michel Delort, de l'ATILH.

Pour un indicateur donné, il n'est donc pas possible d'affirmer une différence entre les cas étudiés si la différence relative est inférieure à 20 %.

Extrait du rapport des experts de la « revue critique »

Les résultats obtenus :

- ont été vérifiés au regard des principales données utilisées (métrés, besoins énergétiques du bâtiment, impacts unitaires des matériaux et des sources énergétiques) ;
- ont été confrontés à d'autres sources de données.

À l'issue de ces analyses, aucune erreur majeure n'a été décelée. L'interprétation des résultats reflète bien les limites identifiées et les conclusions sont cohérentes au regard des objectifs de l'étude.

Rapport consultable sur le site : www.infociments.fr.

Résultats de l'évaluation des impacts environnementaux

Les conclusions de l'étude QEB Bureaux n'établissent pas de différences significatives entre les bâtiments béton et acier sur l'ensemble des indicateurs et des périmètres (global et matériaux) retenus. Le comité d'experts approuve ces conclusions en jugeant « qu'il n'est pas possible de conclure sur l'avantage d'une structure sur l'autre ».

INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX CHOISIS

L'étude QEB Bureaux est une étude multicritères qui ne s'intéresse pas seulement à l'énergie consommée ou au CO₂.

Les calculs environnementaux menés par le bureau d'étude Ecobilan portent sur 11 indicateurs. Neuf sont issus de la norme XP 01-020-3 et 2 ont été rajoutés parce qu'ils font l'objet d'enjeux environnementaux majeurs (énergie primaire totale et déchets valorisés).

Cependant, dans un but de simplification de la communication, seuls 7 d'entre eux ont été sélectionnés pour une analyse détaillée*.

- 1 • Énergie primaire totale.
- 2 • Énergie non renouvelable.
- 3 • Épuisement des ressources.
- 4 • Production totale de déchets éliminés.
- 5 • Déchets valorisés.
- 6 • Changement climatique.
- 7 • Acidification atmosphérique.

Ce choix a été validé par le groupe d'experts de la revue critique :

Extrait du rapport des experts de la « revue critique »

« L'utilisation des FDES impose également le choix des indicateurs d'impact. On peut noter qu'un effort particulier a été réalisé dans l'étude afin de sélectionner les indicateurs les plus pertinents au regard des données disponibles et de leur qualité. »

L'ensemble des résultats (11 indicateurs globaux dont 7 soumis à analyses détaillées) sont présentés dans le rapport final, pour les deux ver-

Définitions des 7 indicateurs retenus pour une analyse détaillée

INDICATEUR	DÉFINITIONS
Énergie primaire totale	Représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles telles que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent, la géothermie.
Énergie non renouvelable	Représente la somme de toutes les sources d'énergies non renouvelables (gaz naturel, pétrole, charbon, nucléaire).
Épuisement des ressources	Représente la consommation de ressources naturelles non renouvelables exprimées en kg équivalent antimoine (Sb).
Production totale de déchets éliminés	Somme les quantités totales de déchets éliminés, notamment les déchets dangereux, non dangereux, inertes, radioactifs.
Déchets valorisés	Total de la production des déchets valorisables provenant des produits de construction lors du cycle de vie du bâtiment.
Changement climatique	Exprime les émissions totales des différents gaz à effet de serre (exprimées en kg équivalent CO ₂) : CO ₂ , méthane, N ₂ O notamment.
Acidification atmosphérique	Exprime les émissions totales des 6 substances possédant un potentiel d'acidification atmosphérique le plus souvent rencontrées (exprimées en kg équivalent SO ₂) : NO ₂ , NH ₃ , SO ₂ , HCl, HF et H ₃ PO ₄ .

sions béton et acier du bâtiment de bureaux défini et en fonction des paramètres suivants :

- zone climatique : H1a ou H3 ;
- équipement de chauffage : chaudière gaz à condensation ou pompe à chaleur réversible.

Pour les calculs, les postes suivants ont été pris en compte :

- éléments de gros œuvre (infrastructure/superstructure/noyau/façade) ;

- second œuvre (faux plafonds, cloisons coupe-feu et isophoniques, portes, plaques de plâtre pour la tenue au feu des poteaux, revêtements de sol) ;

- énergie d'usage correspondant au niveau BBC 2005 suivant un calcul type RT 2012 ;

- énergie d'activité partielle (bureautique).

