



**Une démarche d'évaluation des potentialités de réduction des surinvestissements par les effets d'apprentissage : l'exemple des bâtiments à basse consommation**



**Rapport pour la Direction Habitat, Urbanisme, Patrimoine  
Convention : Y08.15-0000202  
Action 32**



**septembre 2010**

CATARINA Orlando, COLOMBARD-PROUT Marc, LAURENCEAU Sylvain



## Table des matières

<b>INTRODUCTION</b>	<b>5</b>
<b>PREAMBULE : APPROCHE METHODOLOGIQUE</b>	<b>8</b>
<b>1. RETOUR D'EXPERIENCE ET EFFET D'APPRENTISSAGE</b>	<b>11</b>
1.1 LA NECESSITE D'UNE PHASE DE CONCEPTION PLUS LONGUE ET D'UN TRAVAIL EN INGENIERIE CONCOURANTE : DU GLOBAL AU POINT SINGULIER.	13
1.2 LE NOUVEL ENJEU DES TESTS D'ETANCHEITE A L'AIR DANS LA CONDUITE ET LE CONTROLE QUALITE DES OPERATIONS	15
1.3 UNE FORTE IMPLICATION DES ENTREPRISES DANS LA GESTION DE LA QUALITE AU TRAVERS D'ACTIONNEMENTS DE FORMATION DES EQUIPES DE TERRAIN	16
L'attention aux dispositifs et dispositions de stockage et de manutention sur site.	18
1.4 L'INTERNALISATION DE NOUVELLES COMPETENCES POUR LA REALISATION DES TESTS D'ETANCHEITE A L'AIR.	18
1.5 LA MISE EN PLACE DE D'EMARCHES INTERBAILLEURS FAVORISANT L'ECHANGE DES BONNES PRATIQUES ACCELERE LES PROCESSUS D'APPRENTISSAGE	20
Le Cluster Eco-Habitat de Poitou-Charentes et la démarche de conception accompagnée.	20
La stratégie inter-bailleurs en Poitou Charente	22
La dynamique collective dans le Nord Pas de Calais	24
Le dispositif Qualité Environnementale des Bâtiments dans le logement social en Rhône Alpes.	25
1.6 ENSEIGNEMENTS TIRES PAR LES MAITRES D'OUVRAGE DES CAS ETUDIES PAR LE CSTB	28
1.7 DES EFFETS D'INITIATION DANS L'ATTENTE D'EFFETS D'APPRENTISSAGE	32
<b>2. ANALYSE DES COUTS DES TRAVAUX DE DEUX INITIATIVES REGIONALES</b>	<b>34</b>
2.1 PREMIERS ENSEIGNEMENTS DE L'APPEL A PROJETS BBC ADEME IDF	34
2.2 LES PREMIERS RESULTATS DU DISPOSITIF QEB EN RHONE ALPES	40
2.2.1 - Présentation technique des opérations	41
2.2.2 - Analyse des caractéristiques économique des opérations	45
2.2.3 - Estimation de la rentabilité des projets BBC	52
<b>3. ANALYSE DE LA MACROSTRUCTURE DES COUTS DES CAS CSTB</b>	<b>55</b>
3.1 LE LOGEMENT COLLECTIF	55
3.1.1 - Caractéristiques techniques des opérations	55
3.1.2 - Caractéristiques économiques des opérations	57
3.2 LE LOGEMENT INDIVIDUEL GROUPE	61
3.3 LE TERTIAIRE	63

---

#### SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



3.3.1	- Caractéristiques techniques des opérations	64
3.3.2	- Analyse de la macrostructure des coûts	68
3.3.3	- Analyse du surinvestissement des premiers BEPOS tertiaires	69
3.3.4	- Conclusion	72
<b>GLOSSAIRE</b>		<b>81</b>
<b>ANNEXES</b>		<b>85</b>
<b>ANNEXE 1 : documents de travail</b>		<b>86</b>

### Liste des tableaux

Tableau 1:Présentation technique des opérations QEB Rhône Alpes .....	42
Tableau 2: présentation économique des opérations QEB Rhône Alpes .....	46
Tableau 3 : Temps de retour sur investissement estimé des opérations (ans) ..	53
Tableau 4: Caractéristiques techniques des opérations de logement social (cas CSTB).....	55
Tableau 5: répartition des coûts des logements collectifs (cas CSTB).....	57
Tableau 6: répartition du surinvestissement des logements collectifs (cas CSTB) .....	58
Tableau 7: Présentation technique des logements individuels groupés .....	61
Tableau 8: Détail du surinvestissement des logements individuels groupés.....	61
Tableau 9: Descriptif technique des opérations tertiaires.....	64
Tableau 10: Structure des coûts des opérations tertiaires (y compris VRD pour Gamba acoustique) .....	68
Tableau 11: Structure du surinvestissement pour les opérations tertiaires .....	69
Tableau 12: Dépenses totales (euros HT) pour le bâtiment GAMBA acoustique .	71

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## INTRODUCTION

Le CSTB a été commissionné par la DHUP pour étudier les potentialités de réduction du surinvestissement des bâtiments à basse consommation par les effets d'apprentissage. En effet, si le surinvestissement d'un bâtiment basse consommation était en France en 2008 d'au moins 15% du coût des travaux, ce surinvestissement ne s'élevait qu'à 5% du coût des travaux dans les pays qui avaient déjà plusieurs années d'expérience de la démarche BBC, comme l'Autriche.

L'objectif initial était donc de se baser sur une étude de cas réalisés à des périodes différentes pour analyser la structure du surinvestissement, identifier les effets d'apprentissage et dégager les « bonnes pratiques » techniques et organisationnelles mises en place pour réduire ce surinvestissement.

Le champ de l'étude devait couvrir à la fois les logements et le tertiaire. Cette analyse des effets d'apprentissage basée sur des études de cas repose sur un panel de 18 opérations de logements collectifs, dont 3 bâtiments réalisés avant mi 2009 et 15 réalisés entre le deuxième trimestre 2010 et 2011, une opération de logements individuels groupés et 6 bâtiments tertiaires réalisés ou en chantier.

La forte communication des premières opérations BBC, et les échanges entre Maîtres d'ouvrages du logement collectif social (Chapitre 1), facilité par une culture ancienne de partage d'expériences et d'information et une relative non concurrence entre les organismes, a permis aux opérations suivantes d'être mieux programmées et dimensionnées. Un processus d'amélioration des choix techniques de la maîtrise d'ouvrage avec la maîtrise d'œuvre a permis une meilleure sélection des systèmes techniques, réduisant leur part dans le surinvestissement qui est passé de 120 à 55 euros HT/m<sup>2</sup> SU entre la première et la deuxième vague d'opérations, soit une baisse de plus de 50%..

Devant la nouveauté de la démarche BBC et le faible nombre de bâtiments déjà réalisés nous avons décidé de ne pas étudier le logement résidentiel individuel et le tertiaire public, trop disparates et ayant souvent un prix prohibitif par leur volonté d'exemplarité ou leur commande par des propriétaires individuels souvent aisés.

L'étude se concentre donc sur le logement collectif social et le tertiaire privé afin de rendre l'échantillon plus homogène et de mettre en évidence des solutions reproductibles car l'argument financier et la recherche de l'optimisation a un poids important pour ces maîtres d'ouvrages.

Cette nouveauté de la démarche BBC nous a empêché de mettre en évidence des effets d'apprentissage dans le tertiaire privé car aussi bien les maîtres d'ouvrage que les maîtres d'œuvre ou les entreprises en étaient tous à leur première ou deuxième opération. Par ailleurs les maîtres d'ouvrages privés ont plus de

---

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



réticences au partage d'informations sur les choix techniques, les coûts et surinvestissements consentis.

Le plus grand nombre d'opérations BBC dans le logement social collectif et une circulation d'information plus facile entre acteurs nous ont permis d'identifier deux vagues d'opérations aux surinvestissements bien différenciés. La première vague est composée des opérations étudiées par le CSTB qui étaient toutes livrées fin 2009 alors que la deuxième vague est composée des opérations du programme QEB Rhône Alpes dont la livraison est généralement prévue pour 2010-2011.

Afin de comparer les opérations entre elles et aux vues des informations obtenues nous avons opté pour une analyse par m<sup>2</sup> de surface utile pour le logement et par m<sup>2</sup> SHON pour le tertiaire. De plus, nous nous sommes focalisés sur la macrostructure des coûts à la fois pour pouvoir confronter les opérations entre elles indépendamment des procédés constructifs mais aussi car le détail de la structure des coûts de certaines opérations CSTB nous est parvenu trop tard pour pouvoir être incluse dans l'analyse.

Ainsi, après avoir fait le point sur le retour d'expérience et les effets d'apprentissages, nous analyserons les opérations soutenues par deux initiatives régionales, à savoir le premier appel à projet ADEME Ile-de-France et le dispositif QEB en Rhône Alpes, pour ensuite faire le point sur les opérations CSTB tertiaire, de logements collectifs et de logements individuels groupés.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## Remerciements :

Nous tenons à remercier la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages pour le financement de cette étude ainsi que les maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres et entreprises qui ont bénévolement accepté d'y participer et qui ont pris le temps de partager leurs connaissances et leurs expériences sans langue de bois. Nous tenons à remercier tout particulièrement

- Jean-luc CHARRIER, de la société HLM « Le Toit Vosgien » pour le retour d'expérience sur deux opérations livrées.
- Jean-Denis MEGE, de la société HLM « Le Foyer Rémois » pour le partage d'informations sur l'opération La Clairière.
- Le bureau d'études acoustique Gamba Acoustique.
- Jérôme CHARDON et Emmanuelle BRISSON, du cabinet de consultants AKOE, pour la fourniture de cas d'études.
- L'OPAC 38, pour la communication faite sur 2 de leurs opérations.
- Le promoteur privé URBIPARC pour la divulgation d'information sur deux de leurs opérations.
- Roland BELLEVRAT, de l'OPAC Saône et Loire pour ses renseignements concernant une opération de rénovation basse consommation en Bourgogne.
- Philippe VIGNEU, architecte, pour son éclairage sur la conception et la phase chantier du bâtiment de Gamba Acoustique.
- Florence CINOTTI et Perrine HARDY, du bureau d'études Alto Ingénierie, pour les informations concernant le bâtiment Alto'Sphère.
- Aurélie TRICOIRE, du CSTB, pour son éclairage sociologique et ses commentaires pertinents sur la conception, la construction et la gestion d'un bâtiment basse consommation.
- Nicolas LOUSTALE, d'Agema Construction, pour son point de vue de constructeur de maisons individuelles.
- Gilles ROCHETTE, architecte, et Christelle BERTHOLLON, de SACOVIV, pour leurs informations sur le bâtiment AC04 à Vénissieux.
- Péroline MILLET et Arnaud LECOURIEUX, du SIZIAF, pour leurs renseignements sur le bâtiment d'accueil d'entreprises en Flandres-Artois.
- Dominique BLAUBLOMME, du groupe CMH, pour ses indications sur le logement social BBC à Tourcoing.
- Pierre ALEXANDRE, de La Foncière Photovoltaïque, pour ses commentaires sur les coûts et l'entretien du photovoltaïque en France.
- Camille LECLERCQ, du Grand Lyon Habitat, pour ses informations sur la rénovation BBC d'un immeuble à Lyon.
- Delphine LEPEIX et Yannick FARAGOU, du promoteur MONNE DECROIX, pour ses renseignements concernant leurs opérations BBC en cours.
- Edouard OGIER, architecte, pour son éclairage sur l'élaboration et la conduite d'un projet BBC.

---

### SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





## **PREAMBULE : APPROCHE METHODOLOGIQUE**

Les objectifs ambitieux de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre affichés par le Grenelle de l'Environnement tirent incontestablement l'ensemble de la filière de la construction vers l'innovation. Le secteur connaît d'ailleurs probablement sa plus profonde mutation depuis l'après-guerre. Plusieurs études mettent déjà en évidence comment les BBC et les BEPOS mixent de nouvelles technologies avec des solutions traditionnelles pour atteindre les cibles d'efficacité énergétique et environnementale. Rares sont celles qui analysent les projets BBC ou BEPOS avec une approche globale en articulant la dimension technique aux enjeux socio-économiques de l'opération.