Pour chaque indicateur, les résultats sont présentés par poste dans un tableau, d'une part pour le bâtiment complet sur 100 ans et, d'autre part, par mètre carré et par an.

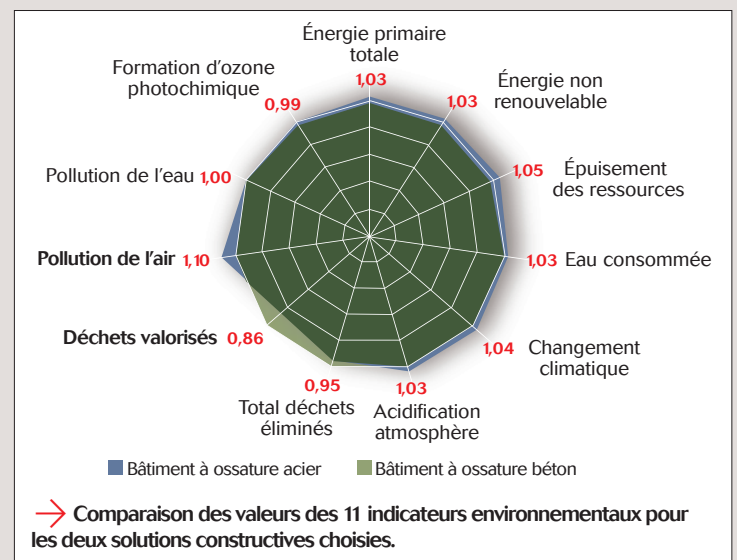
Des graphiques reprennent ces résultats par mètre carré et par an suivant deux périmètres :

- périmètre matériaux : matériaux du gros œuvre et du second œuvre ;
- périmètre global : prenant en compte l'ensemble des matériaux du gros et du second œuvre mais également les étapes de la vie en œuvre (énergie d'usage et énergie d'activité).

PRÉSENTATION GLOBALE DES RÉSULTATS

Les résultats pour les 11 indicateurs sont présentés sous forme de radar pour le périmètre global.

Cette présentation prend le bâtiment à ossature béton comme référence (ce qui donne la valeur 1 pour chaque indicateur). En comparaison, les indicateurs du bâtiment à ossa-



ture acier sont représentés proportionnellement à ceux du béton.

Attention aux indicateurs pollution de l'eau, pollution de l'air, eau consommée et ozone photochimique qui ont été jugés moins pertinents dans le cadre de cette étude.

Bien que l'impact environnemental d'un bâtiment à ossature béton soit plus faible pour 7 indicateurs sur 11, il apparaît clairement que les écarts entre les deux solutions étudiées sont compris entre 0 et 14 %.

Compte tenu du seuil d'indifférence de 20 % pris pour cette étude, on peut en conclure qu'il n'y a pas de différences d'impacts environnementaux significatifs entre le bâtiment à ossature béton et le bâtiment à ossature métallique.

Cette conclusion générale a été approuvée par l'ensemble des experts ayant participé à la revue critique.

Extrait du rapport des experts de la « revue critique »

« Le comité approuve les conclusions de l'étude à savoir qu'il n'est pas possible de conclure sur l'avantage d'un bâtiment à structure acier ou à structure béton pour l'ensemble des indicateurs retenus. »

Zoom sur 2 indicateurs particuliers

L'ÉNERGIE PRIMAIRE TOTALE (EPT)

L'énergie primaire totale est un indicateur fondamental dans l'analyse du cycle de vie d'un bâtiment.

Il représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles telles que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent et la géothermie. Pour le calculer, on comptabilise l'énergie consommée pour fabriquer, entretenir et déconstruire le bâtiment, c'est l'énergie de fabrica-

tion du gros œuvre et du second œuvre. On ajoute à ce premier poste l'énergie consommée pour chauffer, refroidir, éclairer et ventiler le bâtiment pendant sa durée de vie, c'est l'énergie d'usage conventionnel. Enfin on comptabilise l'énergie d'activité spécifique au bâtiment, c'est-à-dire, pour un bureau, l'énergie consommée par l'ensemble des équipements informatiques.