Pourtant, en matière d'immobilier, il convient de garder l'humain au centre des préoccupations. C'est en effet un maître d'ouvrage qui va financer l'opération et la recherche de performance ne peut être en contradiction

- ni avec l'économie et le financement du projet,
- ni avec la capacité des acteurs à mettre en œuvre et à exploiter les solutions, d'où la nécessité de questionner également l'innovation de service et les effets d'apprentissage des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises.

L'objet de l'étude est donc d'analyser le surinvestissement constaté sur quelques opérations BBC, Passivhaus et BEPOS et d'expliquer comment il se répartit dans le coût initial. Il s'agit de souligner les convergences et les singularités des choix et d'expliquer comment les maîtres d'ouvrages font évoluer leurs pratiques pour maîtriser les délais et l'enveloppe financière des futurs projets.

La lutte contre le réchauffement climatique et les économies d'énergie dans le bâtiment sont deux objectifs qui se rejoignent. Avec le risque d'augmentation des prix de l'énergie, les approches en coût global gagnent donc en pertinence. Ces démarches sont souvent associées à la notion de surinvestissement.

Le surinvestissement exprime l'écart qui peut exister entre le coût initial d'une construction satisfaisant le niveau réglementaire et le coût initial d'un bâtiment BBC ou BEPOS. Le surinvestissement correspond donc à l'effort initial supplémentaire assumé par le maître d'ouvrage pour financer une opération plus performante que le niveau imposé par la réglementation en vigueur ou par ses standards de construction. Ce surinvestissement s'amortit donc sur le cycle de vie du bâtiment car il rencontre une contrepartie qui peut se traduire de différentes façons :

- une baisse des charges d'exploitation (énergie, maintenance, fiscalité, assurance,...),

---

### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





- des recettes de fonctionnement supplémentaires (surloyer, vente d'énergie renouvelable,...),
- une valeur d'usage plus élevée (confort, image, qualité sanitaire, qualité architecturale,...),
- une pérennité améliorée des performances (durée de vie des systèmes, adaptabilité des espaces,...),
- une valeur patrimoniale plus élevée (valeur vénale, valeur de remplacement,...),

Quand cette contrepartie est monétisable, on pourra alors exprimer le surinvestissement par un temps de retour sur investissement. Cet indicateur permet d'estimer la période d'amortissement des investissements nécessaires pour compenser l'effort initial supplémentaire. Exprimé en années, ce temps de retour représente le délai écoulé entre l'investissement initial et la date à laquelle le cumul des économies nettes équilibre le surinvestissement. Il peut s'exprimer à la fois sur la globalité d'une opération ou sur des systèmes ou composants spécifiques du bâtiment.

Les surinvestissements dont il sera question dans l'étude se limitent à ceux qui visent une efficacité énergétique plus élevée que la RT 2005.

Cet écart se constate pour les différents postes du coût initial :

- Les études préopérationnelles,
- Les honoraires de maîtrise d'œuvre,
- Les travaux d'adaptation au sol, de desserte ou de construction,
- La conduite du chantier,
- La réception de l'opération.

Dans le langage courant des professionnels de l'immobilier, surinvestissement est souvent synonyme de surcoût. Pourtant, le surcoût n'a pas de contrepartie comme le surinvestissement. Il est le résultat d'un dépassement de budget par rapport à un coût d'objectif mal ou sous-estimé ou d'une dérive des coûts, phénomène assez courant subi par les maîtres d'ouvrages quand ils doivent mobiliser plus de ressources financières sans obtenir d'avantages complémentaires. Ce terme revêt donc une connotation négative qui illustre la difficulté à faire émerger les approches en coût global ou en économie globale.

La construction durable suppose la mobilisation d'une expertise avertie, basée sur le retour d'expérience et sur une bonne connaissance de l'état de l'art. En effet, la recherche de l'amélioration continue de la conception de tout ouvrage ne

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



peut se concevoir sans observation ni capitalisation des résultats. Le retour d'expérience et l'échange deviennent donc une nécessité dans une démarche de développement durable et de qualité, l'analyse de cas servant de base au partage des enseignements et à l'analyse des effets d'apprentissage. Même si chaque bâtiment est une aventure recommencée, construit avec ses singularités, il n'en demeure pas moins qu'il est le fruit d'une histoire, d'un contexte et d'une vision humaine. Aussi, le retour d'expérience contribue-t-il à la diffusion de l'innovation.

Une première difficulté à appréhender le surinvestissement vient de ce que le processus de conception d'un bâtiment se développe dans un système complexe car les arbitrages relèvent d'une combinaison de choix touchant à la fonctionnalité, à la faisabilité économique, mais aussi à la préférence et à l'expérience des différents acteurs. Les critères de comparaison sont donc multiples, tout à la fois objectifs et subjectifs.

Une autre difficulté à expliciter le surinvestissement vient de son effet de base. Le surinvestissement se fonde sur l'estimation d'un écart entre la solution retenue et une variante qui ne sera jamais mise en œuvre. Le chiffrage de l'option écartée n'a pas toujours été clairement établi. De plus, les solutions comparées n'offrent pas des prestations strictement équivalentes. Ainsi, un système de ventilation double flux récupère des calories mais améliore également le confort et la qualité sanitaire de l'air intérieur plus efficacement qu'une solution simple flux. C'est pourquoi, il ne peut être question d'aborder l'économie d'un projet ou de comparer des coûts d'opération sans démarche documentée suffisamment détaillée pour apprécier les nuances de chaque situation.

Initialement prévue pour couvrir les différentes familles du secteur résidentiel et non-résidentiel, cette étude a finalement écarté le logement individuel et le tertiaire public. Il s'agit de se concentrer sur le logement collectif, dans une moindre mesure l'individuel groupé, et dans le tertiaire bureaux. Ce choix rend l'échantillon plus homogène, ce qui permet de mieux mettre en évidence les solutions reproductibles et les convergences.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## 1. RETOUR D'EXPERIENCE ET EFFET D'APPRENTISSAGE

Les Bâtiments à Basse Consommation, comme tout types de bâtiments, impliquent pour révéler leurs qualités, le respect de plusieurs conditions : **une conception architecturale et technique** adéquate qui permet de définir de manière cohérente les performances de chaque ouvrage, **une sélection de produits** en rapport avec cette conception, une mise en œuvre respectueuse des conditions nécessaires à l'obtention des performances visées, **une gestion qui assure un entretien et une maintenance** adaptés aux activités hébergées et aux usages des occupants qui permet de pérenniser ces performances<sup>1</sup>.

Ce rappel n'apporte aucune nouveauté : tout projet de construction devrait prendre en compte et intégrer ces étapes clef. L'expérience montre que ces conditions sont difficiles à réunir. Les causes des cette difficulté sont identifiées :

- La conduite des phases de conception, réalisation, exploitation/entretien se déroule nécessairement sur une longue période,
- De multiples acteurs indépendants interviennent à chaque phase,
- Les contraintes économiques au cours du projet ou au cours de la vie du bâtiment peuvent conduire à remettre en cause dans une relative urgence de (bonnes) décisions initiales sans pouvoir en apprécier toutes les conséquences sur le niveau de performance des ouvrages livrés.
- La communication entre les acteurs et la coordination de leurs interventions sont perfectibles, notamment en ce qui concerne le passage et le transfert des informations entre les phases de conception-réalisation et la phase de gestion-exploitation-maintenance

Le Label BBC et la Réglementation Thermique 2012 imposent des objectifs de résultats et expriment des exigences beaucoup plus grandes sur la performance globale du bâtiment tout en donnant une plus grande liberté dans la conception des bâtiments pour atteindre des valeurs plus contraignantes<sup>2</sup>.

1) Une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti : le besoin bioclimatique ou « Bbiomax » :

<sup>1</sup> <http://www.archi.fr/MIQCP/> Guide à l'attention des maîtres d'ouvrages, pour une approche en « coût global » des constructions publiques.

<sup>2</sup> Le Grenelle de l'Environnement. Quels changements pour le bâtiment. Colloque IUT Département Génie Civil. 8 Juillet 2010. Présentation PowerPoint. Jean Christophe Visier.

- un indicateur qui rend compte de la qualité de la conception et de l'isolation du bâtiment indépendamment du système de chauffage ;
  - un indicateur qui valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, surfaces vitrées orientées au Sud) et l'isolation performante ;
  - une exigence de limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées au bâti (chauffage, refroidissement et éclairage).
- 2) Une exigence de consommation maximale : « Cmax »
- Une exigence de consommation maximale d'énergie primaire avec un objectif de valeur moyenne de 50kWh/m<sup>2</sup>/an.
  - Avec la prise en compte de cinq usages : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilateurs, pompes).
- 3) Une prise en compte du besoin de confort en été avec une exigence sur la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de cinq jours chauds.
- 4) En compléments quelques exigences de moyens :
- Le traitement des ponts thermiques et le traitement de l'étanchéité à l'air avec le test de « la porte soufflante » obligatoire dans le collectif pour vérifier et garantir la qualité de la mise en œuvre;
  - Une surface minimale de baies vitrées pour garantir le confort d'habitation et l'éclairage naturel ;
  - La généralisation des énergies renouvelables en maison individuelle pour accélérer leur développement ;
  - La mesure ou l'estimation des consommations d'énergie par usage et l'information des occupants pour favoriser un bon usage du bâtiment ;
  - Pour favoriser une qualité énergétique globale, la production locale d'énergie n'est pas prise en compte au-delà de l'autoconsommation soit 12kWhEP/m<sup>2</sup>/an, comme aujourd'hui dans le label BBC Effinergie.

Pour répondre aux défis des BBC avec un niveau d'exigence élevé mais plus de liberté dans les choix de conception, deux approches semblent incontournables et indissociables :

- **l'approche système** (holistique, voire écosystème) du bâtiment
- **l'approche intégrée du processus de construction** qui doit associer tous les acteurs, du client acheteur/utilisateur aux constructeurs (tous les

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



corps de métiers confondus) en passant par l'architecte et l'ensemble de l'équipe de maîtrise d'œuvre technique, sans oublier les industriels ou négociants et cela dès le début du projet.

En effet, la moindre modification ou changement sur le chantier comme par exemple le percement des parois isolées au plan thermique pour faire passer des réseaux oubliés n'est plus acceptable car les niveaux d'étanchéité à l'air et d'isolation seront fortement dégradés. Cette exigence du respect des choix fait à la conception et du respect méticuleux de la mise en œuvre des détails de construction est certainement l'une des plus difficiles à mettre en pratique.

### **1.1 LA NECESSITE D'UNE PHASE DE CONCEPTION PLUS LONGUE ET D'UN TRAVAIL EN INGENIERIE CONCOURANTE : DU GLOBAL AU POINT SINGULIER.**

L'obligation qui est faite à l'ensemble des professionnels de la construction d'améliorer significativement les performances énergétiques des bâtiments implique de faire un examen de toutes les pistes de combinaisons de solutions techniques possibles, des choix énergétiques adaptés au site et d'élaborer plusieurs scénarii de conception, d'en analyser les coûts et bénéfices.

Le contexte actuel est une occasion unique d'un progrès collectif permettant de transformer des concepts d'organisation déjà étudiés (Ingénierie Concourante<sup>3</sup>) en réalité quotidienne.

Les premières opérations de Bâtiments à Basse Consommation révèlent un besoin d'une phase de conception plus longue et d'une nouvelle manière de travailler en ingénierie concourante :

- Une conception bioclimatique dès l'esquisse et l'avant projet sommaire (APS) et une réflexion sur l'orientation et la compacité du ou des bâtiment(s), l'orientation des cellules et parties communes ;
- Des scénarii de conception avec des bilans thermiques pour chacun, des études de simulation thermique dynamiques et une réflexion sur les détails du projet ;
- Des études thermiques aux différentes phases de la conception couplées à des études d'ombre portées, des études solaires et sur le confort d'été, afin d'obtenir une enveloppe à isolation renforcée et de démontrer l'atteinte des performances ;

<sup>3</sup> L'ingénierie concourante dans le Bâtiment - Synthèse des travaux du Groupe de Réflexion sur le Management de Projet (GREMAP) - décembre 1996 - Rapporteurs - Sihem Ben Mahmoud Jouini - *Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique* - AMSADE, Université de Paris IX Dauphine - Christophe Midler - *Directeur de recherche CNRS* au Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

- Un travail en équipe pluridisciplinaire impliquant plus de réunions dès l'amont et aux différentes phases de la conception entre architecte, économiste, bureau d'études thermiques, bureau d'études structure béton ou bois pour valider les choix et étudier les coûts des scénarii et options.
- Des recherches auprès des fabricants sur les produits disponibles en forte et rapide évolution ;
- Bien penser le projet en amont. Certaines techniques, comme l'utilisation de panneaux bois préfabriqués nécessitent de prévoir tout le parcours des gaines et canalisations avant le début du chantier.
- Une attention particulière aux détails de construction au 1/10 pour la réalisation des ouvrages qui ont une incidence sur la performance énergétique dans les Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP) pour les points singuliers : jonction entre les menuiseries et les tableaux, les types d'accrochage de l'isolation extérieure, les passages des gaines, rupteurs de pont thermique lorsqu'il y a des balcons.
- Bien définir le rôle de chaque entreprise, en particulier pour les phases impliquant deux métiers distincts sur la même tâche, comme l'installation d'une PAC géothermique qui regroupe des géologues et des électriciens.
- Prévoir et définir les modalités d'un contrôle qualité plus systématique, rigoureux et efficace, qui ne peut se limiter à des sondages, et une supervision plus soutenue du chantier.
- Ne pas oublier les exigences classiques : étanchéité à l'eau, stabilité des structures, sécurité incendie, santé, accessibilité aux personnes à mobilité réduite, etc...
- Intégrer les exigences nouvelles sur la qualité de l'air intérieur via la ventilation et le choix des produits, ainsi que la sécurité électrique et incendie pour le photovoltaïque.

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





## 1.2 LE NOUVEL ENJEU DES TESTS D'ÉTANCHEITE A L'AIR DANS LA CONDUITE ET LE CONTROLE QUALITE DES OPERATIONS

Les bâtiments à basse consommation d'énergie nécessitent un, voire plusieurs, contrôle qualité plus élevé pour de nombreux métiers pour **s'assurer de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux**. L'isolation et l'enveloppe de la construction doivent être vérifiées aux étapes clés de la construction pour s'assurer de l'absence de ponts thermiques imprévus et qu'il n'y a pas d'interstice dans l'isolation, de porosité à l'air. Les barrières qui assurent l'étanchéité à l'air et à la vapeur doivent être vérifiées pendant qu'elles sont apparentes pour être sur qu'elles ont été mise en place correctement dès le départ et par conséquent qu'elles n'ont pas été détériorées par un autre corps d'état. De la même manière l'étanchéité à l'air doit être assurée au pourtour des chambranles ou châssis des fenêtres et portes, des sorties électriques, câbles et pénétrations de plomberie.

Le test d'étanchéité « Blower-Door » ou test de la « porte soufflante », obligatoire dans le collectif, permet de garantir la qualité d'un bâtiment à basse consommation. Pour cela, le bâtiment est soumis à une dépression ou à une surpression de 4 Pa pour le test d'étanchéité du label BBC-Effinergie ou 50 Pa pour le test du label PassiveHaus à l'aide d'une porte à ventilateur. On mesure ensuite le renouvellement d'air qui s'infiltré au travers de l'enveloppe du bâtiment. Cela permet de vérifier en cours de chantier, après la mise hors d'eau/hors d'air du bâtiment, la qualité de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, et d'éventuellement réaliser les mesures correctives nécessaires avant de réaliser les enduits ou bardages extérieurs.

Les systèmes de ventilation mécanique contrôlée à double flux (air entrant/air sortant) avec récupération de chaleur doivent être vérifiés pour que les connections des sections de gaines soient hermétiques et qu'il n'y ait pas de resserrements (rétrécissements) accidentels des sections transversales des gaines.

Les puits canadiens doivent être vérifiés pour s'assurer de leur étanchéité à l'eau et qu'ils aient une pente continue d'écoulement pour la condensation. Enfin la mise en service du bâtiment nécessite une vérification méticuleuse des systèmes de contrôle, de l'équilibrage de la ventilation et de la fourniture suffisante d'alimentation de chaleur.

Les causes de réussite ou d'échec au test de perméabilité sont liées aux défauts détectés, de produits et/ou de mise en œuvre, au niveau des fenêtres, volets roulants et portes fenêtre. Certains tests sont intervenus tardivement dans la réalisation car le référentiel EFFINERGIE n'était pas encore finalisé pour les toutes premières opérations démarrées en 2006 voire 2007.

Les maîtres d'ouvrages ont identifiés plusieurs modalités de traitement des enjeux de l'étanchéité à l'air.

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction



Les facteurs favorables à la réussite des tests sont une conception et une conduite d'opération qui intègrent très en amont les spécificités du traitement et le contrôle de la perméabilité à l'air.

Les Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) comprenant des détails au 1/10 pour les points singuliers de l'ouvrage et les travaux démarrés en 2008 avec des objectifs de performance définis dès le début sont favorables à l'obtention de bonnes performances d'étanchéité à l'air. L'implication de la maîtrise d'œuvre pendant l'exécution des travaux est importante. La réalisation de pré-test sur un logement témoin voire de prototypes de façade est un moyen d'identifier les risques d'éventuelles fuites à différentes étapes : du choix à la réception des produits, de la sensibilisation des équipes lors de la mise en œuvre, au contrôle qualité des produits par les entreprises, au suivi hebdomadaire voire quotidien de la qualité de la mise en œuvre.

Parmi les points sensibles dans le choix et la mise en œuvre on peut signaler : les menuiseries extérieures, portes d'entrée, blocs baies adaptés à l'isolation thermique par l'extérieur, les trappes d'accès aux combles ou gaines techniques, les passages de câbles. Les gaines et réseaux doivent souvent être réalisés avant les doublages pour limiter les percements. Les gaines doivent être traitées avec des bandes spéciales pour atteindre un niveau d'étanchéité classe C. Les trémies entre étages nécessitent un rebouchage spécifique par du béton ou du Siporex. Toutes les liaisons doivent être traitées en particulier le rebouchage après percement et la mise en place d'un calfeutrement après percement de l'isolation. Les équipements électriques notamment les fourreaux traversant, les prises de courant et les interrupteurs, ainsi que toutes trappes et éléments traversant les parois doivent faire l'objet d'une attention soutenue.

Dans les constructions en bois, un pare vapeur doit être mis en place et les liaisons avec des gaines ou autres réseaux doivent être traitées avec du scotch spécifique.

### **1.3 UNE FORTE IMPLICATION DES ENTREPRISES DANS LA GESTION DE LA QUALITE AU TRAVERS D' ACTIONS DE FORMATION DES EQUIPES DE TERRAIN**

**La prise en compte en amont de la gestion sur chantier de la suppression des ponts thermiques notamment pour les fondations et liaisons sol structure** : Elles doivent être traitées avec soin pour s'assurer de la suppression de tous les ponts thermiques y compris des murs et des fondations, dalles et plafonds de caves. Des solutions appropriées existent même dans le cas de jonctions complexes.

---

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



Une forte implication des entreprises est indispensable dans la phase travaux notamment en vue de l'achèvement du hors d'eau hors d'air de manière efficiente.

- Le traitement de l'enjeu de l'étanchéité à l'air dans tous les lots de travaux par les entreprises concernées doit être précisé dans les Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP) de chaque marché pour les points singuliers de chaque corps d'état en cas de mode de dévolution des travaux en lots séparés;
- En faire éventuellement l'objet d'un lot séparé confié à un spécialiste pouvant réaliser la formation des entreprises par l'élaboration d'un livret à leur destination, la formation des équipes de terrain et la mesure devant les équipes et entreprises
- L'intégration de la vérification de l'étanchéité à l'air, de la formation et de l'encadrement des corps d'état secondaires, notamment techniques dans les obligations de l'entreprise générale en cas de marché en entreprise générale.
- Effectuer des tests d'étanchéité à l'air rapidement (dès que le bâtiment est hors d'air) pour pouvoir corriger le tir si nécessaire
- Bien faire passer le message aux ouvriers sur la spécificité du bâtiment. Un maître d'ouvrage qui a eu très peu de problèmes a formé pendant une semaine les équipes de chantier et les entreprises à la spécificité du BBC (importance du détail, de l'étanchéité, impact du travail de chacun sur les performances de l'ensemble du bâti). Les équipes de terrain sont ensuite devenu moteurs pour la réussite du projet.
- S'assurer que toutes les entreprises ont des engagements contractuels sur le respect des exigences l'étanchéité à l'air.

Au stade de la phase travaux, il est important d'organiser une réunion préalable sur les engagements de performance énergétiques et les spécificités techniques qui en découlent. La maîtrise d'œuvre doit gérer les nouvelles interfaces techniques entre les lots au regard de l'étanchéité à l'air. Les entreprises doivent veiller à la mise en place de contrôles qualité avant la mise en œuvre des produits livrés en particulier sur ceux qui ont une incidence sur l'étanchéité à l'air. Les industriels doivent être sollicités pour intervenir sur le chantier notamment sur des produits essentiels tels que les VMC double flux, les rupteurs de ponts thermiques. La maîtrise d'œuvre et les entreprises doivent veiller à l'assurabilité des produits notamment par les dispositifs qui permettent de recourir aux innovations tels que le Titre V, dispositif dérogatoire dans la réglementation thermique 2005, et le Pass Innovation du CSTB.

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## **L'attention aux dispositifs et dispositions de stockage et de manutention sur site.**

Le recours accru aux composants préfabriqués à forte valeur ajoutée favorise dans certaines situations les livraisons « juste à temps ». En cas de besoin des zones de stockage adaptées à la valeur et à la fragilité des composants doivent être prévues et préparées. Mais les manutentions sur chantier deviennent plus critiques car les composants sont plus coûteux, par exemples des fenêtres complètes avec des vitrages à haute performance et des châssis à haute isolation thermique et des cadres équipés d'un isolant qui assure l'étanchéité à l'air. Les coûts de casse ou d'endommagement sont plus élevés que pour des simples doubles vitrages. De la même approche, les échangeurs de chaleur air entrant/air sortant doivent être soigneusement soulevés et positionnés pour éviter d'être voilés ce qui entrainerait des fuites d'air entre les parties entrantes et sortantes. Ces défauts sont rapidement détectés ultérieurement par les utilisateurs du bâtiment lorsque des odeurs, de la chaleur et de l'air vicié sont récupérées de l'évacuation par l'alimentation en air frais.

Enfin, la maîtrise d'ouvrage doit anticiper le stade de l'exploitation des bâtiments en adaptant les contrats d'exploitation maintenance des nouveaux équipements voire en intégrant ces nouveaux équipements dans le périmètre des contrats d'exploitation maintenance existants. La question des garanties des dispositifs techniques et de la maintenance à court, moyen et long terme prend encore plus d'importance pour les bâtiments à énergie positive.

Des actions de sensibilisation information sur l'utilisation des logements et des équipements doivent être menées auprès des responsables de proximité et des locataires.

## **1.4 L'INTERNALISATION DE NOUVELLES COMPETENCES POUR LA REALISATION DES TESTS D'ETANCHEITE A L'AIR.**

Le passage à la réalisation de bâtiments à énergie positive va impliquer de diviser par neuf la valeur de référence de la surface de fuite par rapport à la Réglementation Thermique 2005. De ce fait certains maîtres d'ouvrages se sont posés ou se posent la question de se doter en interne des compétences et équipements pour être à même de réaliser par eux même les tests de contrôle et vérification de l'étanchéité à l'air pour leurs opérations de construction neuve et de réhabilitation.