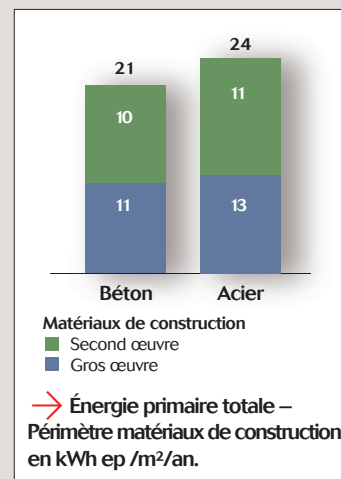
La somme de ces trois postes donne l'énergie primaire totale consommée par le bâtiment pendant toute sa durée de vie (DVT = 100 ans).

Cette donnée est exprimée en : kWh ep /m² shon.an.

■ Énergie primaire totale – Périmètre matériaux

Cette comptabilisation ne concerne que la construction, entretien et déconstruction des deux versions du bâtiment type étudié.

Pour ce périmètre (gros œuvre et second œuvre), le bâtiment à ossature acier présente une consommation d'énergie primaire totale supé-



rieure de 13 % à celle du bâtiment à ossature béton (+ 20,6 % pour le gros œuvre et + 5,8 % pour le second œuvre).

Cependant, au regard du seuil de signification de 20 %, cette différence ne peut être considérée comme significative.

■ Énergie primaire totale – Périmètre global

Cette comptabilisation concerne le bâtiment dans sa globalité et prend

Interview

FLORENT DUBOIS, *Ecobilan*

L'étude QEB Bureaux est une mise en perspective environnementale sur un cycle complet

Vous avez réalisé l'étude sur les impacts environnementaux dans le cadre de QEB Bureaux. Avez-vous été surpris par les résultats ?

Sur tous les indicateurs, nous avons des résultats quasi identiques, en particulier concernant l'impact sur le changement climatique. En la matière, le béton partait pourtant avec une position plus défavorable *a priori*. Nous avons donc été surpris de parvenir à des résultats équivalents sur cet impact précis entre l'acier et le béton.

En quoi cette étude vous paraît-elle novatrice ?

La chose intéressante est qu'il y a une mise en perspective sur le cycle complet. L'étude QEB Bureaux mène l'analyse jusqu'à la revue critique. Nous étions une dizaine réunis autour de la table avec les représentants de la filière acier et de la filière béton, une ONG et des experts de cycles de vie.

Cela a permis d'aborder les différents points métier mais aussi de discuter de l'approche méthodologique pour la rendre encore plus pertinente par rapport à la question de la construction. Dans la démarche, c'est assez innovant.

Avez-vous rencontré des difficultés particulières pour établir vos conclusions ?

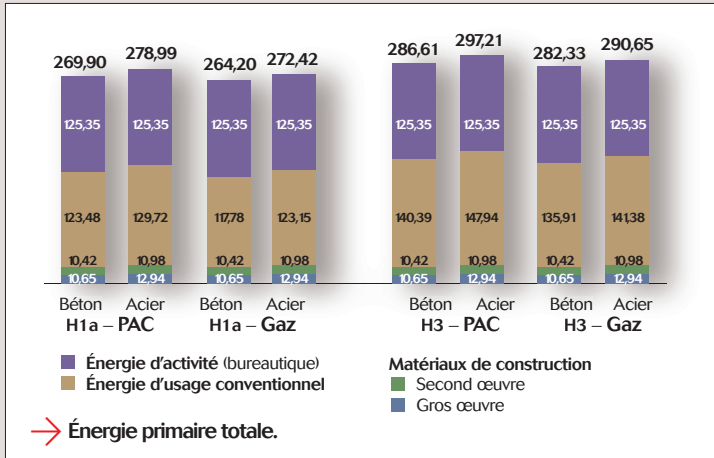
Les résultats étaient proches, au point que nous n'avons pas pu statuer sur une différence significative. Ce qui pose d'autres questions sur la qualité des données d'origine que nous cherchons à renforcer auprès de chaque filière en travaillant en continu avec elles. Mais aussi en travaillant sur la cohérence de données entre tous les praticiens de l'évaluation des impacts environnementaux.