La question est ouverte et se pose à d'autres catégories d'acteurs : maître d'œuvre qui prennent en charge la mission d'OPC Ordonnancement Planning Coordination, Entreprise Générale, mandataire en cas de groupement conjoint et

### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



solidaire, Lot Structure-Enveloppe voire nouvelle mission indépendante et nouveau lot.

Ainsi Sarthe Habitat<sup>4</sup> s'est posé la question de la pertinence de se doter des capacités de réaliser des mesures en interne. Compte tenu du coût des prestations externes (415€ HT par logement pour l'étanchéité à l'air, 700 à 800€ HT pour une demi-journée de thermographie) et de la lourdeur des interventions et délais des contre visites, l'internalisation permet d'effectuer avec plus de souplesse des mesures selon les besoins, périodiques ou renouvelées à la demande. L'avantage est aussi de disposer d'un outil de sensibilisation pour l'évolution des savoir faire et de responsabilisation des partenaires externes maîtres d'œuvres et entreprises dans une démarche d'action de progrès. Il pourra être utilisé pour prioriser les interventions sur le bâti existant en réhabilitation. Il permettra d'alimenter une base de données sur les performances des logements et bâtiments et de comparer les résultats atteints à la prescription initiale, au programme de la maîtrise d'œuvre.

La démarche d'internalisation par l'Office Public de l'Habitat, Sarthe Habitat, qui réalise beaucoup de petites opérations en milieu rural, a été la suivante. Acquisition de matériels en 2008 : une caméra thermique FLIR SYSTEMS pour 8950 € HT et un infiltromètre France INFRAROUGE pour 6014 € HT. Les modalités de mise en œuvre contractuelle sont similaires à l'habilitation électrique, avec la sélection de deux salariés « titulaires », volontaires et motivés et deux salariés « suppléants ». En 2009, après une phase de recueil des candidatures et de validation par la direction de l'office, les salariés ont suivi une formation et une manipulation des outils auprès des constructeurs. Les premières mesures réalisées sur des opérations ne faisaient pas l'objet de clauses contractuelles dans les marchés. En 2010, l'équipe va suivre une formation auprès d'un organisme indépendant du fabricant ou du revendeur. Les salariés formés se verront délivrés une habilitation certifiant la compétence détenue, habilitation qui sera renouvelée tous les ans et jointe au contrat de travail. En 2010, des clauses contractuelles seront introduites dans les marchés de maîtrise d'œuvre et de travaux. Celles-ci préciseront la nature des essais et mesures effectuées, les intervenants mandatés et habilités, cités nominativement ainsi que les appareils utilisés (nom, marque, caractéristiques et performances, date de contrôle et d'étalonnage par la DRIRE par exemple).

<sup>4</sup> Source : Didier Philippe Mesures d'étanchéité à l'air à Sarthe Habitat : Contexte, mise en œuvre, outils et limites. Atelier Bat'im Club 19 & 20 Novembre 2009.

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## **1.5 LA MISE EN PLACE DE DÉMARCHES INTERBAILLEURS FAVORISANT L'ÉCHANGE DES BONNES PRATIQUES ACCELERE LES PROCESSUS D'APPRENTISSAGE**

### **Le Cluster Eco-Habitat de Poitou-Charentes et la démarche de conception accompagnée.**

Il regroupe des Maîtres d'Ouvrages, maîtres d'œuvre et entreprises engagés dans la réflexion théorique et pratique, la mise en œuvre de solutions innovantes pour faire face à l'enjeu d'un habitat plus économe en énergie (logement social locatif et accession à la propriété) à un coût maîtrisé dans le cadre d'opérations de démonstration. Son objectif est de contribuer à l'évolution des pratiques de la maîtrise d'ouvrage, améliorer la mobilisation des compétences pour atteindre le meilleur rapport Performance/Coûts possible. L'objectif économique visé est d'atteindre la performance énergétique exigée pour les Bâtiments à Basse Consommation soit 50kWh/m<sup>2</sup> pour un coût compris entre 1000€ et 1100€/M2/Surface Habitable.

« La démarche est consubstantielle du processus de montage d'une opération, elle s'y insère avec de nouveaux outils, dans une approche plus globale et collective. Elle vient en appui et renforce des actions parfois oubliées ou négligées. Elle conduit à réviser les pratiques du processus conventionnel dans le rôle des différents acteurs, dans la chronologie de certains actes, dans l'organisation du travail pluridisciplinaire. Son caractère systémique consiste dans la recherche d'un objectif commun, à appréhender l'ensemble des actions et interactions par leurs globalité et non séparément »

La démarche de conception accompagnée développée par le Cluster Habitat, se focalise sur la phase conception où elle vise à faire évoluer le processus séquentiel des actes de conception (Esquisse, Avant Projet Sommaire, Avant Projet Détaillé) vers une approche globale, pluridisciplinaire et simultanée, de l'ingénierie concourante en d'autres mots.

Elle porte par extension sur la phase amont étude d'opportunité, étude de faisabilité et programmation et la phase aval de réception, livraison et exploitation.

Pour mettre en œuvre la démarche il est prévu d'instituer un chargé du pilotage du projet qui joue un rôle de facilitateur-accompagnateur dont le rôle principal est de mobiliser et mettre en synergie les compétences au sein du groupe projet en les faisant évoluer aux différentes étapes du projet.

Dans cette démarche le maître d'ouvrage va s'engager à mobiliser ses compétences internes, définir des critères d'engagement vis-à-vis de la maîtrise d'œuvre, mettre en place un outil de suivi des engagements à toutes les étapes du projet précisant les actions d'amélioration nécessaires et les acteurs impliqués ainsi qu'un tableau de bord de suivi. L'équipe de maîtrise d'œuvre devra être

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



pluridisciplinaire et proactive, proposer une approche en coût global permettant de suivre les performances visées. Le cahier des charges de la maîtrise d'œuvre devra détaillé pour chacune des missions ce qu'attend le maître d'ouvrage en termes de conception, de qualité, de coûts et de délais au stade de l'esquisse, de l'APS et l'APD.

Cette démarche a été mise en place sur une opération de onze logements à Fontaine Lecompte, très mal engagée voire en échec au stade de l'APD. Il s'agissait de passer d'un objectif THPE au BBC à 50 kWh/m<sup>2</sup> et d'un coût de 1500€/m<sup>2</sup> à 1100€ HT/m<sup>2</sup><sub>SU</sub>, de 1m<sup>2</sup> de SHON avec 3m<sup>2</sup> d'enveloppe à 1m<sup>2</sup> de SHON avec 2m<sup>2</sup> d'enveloppe donc une réflexion sur la compacité, la conception bioclimatique avec quelles caractéristiques, quel pourcentage d'orientation au Sud et gestion des orientations difficiles pour bénéficier des apports passifs. D'où un passage d'une opération en Habitat individuel isolé à une opération d'habitat intermédiaire.

En phase APS il a été nécessaire de visiter tous les éléments avec des degrés de précisions plus ou moins avancés. L'architecte doit conserver une posture d'homme de synthèse et de créativité basée sur la pluridisciplinarité, à l'écoute et en attitude de compréhension des demandes des thermiciens. Une des difficultés actuelles c'est le niveau de rémunération des phases amont, plus longues car impliquant plusieurs scénarii dans la phase des esquisses et non de l'esquisse unique. L'autre question c'est la répartition des honoraires entre les différentes composantes de la Maîtrise d'œuvre et notamment pour les économistes de la construction qui semblent réticents à chiffrer de multiples scénarii aux différentes phases de la conception d'un projet sans réajustements des honoraires.

Une autre question qui s'est posée c'est la place est le rôle des bureaux de contrôle technique qui doivent devenir plus proactifs et interactifs, contribuer à la démarche d'un groupe projet car tout avis défavorable au stade de l'APD ou des Dossier d'Exécution des Ouvrages est un échec car il n'a pas été anticipé

Dans le cadre du projet Habitat à Basse Energie et à Coût Maîtrisé (HABECOM) le Cluster a élaboré six fiches destinées à alimenter une base de données partagées entre les adhérents.

- Une fiche d'identification du projet et de l'opération ;
- Le planning et les jalons de l'opération ;
- Une fiche technique précisant les procédés et systèmes retenus et les niveaux de consommations visés ;
- Une fiche budgétaire pour détailler les coûts et établir des ratios financiers ;

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





- Une fiche de suivi et de contrôle pour piloter les niveaux de performance ;
- Une fiche de synthèse qui récapitule les principales données du projet.

Cette démarche de conception accompagnée répond au besoin d'internaliser de nouvelles compétences au sein de la maîtrise d'ouvrage et lorsque cela n'est pas possible, selon la taille des organismes, de mutualiser des compétences entre plusieurs maîtres d'ouvrages sur des projets concrets.

### **La stratégie inter-bailleurs en Poitou Charente**

L'AROHLM à finaliser une étude fin 2008 début 2009 afin d'établir un état des lieux du patrimoine du logement social, une analyse de ses forces et faiblesses, une évaluation de ses performance pour définir une stratégie et des scénarii d'amélioration. Le mouvement interprofessionnel du logement social représente 19 organismes, 76 462 logements sur quatre départements dont 66 206 antérieurs à la Réglementation Thermique 2000.

Actuellement la programmation de logements sociaux neuf a pour objectif des bâtiments THPE et une partie en BBC.

L'état des lieux du patrimoine existant porte sur l'année de construction, les procédés constructifs, les consommations énergétiques, les émissions de gaz à effet de serre et le montant des charges locatives au m2 selon le classement en sept catégories du DPE. Sont également qualifiés : les équipements techniques, les façades, pignons, toitures, vitrages, menuiseries, ventilation, système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire ainsi que les occultations. Les parties d'ouvrages ayant fait l'objet de travaux sont aussi identifiées : soit 25% des vitrages ayant été réhabilités, 56% avec une VMC facilement convertible en hygroréglable, un chauffage au gaz pour 61% des logements, à l'électricité pour 19% des logements et au chauffage urbain pour 17% des logements. Une production d'ECS au gaz pour 68% des logements, à l'électricité pour 23% et par le réseau urbain pour 7%.

- 41 % des logements sont classés en catégorie E, F et G dont la moitié en chauffage électrique
- 54% des logements sont classés en catégorie D
- 98% des logements classés en E et F sont dotés d'un chauffage électrique
- 65% des émissions de GES sont le fait des logements en catégorie EF et G
- 18% des logements ont un niveau de charges supérieur à 17€/m<sup>2</sup> ce qui représente une consommation supérieure à 230 kWh EP/m<sup>2</sup>/an.

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





Les trois quart des logements étudiés ne rentrent pas dans les critères du Grenelle de l'Environnement et ne sont pas éligibles à l'Eco Prêt Logement Social de la Caisse des Dépôts et Consignations alors que 65% des logements présentent un intérêt en raison de leur niveau d'émissions de GES et 35% du fait de leur niveau de charges.

Un problème se pose pour les logements classés en catégorie intermédiaire D car ils ne sont pas éligibles à la majorité des financements. D'autres contradictions apparaissent pour les logements dotés d'un chauffage électrique avec des mauvais résultats en énergie primaire, bons en émissions de gaz à effet de serre, mais un parc attractif et un niveau de charges peu élevé.

La stratégie est définie avec quatre critères : le montant des charges, les émissions de GES, l'énergie primaire et les consommations d'eau. Un cœur de cible est identifié les logements en catégorie E, F et G avec la volonté d'engager un plan d'actions d'améliorations continues sur les logements en catégorie D au cours de la période 2012-2020. Les sites en chauffage électrique ne sont pas considérés comme prioritaires. La priorité est focalisée sur les immeubles antérieurs à 1990. L'objectif de 12% d'économie d'énergie devrait être atteint en 2012 par contre pour l'objectif de 38% en 2020 on semble loin du compte. Le problème de changement essentiel porte sur le type de chauffage et d'énergie.

Deux scénarii ont été définis :

- Scénario 1. Une remise à niveau technique de tous les éléments anciens et une Isolation Thermique par l'Extérieur pour les bâtiments antérieurs à 1990 représentant un coût de 600 millions €, 31% de réduction des émissions de GES et 24% de réduction de charges, 30K€ de travaux par logement dont 15 K€ sur l'énergie.
- Scénario 2. Ramener à moins de 150 kWh/m<sup>2</sup> tous les sites dont la consommation est supérieure à 230 kWh/m<sup>2</sup> pour un coût de 253 millions € conformément à l'esprit de réhabiliter les 800 000 logements sociaux prioritaires. Cela implique un montant de travaux par logement de 40 K€ dont 25 K€ sur l'énergie pour un objectif BBC.

Plusieurs problèmes restent posés, un temps de retour sur investissement de 36 ans, et le partage des économies de charges avec les locataires qui concernent 28 000 logements.

Un dispositif d'accompagnement financier a été discuté avec les collectivités locales et le FEDER Régional. Il s'agit de recourir aux Eco Prêt à Taux Zéro accompagnés de subventions du FEDER selon les gains en énergie et émissions de GES, la Région mettant en place Eco Prêt Programme Régional à Taux Zéro pour les logements classés en catégorie D.

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## La dynamique collective dans le Nord Pas de Calais

Jusqu'à présent les démarches de Haute Qualité Environnementale et les problématique de développement durable était focalisée sur l'habitat neuf. L'AROHLM à mis en place une dynamique collective pour fédérer les acteurs régionaux de l'Etat, l'ADEME, les EPCI, le FEDER pour développer une expertise, consolider les aides financières à partir d'un dossier unique. La démarche en trois étapes consiste à réaliser un état des lieux, une expérimentation sur 5000 logements, une capitalisation basée sur le dossier unique afin d'élaborer un guide sur la reproductibilité et la généralisation de la démarche. Les objectifs d'ensemble visent à lutter contre la précarité énergétique, à réduire les écarts entre les logements neufs et existants et participer aux efforts de réduction des émissions de GES

Le parc régional de logements sociaux dans la région s'élève à 317 733 HLM, hors Houillères, dont 60 000 logements individuels et 93 445 logements dotés d'un chauffage collectif.

L'état des lieux a été lancé en 2007, à une époque où les Diagnostic de Performance Energétique n'étaient pas disponibles, sur la base d'un échantillon de 90 000 logements. Une segmentation du parc par classe énergétique, par organisme et territoire, période de construction, opération de réhabilitation déjà réalisée, type de bâti barres ou tours afin d'élaborer une cartographie des résultats.

Il résulte de cet état des lieux :

- 64% des logements sont en catégorie D
- 21% en catégorie E, F et G
- Une consommation moyenne de 194 kWh/m<sup>2</sup>

La phase d'expérimentation porte sur un panel représentatif de 5000 logements avec pour objectif de ramener la consommation des bâtiments les plus consommateurs à 100-120 kWh/m<sup>2</sup> avec une démarche reproductible. L'expérimentation porte sur 2000 logements sociaux, 2800 logements en zone ANRU et 335 en maison individuelle soit 60 opérations concernant 20 bailleurs. Une mission de coordination est mise en place financée à hauteur de 65% par l'ADEME. L'objectif est de maîtriser l'équilibre technico-économique des opérations afin de ne pas fragiliser les organismes au plan financier. Son coût est estimé à 20 000€ HT en moyenne par logement.

Tous les financements seront mobilisés : Eco Prêt CDC, Prêts du secteur Bâtiment, dégrèvement de la Taxe Foncière sur les Propriétés Bâties, Certificats d'Economie d'Energie, Aides de l'ADEME, Aides du Fond Chaleur, concours des collectivités locales, participation des locataires ainsi que des fonds du FEDER. Ce

### SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



dernier apportera des subventions supplémentaires respectivement de 2000€ pour un objectif de RT moins 10%, 5000€ pour un objectif de RT moins 30% et jusqu'à 5000€ en logement individuel.

### **Le dispositif Qualité Environnementale des Bâtiments dans le logement social en Rhône Alpes.**

En 2007 L'ADEME et les régions se sont associées afin de promouvoir la Qualité Environnementale et l'Efficacité Energétique des Bâtiments (QEB) dans le logement social. Elles ont donc lancé le programme QEB qui apporte des aides à l'accompagnement et aux travaux pour les logements sociaux neufs qui obtiennent des performances THPE ou BBC. Pour le programme QEB Rhône-Alpes, regroupant l'ADEME, la région Rhône-Alpes et l'ARRA HLM, plus de 1000 logements sociaux ont été financés, représentant environ 10% de la production de logement social neuf dans la région. Après évaluation du dispositif, les partenaires régionaux ce sont fixé l'objectif de financement de 1600 logements.

Le dispositif combine des formations à destination des chargés d'opération de la maîtrise d'ouvrage et des techniciens des collectivités territoriales, un accompagnement de type Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (dans la limite de trois missions par an et par bailleur) pour des objectifs de performance THPE ou BBC, des subventions ADEME pour les études d'optimisation énergétique visant le BBC pour les opérations de moins de douze logements (50% du coût plafonné à 6000€ par opération). Par ailleurs un site internet très bien renseigné ([www.logementsocialdurable.fr](http://www.logementsocialdurable.fr)) met à disposition des outils ainsi qu'une « hot line » à disposition des organismes.

### **Aides financières additionnelles au Dispositif QEB Logement Social Neuf**

	THPE	BBC
Bonification des aides à la pierre régionales et subventions ADEME	PLAI et PLUS 35 €/m <sup>2</sup> SU Aide du Conseil Régional	PLAI et PLUS 70€/m <sup>2</sup> SU Conseil Régional 35€ ADEME 35€/m <sup>2</sup> SU* <sup>5</sup>
AMO QEB	OUI	OUI

Le dispositif donne la priorité à la maîtrise de l'énergie, aux énergies renouvelables et à la maîtrise des charges ainsi qu'à la prise en compte du confort et de la santé des habitants ;

<sup>5</sup> \*Selon les allocations de moyens annuels dans le cadre du système d'aide en vigueur, limité à 100 000€ par opération.

Le référentiel QEB logement social neuf comprend deux chapitres et définit une liste d'exigences fermes qui devront être respectées et justifiées et d'exigences souples retenues par le maître d'ouvrage.

Le premier chapitre porte sur la Gestion de projet et la vie du bâtiment et regroupe l'ensemble des actions de management environnemental, les études liées à la maîtrise des charges prévisionnelles ainsi que les actions qui permettent la transition entre l'achèvement de la réalisation et la gestion du bâtiment (livret locataire, livret gestionnaire, tableau de bord simplifié de suivi/évaluation des consommations).

Parmi les exigences fermes dans la gestion du projet signalons les références et qualifications de la part d'un ou plusieurs membres de l'équipe de conception en QEB, la présence d'un coordonnateur de la démarche QEB, qui peut exercer également une mission de maîtrise d'œuvre, ainsi que la nécessité de réaliser un programme environnemental précisant le niveau visé du référentiel ainsi que la liste des exigences fermes et souples retenues par le maître d'ouvrage et structurées selon les thématiques proposées par la région et intégrées au programme de l'opération.

Parmi les exigences souples figurent la réalisation d'une analyse environnementale préalable du site, la réalisation d'un tableau de bord accompagné d'un processus de validation des éléments remis par la maîtrise d'œuvre, la production d'une notice environnementale par le coordonnateur QEB détaillant les réponses données aux exigences du programme et réalisée aux stades de l'esquisse, l'APS et l'APD. En fin d'autres exigences souples concerne la notation des compétences et expériences des entreprises (références, méthodes de gestion du chantier vert, 1 à 3 fiches produits conformes au CCTP) et la mise en place de formation des entreprises (mise en œuvre de l'isolation, ponts thermiques, étanchéité à l'air, installations et réglages des systèmes...).

Pour ce qui concerne la Vie du Bâtiment, les exigences fermes portent sur la réalisation d'une étude comparative sur les choix énergétiques, pour les bâtiments dont la SHON est supérieure à 1000 m<sup>2</sup>, la réalisation d'un livret « gestes verts » remis à chaque nouveau locataire ainsi que la mise en place d'un dispositif de suivi/évaluation des consommations de la résidence qui conditionne le versement du solde de la subvention après 1 an et 2 ans de fonctionnement.

Le second chapitre porte sur l'ensemble des exigences techniques regroupées en cinq thématiques :

- Insertion du projet dans son environnement immédiat. Cette thématique comprend une exigence ferme l'approche passive des exigences de confort et de réduction des besoins énergétiques incluant l'orientation optimisée du bâtiment et des logements, la recherche de compacité et l'accès à l'éclairage naturel, le choix de protections solaires favorisant les apports

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

solaires en hiver et les limitant en été ainsi que le recours à la végétation pour le traitement du confort d'été. Trois exigences souples sont proposées : La prise en compte des modes de déplacement doux, la qualité de traitement des espaces extérieurs et la gestion des eaux pluviales.

- Procédés et produits de construction. Quatre exigences fermes sont préconisées : favoriser les essences locales ou mettre en œuvre des bois labélisés FCS ou FEFC en justifiant leur provenance, limiter l'impact sur la santé des bois intérieurs et produits de traitement pour les bois agglomérés, des colles peintures, vernis et lasures ainsi que des laines minérales. Parmi les cinq exigences souples signalons la proximité d'approvisionnement et les matériaux à faible énergie grise, le calcul du contenu énergétique (« énergie grise ») du bâtiment, favoriser le recours au bois comme matériau de construction et justifier l'atteinte de l'objectif de  $45\text{dm}^3/\text{m}^2\text{SHON}$  interdire les produits dangereux pour l'environnement et la santé et enfin éviter les matériaux susceptibles de contenir des perturbateurs endocriniens et d'émettre des gaz toxiques en cas d'incendie.
- Maîtrise des flux. Six exigences fermes sont préconisées : la compacité et l'isolation performante, l'optimisation de la surface des baies pour limiter les déperditions tout en favorisant les apports solaires d'hiver et l'éclairage naturel, le niveau Basse Consommation pour les consommations énergétique en énergie primaire ( $\text{CEP} \leq 50\text{kWh}/\text{m}^2\text{SHON} \times (a+b)^6$ , et le contrôle de l'étanchéité à l'air ( $I4 \leq 1.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$  pour les logements collectifs), la mise en place de dispositifs de limitation des consommations d'eau et une part d'énergie renouvelable minimale de 40% dans le bilan énergétique global.

Quatre exigences souples sont proposées : l'objectif d'une opération « BBC+ » (avec un  $\text{Cep} \leq 40 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{SHON} \times (a+b)$  et une valeur minimale de  $I4 \leq 0.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  de test d'étanchéité à l'air pour les logements collectifs), la mise en œuvre d'une liste de solutions techniques pour réduire les consommations énergétiques des parties communes et des parties privatives, la limitation des pertes dans les réseaux de distribution d'ECS en réduisant la distance entre le point de production et les points d'usage.

- Maîtrise des confort ; Une exigence ferme l'optimisation du confort thermique d'été par simulation thermique dynamique. Trois exigences souples : Confort thermique d'été justifier les dispositifs mis en place (orientations, logements traversant, inertie, protections solaires, ventilation nocturne..), optimisation par le bâti du confort d'été (80% de

<sup>6</sup> Coefficient a Zone climatique, coefficient b Altitude.

logements traversant ou bi-orientés), confort visuel (optimisation de l'éclairage naturel des logements et parties communes).

- Gestion des nuisances, pollutions et risques. Cette thématique comprend trois exigences fermes : Qualité de l'eau et dispositifs pour maîtriser le risque légionellose, locaux collectifs permettant le tri sélectif des déchets ménagers, Charte de gestion de chantier à faible nuisances. Trois exigences souples sont également proposées sur la Qualité de l'air intérieur, un espace de tri sélectif des déchets dans les locaux privatif voir de composteur pour les logements bénéficiant d'un jardin privatif, un dispositif de gestion des déchets de chantier avec un bilan en fin de chantier.