Comment situez-vous la démarche QEB Bureaux dans

le contexte actuel (HQE Performance, Elodie, TEAM™ Bâtiment...)? En quoi cette démarche peut-elle aider les professionnels de la construction ?

L'étude QEB Bureaux va dans le bon sens en ce qu'elle permet d'apporter de l'information quantifiée sur les impacts environnementaux pour *in fine* aller vers de l'étiquetage environnemental des bâtiments. L'avenir me semble d'ailleurs de faire converger les différentes méthodologies mises en œuvre dans les différents projets afin d'arriver à des résultats comparables. ■

Propos recueillis par Pierre Pinelli



en compte outre l'énergie « matériaux », les énergies d'usage conventionnel et d'activité.

Pour ce périmètre global, le bâtiment à ossature acier présente une consommation d'énergie primaire totale supérieure de 4 % à celle du bâtiment à ossature béton pour un équipement pompe à chaleur et une même zone climatique et 3 % pour un équipement gaz.

Là aussi, au regard du seuil de signification de 20 %, cette différence ne peut être considérée comme significative.

L'énergie d'usage représente en moyenne 47 % du périmètre global total et l'énergie d'activité 45 %. Les matériaux de construction (gros œuvre et second œuvre) ne représentent en moyenne que 8 % de l'EPT (respectivement 4 % pour le gros œuvre et 4 % pour le second œuvre).

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE (CO₂)

L'indicateur Changement climatique est un des piliers de l'analyse du cycle de vie d'un bâtiment.

Il comptabilise les émissions totales des différents gaz à effet de serre, CO₂, méthane et N₂O notamment, exprimées en kg équivalent CO₂. Ces émissions sont, comme chacun le sait, largement responsables du changement climatique que subit notre planète.

Cette donnée est exprimée en kg eq. CO₂/m² SHON.an.

■ Changement climatique – Périmètre matériaux

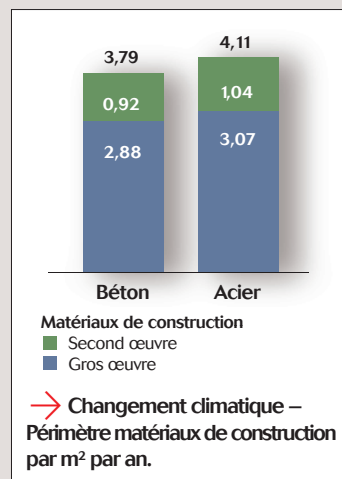
Cette comptabilisation ne concerne que la construction, entretien et déconstruction des deux versions du bâtiment type étudié.

Pour ce périmètre (gros œuvre et second œuvre), le bâtiment à ossature acier présente un indicateur changement climatique supérieur de 8 % à celui du bâtiment à ossature béton (+ 6,6 % pour le gros œuvre et + 11,1 % pour le second œuvre).

Comme précédemment évoqué, au regard du seuil de signification de 20 %, cette différence ne peut être considérée comme significative.

■ Changement climatique – Périmètre global

Cette comptabilisation concerne uniquement le bâtiment dans sa globalité. Elle prend en compte en outre l'impact CO₂ de l'énergie « matériaux » et celui des énergies d'usage conventionnel et d'activité.



Interview

BERNARD SESOLIS, Tribu Energie

Le béton, grâce à son inertie, a un avantage certain

Les résultats de l'étude

QEB Bureaux ont-ils été une surprise pour vous ?

Sur les performances énergétiques, les deux solutions permettent d'atteindre les niveaux requis par la réglementation RT 2012. Il n'y a pas de particularité notable mis à part qu'il faut traiter les ponts thermiques d'une façon différente selon le système constructif. Donc du point de vue du thermicien en ce qui concerne les performances énergétiques, il n'y a pas de souci particulier. En ce qui concerne l'évitement de la climatisation, le béton, grâce à son inertie thermique, possède un avantage

certain sur l'acier et a dans ce cadre-là, rend possible d'envisager des immeubles de bureaux sans système de climatisation. Pour l'acier, cela paraît beaucoup plus délicat. Là où j'ai été surpris, c'est moins comme thermicien qu'au regard des ACV. Le béton possède de l'avance sur le métal.

En quoi cette démarche QEB Bureaux peut-elle aider les professionnels de la construction ?

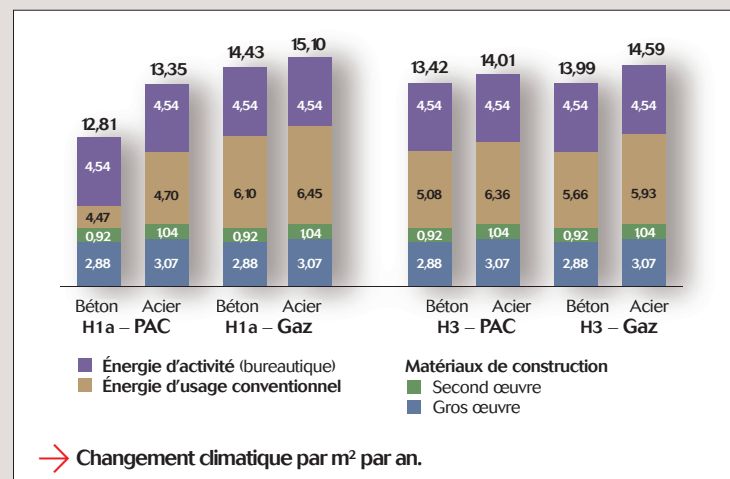
La diffusion de cette étude permettra de remettre un peu les compteurs à zéro sur le sujet des impacts environnementaux du béton. ■

Propos recueillis par Pierre Pinelli

Pour ce périmètre global, le bâtiment à ossature acier présente une émission de gaz à effet de serre totale supérieure de 4 % à celle du bâtiment à ossature béton pour un équipement pompe à chaleur ou gaz et une même zone climatique.

Là aussi, au regard du seuil de signification de 20 %, cette différence ne peut être considérée comme signifi-

cative. L'énergie d'usage représente en moyenne 39 % du périmètre global total d'émission des gaz à effet de serre. L'énergie d'activité 32 % et les matériaux de construction (gros œuvre et second œuvre) ne représentent en moyenne que 29 % des émissions de gaz à effet de serre (respectivement 21 % pour le gros œuvre et 8 % pour le second œuvre). ■



Une étude qui permet enfin d'avoir les idées claires !

QEB Bureaux est la première étude multicritères sur ce type de bâtiment ayant fait l'objet d'une revue critique (norme ISO 14044). Elle donne aux professionnels un ensemble d'éléments précis et chiffrés permettant d'avoir une vision claire sur la trace environnementale de ces constructions.

Avant que l'étude QEB Bureaux ne soit menée, plusieurs présupposés, ne reposant sur aucune analyse rigoureuse, venaient polluer les démarches de comparaisons environnementales entreprises par de nombreux maîtres d'ouvrage.

QUELLES CONCLUSIONS PEUT-ON TIRER DE CETTE ÉTUDE ?

■ L'impact environnemental d'un bâtiment de bureaux à ossature en béton est plus faible que celui d'un bâtiment identique à structure en acier (7 indicateurs sur 11 sont en effet favorables à la solution béton en particulier pour la consommation d'énergie primaire et l'émission de gaz à effet de serre).

Cependant ces valeurs étant toutes inférieures au seuil d'indifférence retenu pour cette étude (20 %), il n'est pas possible d'en conclure qu'une structure, d'un point de vue environnemental, est plus performante qu'une autre !

C'est ce que souligne le comité d'experts de la revue critique dans son rapport final.

Extrait du rapport des experts de la « revue critique »

Le comité approuve les conclusions de l'étude, à savoir qu'il n'est pas possible de conclure sur l'avantage d'un bâtiment à structure acier ou à structure béton pour l'ensemble des indicateurs retenus.

■ Pour un cycle de vie complet, sauf pour l'indicateur déchets, le gros œuvre ne représente qu'une faible part des impacts environnementaux.

Interview

YANNICK LEGUERN, *Bio Intelligence service*

La revue critique renforce la crédibilité de l'étude

Vous avez présidé le comité de « revue critique » de l'étude QEB Bureaux.