Les règles d'application du référentiel QEB 2009 sont précisées par le maître d'ouvrage dans le programme environnemental spécifique à chaque opération en précisant l'objectif visé, THPE ou BBC, et les exigences souples et fermes retenues par le maître d'ouvrage pour chacun des chapitres (3 exigences souples dans le Chapitre Gestion de projet/Vie du bâtiments et 9 exigences souples dans le chapitre Exigences techniques.

Ces recommandations, combinées à une Assistance à Maîtrise d'Ouvrage et des aides financières contribuent à favoriser l'initiation des bailleurs sociaux. Le dispositif d'évaluation et de capitalisation qui comprend un bilan pour chaque opération du traitement des cinq ateliers thématiques QEB et des choix d'exigences fermes et souples permet d'accélérer les effets d'apprentissage en partageant les retours d'expériences entre maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre.

## **1.6 ENSEIGNEMENTS TIRES PAR LES MAITRES D'OUVRAGE DES CAS ETUDIÉS PAR LE CSTB**

Cette partie regroupe les remarques exprimées par les maîtres d'ouvrage dont les opérations ont été analysées par l'équipe LSPI du CSTB dans le troisième chapitre. Elle porte sur les problèmes rencontrés, les réussites et les attentes. Comme toutes les opérations ne sont pas arrivées à terme les remarques présentées ne concernent qu'une partie des projets.

- La non prise en compte d'éléments ayant un impact sur la consommation énergétique : Un maître d'ouvrage a mis en place un puits canadien, non pris en compte pour l'obtention du label BBC Effinergie. Le puits canadien a été incorporé depuis dans le moteur de calcul réglementaire.

### **SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





*Le logiciel ThC utilisé pour le label BBC-Effinergie et le logiciel PHPP utilisé pour le label PassiveHaus donnent parfois des résultats très différents*

Les différentes labellisations utilisent des logiciels différents pour évaluer les performances énergétiques des bâtiments qui peuvent aboutir à des estimations différentes gênantes pour l'obtention des labels. En particulier, le label BBC-Effinergie utilise le logiciel ThC de la RT 2005 alors que le label Passive-Haus utilise le logiciel PHPP. Nous avons eu le cas d'une opération où le logiciel ThC prévoyait une consommation de 2.4 kWh/m<sup>2</sup>.an pour le chauffage alors que cette même opération ne pouvait prétendre au label Passive-Haus car PHPP donnait une consommation de plus de 15kWh/m<sup>2</sup>.an pour le chauffage. Selon le maître d'ouvrage, c'est l'existence de valeurs par défaut dans le logiciel ThC qui est responsable de cette différence. Les prévisions du logiciel ThC seraient grandement faussées lorsque la consommation totale est très faible à cause du biais créé par les valeurs par défaut.

*Les panneaux solaires thermiques doivent être proches du ballon et les tuyaux bien isolés*

Le maître d'ouvrage a ainsi été obligé de calfeutrer après coup les tuyaux reliant les panneaux solaires aux ballons d'eau chaude (longueur bien plus élevée que la valeur forfaitaire), et la consommation restait tout de même plus importante qu'initialement prévue. Il a aussi été obligé d'augmenter l'isolation de 8.5 cm autour des conduits de la VMC double flux car le rendement était descendu à 50% avec les 1.5 cm d'isolants initiaux, un autre problème étant que les réservations étaient dimensionnées pour une VMC avec 1,5 cm d'isolant...

*1.5 centimètres d'isolant sont loin d'être suffisants pour les gaines de la VMC double flux*

- Les problèmes de choix de matériaux

*Des tests d'étanchéité juste après la mise hors d'eau hors d'air ou même avant permettent de corriger les problèmes quand il n'est pas encore (beaucoup) trop tard*

Une opération utilisant du bois massif contrecollé pour enveloppe a eu des difficultés à atteindre le niveau d'étanchéité requis pour l'obtention du label Passive-Haus. Heureusement, les premiers tests avaient été commencés assez tôt pour pouvoir corriger le tir sans trop de frais supplémentaires.

Un maître d'ouvrage a peu apprécié les fenêtres avec contour en aluminium à cause des ponts thermiques et de l'effet paroi froide

*Les fenêtres en aluminium engendrent plus de ponts thermiques et ont un effet « paroi froide »*

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction



Une opération a utilisé des poêles bouilleurs qui étaient impossibles à trouver en France pour les puissances requises permettant d'être l'unique source pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire des logements.

*Où peut-on trouver des panneaux bois préfabriqués en France ?*

De même, les panneaux de bois préfabriqués utilisés par une opération sont en provenance d'Autriche car impossibles à trouver en France. Une autre opération a dû importer ces panneaux de Suisse alors que l'entreprise lui avait garanti qu'il était possible d'en trouver à proximité. Les surcoûts générés par le transport étaient trop importants pour être supportés uniquement par l'entreprise et le maître d'ouvrage a dû payer une partie des frais. De plus, les matériaux en provenance de Suisse n'avaient pas les mêmes labels que les matériaux prévus à l'origine. Au moins un maître d'ouvrage a réussi à trouver rapidement des panneaux sandwichs bois préfabriqués dans la région d'Orléans.

*Les vertus durables du bois n'ont eu qu'un rôle mineur dans le choix de ce matériau. C'est plus la rapidité d'usage du matériau (fin du bail actuel approchant...) qui a été déterminante.*

Une opération ayant fait le choix du tout bois pour des raisons de rapidité de mise en œuvre aurait bien aimé travailler un peu plus l'acoustique et l'inertie du bâtiment. L'installation de panneaux à changement de phase pour augmenter l'inertie est prévue.

*Avec l'ossature bois, l'acoustique et l'inertie auraient mérité d'être mieux traitées*

L'étanchéité à l'air :

L'étanchéité à l'air des bâtiments est la deuxième pierre angulaire du référentiel BBC-Effinergie avec la consommation énergétique et a été un gros problème pour la majorité des maîtres d'ouvrages interrogés. En effet, elle ne dépend pas simplement des solutions techniques choisies mais aussi de la qualité de pose des matériaux et pose donc le problème de la formation de la main d'œuvre. Il ne semble pas y avoir de solution miracle pour l'obtention d'une étanchéité à l'air conforme au référentiel BBC-Effinergie mais l'utilisation de matériaux préfabriqués pour l'enveloppe, la sensibilisation des ouvriers à l'impact de leur travail sur l'étanchéité à l'air, un suivi plus poussé du chantier et la réalisation

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

d'un premier test d'étanchéité après la mise hors d'eau-hors d'air sont des facteurs permettant d'obtenir plus facilement une bonne étanchéité à l'air. Seul constat, un chantier conduit de manière classique a toujours entraîné des surcoûts en fin de chantier pour corriger l'étanchéité à l'air.

*« L'isolation à l'air, c'est la galère ». « Heureusement qu'il y avait l'isolation répartie »*

*« Nous avons organisé une semaine de sensibilisation à l'étanchéité à l'air pour les ouvriers avant le début du chantier »*

*Un test d'étanchéité juste après la mise hors d'eau-hors d'air du bâtiment permet de corriger plus facilement les éventuels défauts du gros œuvre*

*« Le maître d'œuvre s'est énormément impliqué dans le suivi du chantier »*

### **Les performances BBC : des performances pérennes ?**

Le label BBC-Effinergie s'obtient grâce à une simulation thermique théorique et à un test d'étanchéité à l'air. Une fois le test effectué et le label obtenu rien n'indique que les performances initiales vont durer dans le temps. En effet, une perte de rendement des systèmes de production d'énergies renouvelables, d'eau chaude sanitaire ou de chauffage est à prévoir. Mais c'est surtout la pérennité de l'étanchéité à l'air qui soulève le plus de questionnements car la tentation est grande de « boucher les trous » juste avant le passage du test d'étanchéité pour l'obtention du label avec des solutions à faible coût et à faible durée de vie. Ainsi, certains maîtres d'ouvrage ont simplement colmaté les brèches avant le passage du test d'étanchéité par exemple en rajoutant des jointures silicones sur le pourtour des ouvrants, qui vont se craqueler au bout de deux ou trois années. Ainsi, on peut prévoir que l'étanchéité à l'air va rapidement se dégrader. Il est ainsi dommage que le label BBC-Effinergie, conçu pour promouvoir un développement durable et donc pérenne ne soit basé que sur les performances du bâtiment à un moment précis dans le temps.

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## 1.7 DES EFFETS D'INITIATION DANS L'ATTENTE D'EFFETS D'APPRENTISSAGE

La démarche QEB Rhône-Alpes a été lancée en Septembre 2007, les bailleurs sociaux se focalisant dans un premier temps sur les bâtiments à THPE puis sur les BBC constatant que le saut qualitatif était accessible sans surcoût ou avec un surinvestissement modeste. Pourtant lorsque l'on analyse les opérations en cours ou livrées en Rhône-Alpes, on constate que peu de maître d'ouvrages ont réalisés plus d'une opération. On peut donc considérer que les maîtres d'ouvrages sont individuellement encore au stade de l'initiation mais qu'ils bénéficient d'un apprentissage collectif grâce au dispositif régional et à la méthodologie préconisée par la démarche QEB et aux fiches thématiques techniques disponibles sur le site de l'efficacité énergétique et de la qualité environnementale dans le logement social en Rhône-Alpes ([www.logementsocialdurable.fr](http://www.logementsocialdurable.fr)).

Ces fiches thématiques portent sur la biodiversité dans la végétalisation des limites de parcelle, l'aménagement d'un stationnement deux roues, les toitures végétalisées, le choix éclairé des matériaux et équipements d'un point de vue environnemental et sanitaire, l'isolation thermique des parois opaques, le traitement des ponts thermiques, les baies vitrées à isolation renforcée, l'étanchéité à l'air, le Label BBC-EFFINERGIE, les systèmes de production d'énergie performants, l'éclairage économe en énergie, le solaire thermique, le solaire photovoltaïque, le bois-énergie, les pompes à chaleur, la récupération des eaux pluviales, les protections solaires, le puits canadien ou provençal, le traitement acoustique, la lumière naturelle, la ventilation naturelle et mécanique, la charte de chantier propre à faibles nuisances. Nous ne développerons pas le contenu de ces fiches très pédagogiques, accessibles sur le site mentionné ci-dessus, qui permettent une acculturation rapide des chargés d'opération des bailleurs sociaux qui se lance pour la première ou seconde fois dans la réalisation de BBC.

Le même type de démarche commence à être déployé en Ile de France. Le jury de l'Appel à projet ADEME et Région Ile de France n'a eu lieu qu'en Septembre 2009. L'analyse des projets lauréats, de leurs objectifs, intentions et cibles économiques est effectuée dans la section 2.4. Il est encore prématuré d'en tirer des conclusions, notamment sur les coûts et surinvestissements, aucun projet n'étant livré à ce jour.

**Lorsque l'on analyse les cas étudiés par le CSTB**, en partenariat avec AKOE pour une partie d'entre eux, qui font partie d'une première vague de BBC et qu'on les compare aux BBC de la démarche QEB Rhône-Alpes, **il est possible de constater un effet d'apprentissage sur l'évolution du surinvestissement.**

**La première vague déjà livrée fin 2009 (3 opérations) à un surinvestissement de 225€ HT/m<sup>2</sup>SU, pour la seconde vague livrée à mi 2010 (14 opérations) le surinvestissement se réduit à 178€ HT/m<sup>2</sup>SU**

soit une baisse de 20,9% sur une période relativement courte. Le surinvestissement est relativement stable pour l'isolation thermique de l'enveloppe avec un surcoût de 80€ HT/m<sup>2</sup>SU. Les gains ont donc été réalisés sur les systèmes techniques.

Pourtant, il est difficile de distinguer parmi les facteurs qui ont contribué à ces gains ceux qui ont un effet déterminant : effets d'apprentissage de la maîtrise d'œuvre, meilleur choix des solutions et systèmes techniques, baisse du prix des solutions techniques et du coût de leur mise en œuvre par l'apprentissage des entreprises, effets de la crise et de la baisse de l'activité de construction de logements sociaux, développement du marché des BBC qui permet des économies d'échelle pour les fabricants, réduction des importations et développement d'une fabrication dans l'Hexagone. Ces questions méritent d'être approfondies ultérieurement.