En quoi consiste-t-il exactement et quel est son rôle précis ?

Le panel critique regroupe un représentant des experts de chaque filière concernée par l'étude, en l'occurrence béton et acier, ajoutés à d'autres experts neutres par rapport à ces filières. La revue critique elle-même est une exigence normative qui vise à renforcer la crédibilité de l'étude. Avant de communiquer les résultats comparatifs d'une analyse du cycle de vie, ceux-ci sont soumis au panel d'experts qui vont les commenter et poser une batterie de questions. Charge aux auteurs et aux commanditaires de répondre noir sur blanc et de modifier les points de l'étude qui est ensuite resoumise au panel pour vérification. Il s'agit ainsi de s'assurer que le

travail a été effectué conformément aux normes pour la qualité environnementale des bâtiments. Et que, par ailleurs, les données et les hypothèses sont plausibles afin que les résultats reposent sur des scénarios qui soient les plus représentatifs et réalistes possibles. Nos conclusions et notre avis sont annexés au rapport d'étude.

Le panel critique a-t-il bien fonctionné ?

Chacun a parfaitement joué son rôle en tentant d'identifier quels étaient les limites et les leviers d'amélioration de cette étude qui s'appuie sur un certain nombre de données et d'hypothèses. Il y a eu des débats directs entre experts de la construction autour des éléments discutables. Malgré tout, chacun s'est attaché à trouver le compromis qu'il jugeait souhaitable pour adapter et modifier l'étude afin qu'elle soit

satisfaisante aux yeux de tous. Il y a différents moyens de concevoir une structure en acier ou en béton, et, de fait, le dialogue a été assez ouvert sur l'ensemble de ces sujets mais avec la volonté d'un côté comme de l'autre d'aboutir à un scénario réaliste convenant à tous.

Avez-vous cependant des suggestions pour améliorer ce type de démarche ?

Le processus de revue critique fonctionne en général bien. Un moyen d'améliorer la réalisation de l'étude serait que la revue critique se fasse au fur et à mesure de l'étude afin d'éviter que certains choix ne soient débattus qu'une fois le rapport rédigé. Ce serait moins contraignant pour le commanditaire en particulier, dans la mesure où nous l'obligeons à des réajustements conséquents. ■

Propos recueillis par Pierre Pinelli

En effet, le gros œuvre ne pèse pour l'énergie primaire totale que 4 % des consommations calculées et 20 % des émissions de gaz à effet de serre !

Les consommations engagées lors de la vie en œuvre (chauffage, éclairage, refroidissement, informatique, etc.) restent prépondérantes (plus de

80 %) et doivent donc être surveillées en priorité.

■ Afin de renforcer la robustesse de ces conclusions, un certain nombre d'analyses complémentaires portant sur la durée de vie, l'optimisation des structures, etc., ont été engagées. Aucune ne vient contre-

dire les enseignements antérieurs. Comme la précédente étude QEB Logements menée par Cimbéton, les résultats de QEB Bureaux montrent bien qu'en matière d'économie d'énergie et d'éco-conception chaque matériau a un rôle à jouer et que le béton sait tenir son rang ! ■

Et si on allait plus loin ?

L'étude QEB Bureaux met en évidence l'importance de l'énergie d'usage conventionnelle. Pour diminuer encore l'énergie consommée, en se passant, par exemple, de climatisation, des modifications du bâti et l'installation d'équipements complémentaires doivent être entrepris.

L'étude QEB Bureaux compare deux versions du même bâtiment, à ossature béton et à ossature acier, configurées pour répondre aux exigences de la Réglementation thermique 2012.

Il a été mis en évidence l'importance de l'énergie d'usage conventionnelle, c'est-à-dire de l'énergie consommée pour chauffer, refroidir, éclairer et ventiler ces bâtiments tout au long de leur durée de vie.

La surveillance stricte de ces postes s'impose donc !

Mais serait-il possible, pour diminuer encore l'énergie consommée, d'explorer d'autres voies comme, par exemple, de ne plus climatiser ces bâtiments tout en conservant un bon niveau de confort en été (la climatisation étant un poste très énergivore) ?