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## 2. ANALYSE DES COÛTS DES TRAVAUX DE DEUX INITIATIVES REGIONALES

### 2.1 PREMIERS ENSEIGNEMENTS DE L'APPEL A PROJETS BBC ADEME IDF

Nous avons analysé les opérations de la première cession de l'appel à projet ADEME Ile de France pour la promotion des Bâtiments Basse Consommation (jury en septembre 2009).

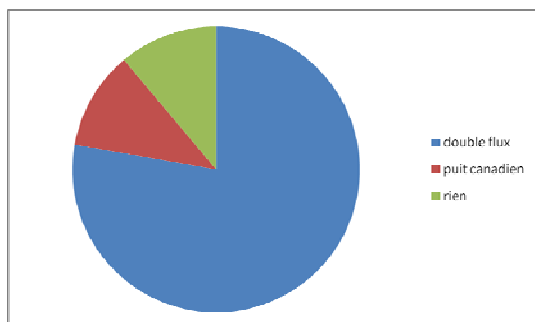
Une trentaine de maîtres d'ouvrage ont répondu à cet appel d'offre et toutes les opérations visent au minimum le label BBC-Effinergie.

Parmi ces opérations, nous en avons retenu 22 dont les données étaient exploitables, soit 9 maisons individuelles, 8 immeubles collectifs sociaux, 5 de logement collectif privé, 3 projets publics de tertiaires et 5 projets privés.

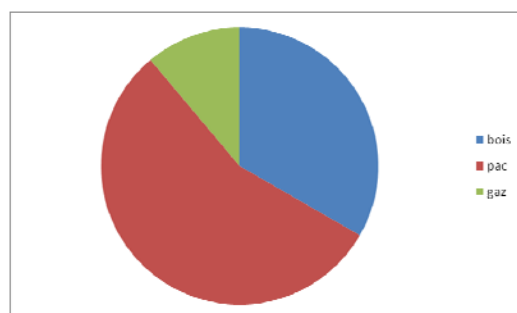
Les méthodes d'évaluation du surinvestissement et du temps de retour sur investissement par les porteurs des projets ne sont pas décrites de manière détaillée, ce qui est compréhensible puisqu'il s'agit de coûts d'objectifs prévisionnels pour des projets dont les travaux n'avaient pas encore fait l'objet de consultations d'entreprises.

-LES MAISONS INDIVIDUELLES (9 opérations)

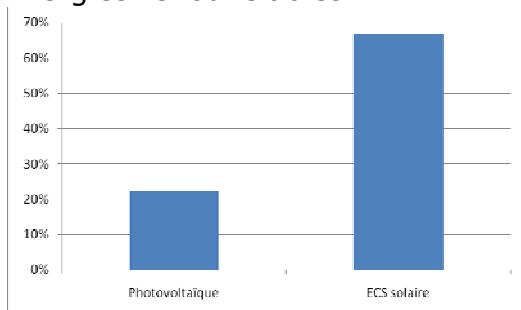
Mode de ventilation :



Mode de chauffage :



Energies renouvelables :



Les 9 maisons individuelles sont en moyenne très cossues ; avec une fourchette

#### SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

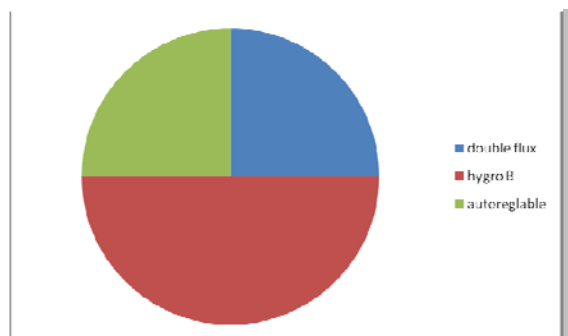
**CSTB**  
le futur en construction

de surface habitable de 123 à 250 m<sup>2</sup>, et de SHON de 149 à 305 m<sup>2</sup>.

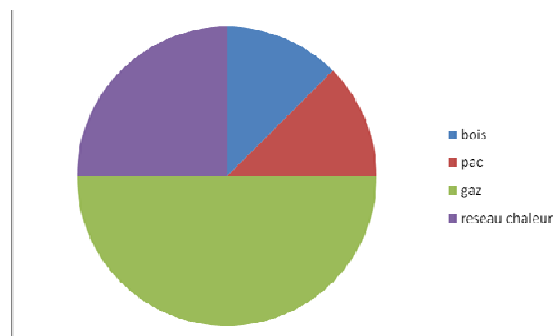
Le coût des travaux est en moyenne de près de 1 750 euros/m<sup>2</sup> SHON, avec une fourchette de coût de 1401€ à 2309€/m<sup>2</sup>SHON. Ces logements semblent difficilement reproductibles à une échelle significative du fait de leur coût élevé et d'un relatif effet d'aubaine pour les bénéficiaires retenus.

-LES LOGEMENTS COLLECTIFS SOCIAUX (8 opérations dont 4 réhabilitations)

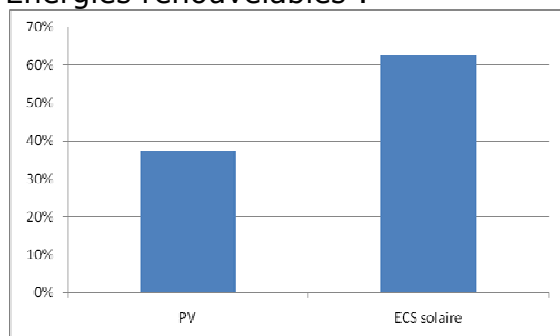
Mode de ventilation :



Mode de chauffage :



Energies renouvelables :



PV= photovoltaïque

Le coût d'objectif moyen des travaux des quatre opérations de construction de logements collectif neuf en Ile de France est de 2 034 euros/m<sup>2</sup> SHON (avec une fourchette de 1399€/m<sup>2</sup> à 2612€ m<sup>2</sup> SHON), 2432 € de coût moyen de travaux par m<sup>2</sup> de SHAB (avec une fourchette de 1616 €/m<sup>2</sup> à 3136 €/m<sup>2</sup> de SHAB) pour un surcoût moyen de 147 euros/m<sup>2</sup> SHON (de 95€ à 210€/m<sup>2</sup>SHON), soit 7,2% du coût total.

Les choix techniques portent pour le système de chauffage sur des chaudières gaz à condensation dans 2 cas, le raccordement au réseau de chaleur et le recours à une chaudière bois.

Deux bâtiments prévoient des capteurs solaires thermiques pour l'ECS avec appoint gaz ou réseau de chaleur, deux des capteurs photovoltaïque.

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

**CSTB**  
le futur en construction

Pour la VMC dans trois cas sur quatre des systèmes simple flux hygroréglable B sont préférés, bien que moins efficace car moins coûteux.

Pour les opérations de réhabilitation il faut distinguer les deux opérations de réhabilitation de foyers des deux opérations de logement collectif.

Pour les deux foyers de jeunes travailleurs ou travailleurs migrants le coût d'objectif moyen de réhabilitation est de 2144,5 €/m<sup>2</sup> de SHON (avec une fourchette de 1828 €/m<sup>2</sup> à 2461 €/m<sup>2</sup>), 2452 € en moyenne par m<sup>2</sup> de SHAB (de 1951 € à 2943 € par m<sup>2</sup>SHAB°. L'objectif de surcoût moyen est de 107,5 €/m<sup>2</sup>SHON (avec une fourchette de surcoût de 102 à 113€/m<sup>2</sup>SHON) soit 5% en moyenne du coût prévisionnel.

L'opération d'ICF qui vise à la résidentialisation comporte deux caractéristiques innovantes : le recours à une Pompe à Chaleur branchée sur une sous station de la CPCU pour le chauffage et un dispositif de récupération de chaleur sur les eaux usées ménagères permettant de couvrir 65% des besoins pour l'ECS. La VMC sera hygroréglable.

L'opération de réhabilitation de foyer de l'OPAC Val de Marne vise à transformer le foyer existant en 93 chambres individuelles. Pour que le bâtiment atteigne le niveau BBC il est prévu une combinaison d'isolation par l'intérieur couplée à une chaudière à condensation, une VMC double flux à très haut rendement (94%), 102 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermique avec un appoint gaz pour l'ECS ainsi que 30 m<sup>2</sup> de capteurs photovoltaïque.

Pour les opérations de réhabilitation de logements collectifs R+4 et R+6, le coût d'objectif moyen est de 357€/m<sup>2</sup>SHON (avec une fourchette de 288€ à 426€/m<sup>2</sup>SHON), soit 406,5€/m<sup>2</sup>SHAB. L'objectif de surcoût prévisionnel moyen est de 40€/m<sup>2</sup> SHON soit 11,2% du coût d'objectif moyen mais avec une fourchette de 8% à 15,8%.

Pour la réhabilitation de logements collectifs les travaux sont focalisés sur l'installation de chauffage au gaz à condensation ou le raccordement au réseau de chaleur, l'installation de VMC simple flux autoréglable, l'isolation de l'enveloppe et l'installation de capteurs solaires thermiques pour l'Eau Chaude Sanitaire et appoint au gaz.

---

**SIÈGE SOCIAL**

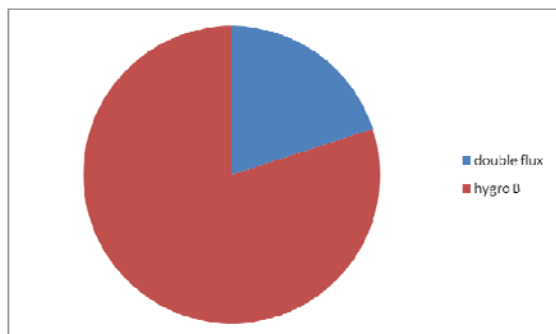
84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

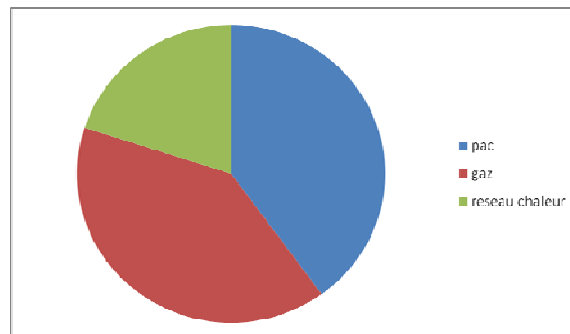


## -LES LOGEMENTS COLLECTIFS PRIVÉS (5 opérations)

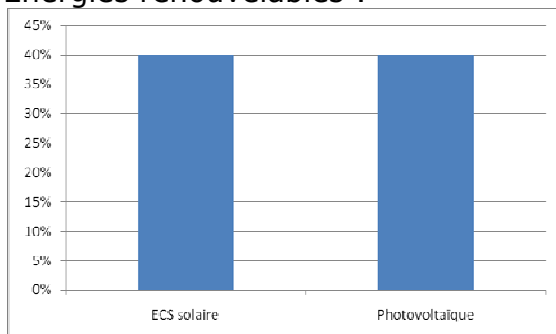
Mode de ventilation :



Mode de chauffage :



Energies renouvelables :



Comparées aux opérations publiques, les opérations de logements collectifs privés ont un coût de travaux moyen de 1 720 euros/m<sup>2</sup> SHON, soit environ 15% inférieur au coût moyen des opérations publiques. Elles sont également moins chères si le coût est ramené au coût par m<sup>2</sup> SHAB (2 591 € contre 2 704€) si l'on retire de l'échantillon logement collectif social l'opération SOS Village d'enfants. Le surcoût moyen est mieux maîtrisé pour ces opérations privées avec 5.4% (de 4,2% à 6,6% de surcoût prévisionnel) en mettant à part l'opération MINERGIE (surcoût de 30%) pour des TRI d'une trentaine d'années minimum.