Si cela ne semble pas possible (de façon standard) en zone méditerranéenne (H3), peut-on l'envisager en zone région parisienne (H1a) ?

C'est cette hypothèse qui a été explorée, à la demande de Cimbéton, par le bureau d'étude **Tribu Energie**. Pour cette étude, le critère de confort d'été retenu est celui utilisé dans la **certification HQE (Certivéa)** : « Référentiel HQE décembre 2008 plus note d'interprétation n° 18 version du 9 novembre 2010 » :

Pour atteindre ces objectifs, des modifications du bâti et l'installation d'équipements complémentaires doivent être réalisés :

- tout d'abord la suppression des planchers techniques qui permet en augmentant les surfaces de parois lourdes de faire passer la **classe d'inertie** du bâtiment à ossature béton de moyenne à **lourde** et celle du bâtiment à structure acier de très légère à **moyenne** ;

Dans les locaux sans mouvement d'air, la température résultante dans les espaces à occupation prolongée ne dépasse pas 28 °C plus de 50 h (niveau performant), plus de 30 h (niveau très performant) dans l'année pour la zone H1a.

- on ajoute une **surventilation nocturne** efficace ;

- on équipe les deux bâtiments de **stores extérieurs** performants.

En plus de ces aménagements, une simulation sur **deux types de vitrages** du mur-rideau a été menée : un vitrage **correspondant à la définition** retenue pour l'étude environnementale (vitrage 1), l'autre permettant de diminuer le facteur solaire et donc les apports solaires pendant l'été (vitrage 2).

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tout d'abord les bâtiments équipés du vitrage 2, bien que permettant de bien réguler la température d'été, ne répondent pas (dans la configuration choisie) aux exigences de la RT 2012, le Bbio n'étant pas atteint.

En revanche, le bâtiment à ossature béton équipé du vitrage 1 répond aux critères de la RT 2012 et atteint le niveau « performant » du confort

Interview

RENÉ GAMBA, *Gamba Acoustique et Associés*

Immeuble de bureaux à Labège (31)

Vous avez construit un immeuble de bureaux à énergie positive à Labège en Haute-Garonne. Il est notamment dépourvu de climatisation et rafraîchi par ventilation naturelle. Est-ce un modèle généralisable ?

Je le pense dans la mesure où c'est l'assemblage de choses qui existent. On peut faire de l'inertie dans la plupart des bâtiments. Le béton répond d'ailleurs très bien à la forte inertie souhaitée. La géothermie, pour le plancher chauffant-rafraîchissant, est possible à peu près partout. Pour ce qui est de la ventilation double flux, elle est

maintenant largement disponible en catalogue. Et pour la ventilation naturelle nocturne (en été), nous nous aidons de fenestrons automatiques. On peut donc tout à fait envisager ce modèle partout en France, à condition qu'une étude approfondie des aspects thermiques et énergétiques soit réalisée. Cela nécessite une approche fine du bâtiment et de son environnement, une prise en compte réelle de l'utilisateur, et, bien entendu, le respect des préconisations, ce qui sous-entend que tout le monde joue la même partition. ■

Propos recueillis par Pierre Pinelli

d'été du référentiel HQE (41 h seulement > à 28 °C). Ceci apporte la démonstration **qu'il est possible, avec de l'inertie, et dans une configuration classique, de construire sans climatisation.**

Dans ces mêmes conditions, le bâtiment acier ne parvient pas à atteindre ce niveau (145 h > à 28 °C). Ce niveau « base » ne permettant pas d'obtenir la certification HQE (Certivéa). ■

Solutions	Climatisation	Bâtiment non climatisé			
	Zone climatique	H1a			
	Typologie du bâtiment	Tout béton		Tout acier	
	Type de vitrage	Vitrage n° 1 SR132	Vitrage n° 2 SS332	Vitrage n° 1 SR132	Vitrage n° 2 SS332
Exigence BBC RT2005 Cep	Ok			Ok	
Exigence RT 2012 Bbio	Ok			Ok	
Exigence RT 2012 Cep	Ok	Ok		Ok	Ok
Exigence RT 2012 Tic	Ok	Ok		Ok	Ok
Confort d'été référentiel HQE	Performant	Très performant		Base	Base