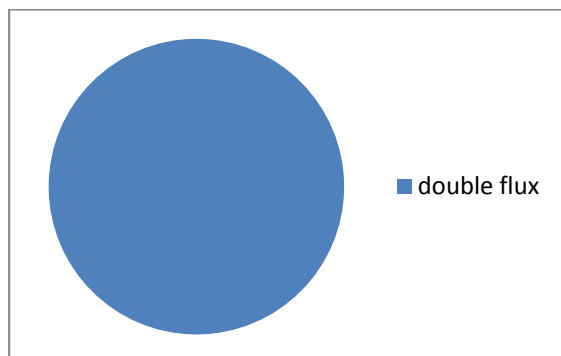
### SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

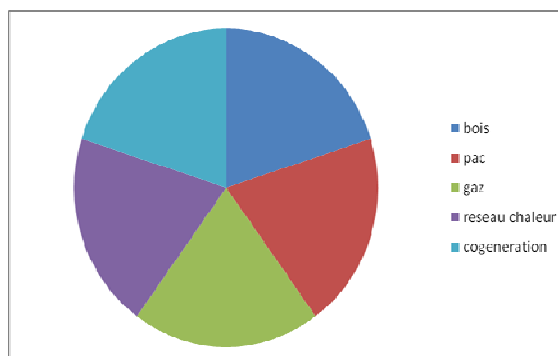
**CSTB**  
le futur en construction

## -LE TERTIAIRE PRIVE (5 opérations)

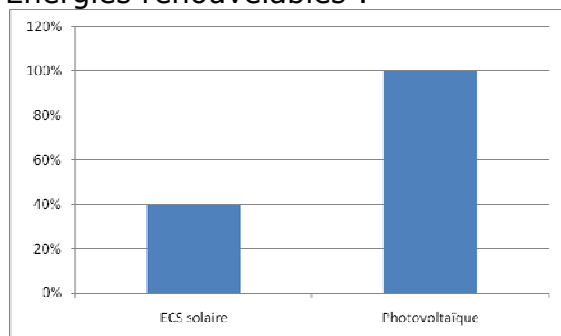
Mode de ventilation :



Mode de chauffage :



Energies renouvelables :



L'échantillon se compose de 5 projets de bureaux. Parmi eux deux sont des Bâtiments à Energie POSitive, trois des Bâtiments BBC dont une réhabilitation. Les projets sont tous des projets importants de 10 000 m<sup>2</sup> de SHON minimum pour les trois opérations BBC et de 21 000 m<sup>2</sup> à 29000 m<sup>2</sup> pour les deux opérations à énergie positive.

Le coût total des projets est compris entre 26 et 78 millions d'euros pour le neuf. Le surinvestissement est de 77€/m<sup>2</sup>SHON pour l'immeuble réhabilité BBC, de 138€ à 192€/m<sup>2</sup>SHON pour les deux tertiaire neufs BBC (R+5 et R+7) soit en moyenne 165€/ m<sup>2</sup> de SHON pour la basse consommation.

Pour les deux BEPOS, tous deux R+5, le surinvestissement est respectivement de 439,3€ et 558,4€/m<sup>2</sup>SHON, soit en moyenne 500 euros par m<sup>2</sup>de SHON.

Le surinvestissement représente en moyenne 6,2% du coût prévisionnel des travaux pour les Bureaux à Basse Consommation neufs et 18,5% pour les Bureaux à énergie positive (de 16,4 à 20,7%).

Aucun système de chauffage privilégié ne se dégage. Les projets utilisent tous des solutions différentes : Bois et Solaire thermique ou réseau de chaleur pour les deux BBC neuf, chaudière gaz à condensation pour le BBC réhabilité, PAC sol

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

eau géothermique ou cogénération à l'huile végétale avec refroidissement par PAC air/air pour les bureaux BEPOS.

Tous les projets utilisent une VMC double flux et font massivement appel au solaire photovoltaïque (et beaucoup moins au thermique), avec des surfaces dépassant les 4 000 m<sup>2</sup> pour les BEPOS.

**Il est important de noter que le coût prévisionnel des travaux au m<sup>2</sup> de SHON des bâtiments BEPOS qui s'établissent respectivement à 2704€ et 2677€/m<sup>2</sup>SHON, est quasi équivalent au coûts prévisionnel des travaux des BBC, respectivement de 2652€ et 2675€ au m<sup>2</sup> SHON.**

Il sera intéressant d'analyser de manière plus détaillée les projets tertiaire lauréats de l'appel à projet de l'ADEME-IDF lorsqu'ils seront réceptionnés et en fonctionnement.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## 2.2 LES PREMIERS RESULTATS DU DISPOSITIF QEB EN RHONE ALPES

En 2007, L'ADEME et certaines régions se sont associées afin de promouvoir la Qualité Environnementale des Bâtiments (QEB) dans le logement social. Elles ont donc lancé le programme QEB qui apporte des aides à l'accompagnement et aux travaux pour les logements sociaux neufs qui obtiennent des performances THPE ou BBC.

Pour le programme QEB Rhône-Alpes, regroupant l'ADEME, la région Rhône-Alpes et l'ARRA HLM, un premier retour d'expérience sur 11 opérations (5 de niveau THPE et 6 de niveau BBC) a été réalisé un an après le lancement du programme. Au 4 mai 2010, 15 opérations BBC en cours étaient renseignées. Parmi elles, 6 devaient être livrées en 2010.

Nous présentons ici les premiers enseignements sur les coûts et les caractéristiques techniques de ces opérations.

Les 15 opérations de logements sociaux situées en Rhône Alpes répondent toutes aux critères du référentiel « QEB logements social neuf » lancé en 2009. Ce référentiel est présenté de manière détaillée dans la section 1.5. Ses critères évolutifs lui permettent d'intégrer les nouvelles pratiques et les nouvelles techniques mais aussi d'anticiper les évolutions de la réglementation. Le référentiel est centré sur la gestion de projet et la vie du bâtiment ainsi que sur 5 thématiques techniques : l'insertion du projet dans son environnement immédiat, les procédés et produits de construction, la maîtrise des flux, la maîtrise des confort et la gestion des nuisances, pollutions et risques. Ce programme permet de bénéficier de financements pouvant aller jusqu'à 70 euros/m<sup>2</sup> de surface utile pour les opérations BBC.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



### 2.2.1 - PRESENTATION TECHNIQUE DES OPERATIONS

Les opérations du programme QEB Rhône-Alpes ont toutes une série de points communs que nous ne pouvons détailler : bonne compacité, orientation bioclimatique et optimisation dynamique des apports solaires, logements traversant et ventilation nocturne pour améliorer le confort d'été,... Le tableau suivant présente les principales caractéristiques techniques des opérations qui ont un impact sur la consommation en énergie. Ce sont à la fois des caractéristiques du bâti –système constructif, vitrage, isolation des murs- et des équipements –ventilation, chauffage, énergies renouvelables.

Les faibles consommations énergétiques des bâtiments BBC sont obtenues en agissant d'abord sur les performances thermiques du bâti, ce qui réduit les besoins énergétiques en chauffage, puis sur les équipements afin d'avoir le meilleur rendement possible pour la production de chaleur. Une utilisation des énergies renouvelables est aussi envisagée pour réduire encore plus la consommation d'énergie ou pour réduire les besoins énergétiques de la production d'eau chaude, devenue un poste de consommation de fluides comparable aux besoins de chauffage.

Certaines opérations utilisent d'autres solutions techniques comme la toiture végétalisées ou la serre qui préchauffe l'air intérieur mais ce sont des solutions peu répandues qui ont un coût prohibitif si on ne regarde que leur impact sur les consommations énergétiques. Nous ne les avons donc pas intégrés dans les paramètres techniques.

De même, les bâtiments avec balcons présentent un surcoût supplémentaire important, même s'ils contribuent au confort d'usage, car le traitement des ponts thermiques des balcons implique des solutions coûteuses comme la désolidarisation des balcons ou un accrochage par bandes noyées ponctuelles. Nous n'avons pas pu prendre en compte cette spécificité car les données disponibles n'étaient pas suffisamment détaillées. La présence ou l'absence de balcons est importante car la réduction du nombre de décrochés peut déboucher sur une pauvreté architecturale –bâtiment boîte- et sont malheureusement synonymes de performances thermiques de l'enveloppe plus aisément atteintes à des coûts réduits. Ainsi, construire un bâtiment BBC avec un véritable cachet architectural est une vraie gageure.

#### **La qualité et la diversité architecturale : une vraie gageure**

D'un point de vue utilitariste tout ce qui est balcon ou décroché de façade engendre une surconsommation d'énergie, c'est à dire un surcoût supplémentaire pour atteindre les mêmes performances énergétiques qu'un « bâtiment boîte ». La tentation est donc grande de limiter au maximum les déperditions de l'enveloppe en la simplifiant au maximum. Mais, la faiblesse des consommations de chauffage que l'on peut obtenir avec des équipements performants –autour de 10 kWhep/ m<sup>2</sup>SHON.an, soit environ un cinquième du seuil BBC- et la volonté, dans la plupart des cas, de louer voire revendre les

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

logements à l'issue de la construction sont deux arguments pour espérer que BBC ne sera pas synonyme de pauvreté architecturale.

Nom de l'opération	Département	Surface Utile (SU) en m <sup>2</sup>	Système constructif	Isolation des murs	Ventilation	Chauffage	Vitrage	Solaire thermique		Autres ENR
								en m <sup>2</sup>	en % de SU	
le partisan	38	2 182	beton	extérieure	hygro B	réseau de chaleur	DV	40	1,8%	
le square phaeton	69	3 964	beton	extérieure	double flux	gaz a condensation	DV	48	1,2%	
les symphonies	69	5 995	beton	extérieure	hygro B	gaz a condensation	DV			
place de la poste a sauzet	26	1 277	beton	extérieure	double flux	réseau de chaleur	DV	20	1,6%	
la closerie	74	853	beton	extérieure	double flux	gaz a condensation	DV	30	3,5%	
les saules	74	1 730	beton	extérieure	hygro B	PAC eau/eau	DV	60	3,5%	
rue de pralere	74	2 433	beton	extérieure	hygro B	gaz a condensation	DV	80	3,3%	
le clos sainte therese	73	647	beton	extérieure	hygro B	gaz a condensation	DV	26	4,0%	
zac vignières pommaries	74	1 587	beton	extérieure	hygro B	gaz a condensation	DV	48	3,0%	
allée jean racine	42	814	beton	extérieure	hygro B	gaz a condensation	DV			
Decines	69	2 531	beton	extérieure	double flux	gaz a condensation	DV	61	2,4%	
la tour de salvagny	69	1 530	beton	répartie	double flux	gaz a condensation	DV			
La Terrasse	38	437	bois	extérieure	double flux	PAC air/eau, puit canadien	TV	30	6,9%	
AC04	69	2 421	beton	extérieure	double flux	réseau de chaleur	DV	48	2,0%	65 m <sup>2</sup> de photovoltaïque
le nova	38	2 798	bois	extérieure	hygro B	réseau de chaleur	DV			

Tableau 1:Présentation technique des opérations QEB Rhône Alpes

La surface moyenne des opérations est relativement faible, 2080 m<sup>2</sup> de surface utile en prenant en compte l'opération « les symphonies » qui frôle les 6000 m<sup>2</sup> SU. Cette surface correspond bien à une recherche de performances énergétiques car elle permet d'avoir un bon taux de compacité et de limiter le nombre d'étages. Sur les 15 opérations, seules 6 ont plus de 3 étages et sont équipées d'un ascenseur, source de consommation d'énergie supplémentaire.

**Le système constructif dominant est la structure béton**, avec 87% des opérations. En effet, elle permet de bénéficier d'une bonne inertie thermique et est moins chère qu'une ossature bois.

**L'isolation extérieure est présente dans plus de 90% des opérations**, et seule une construction a opté pour l'isolation répartie avec une façade en monmur.

#### SIEGE SOCIAL

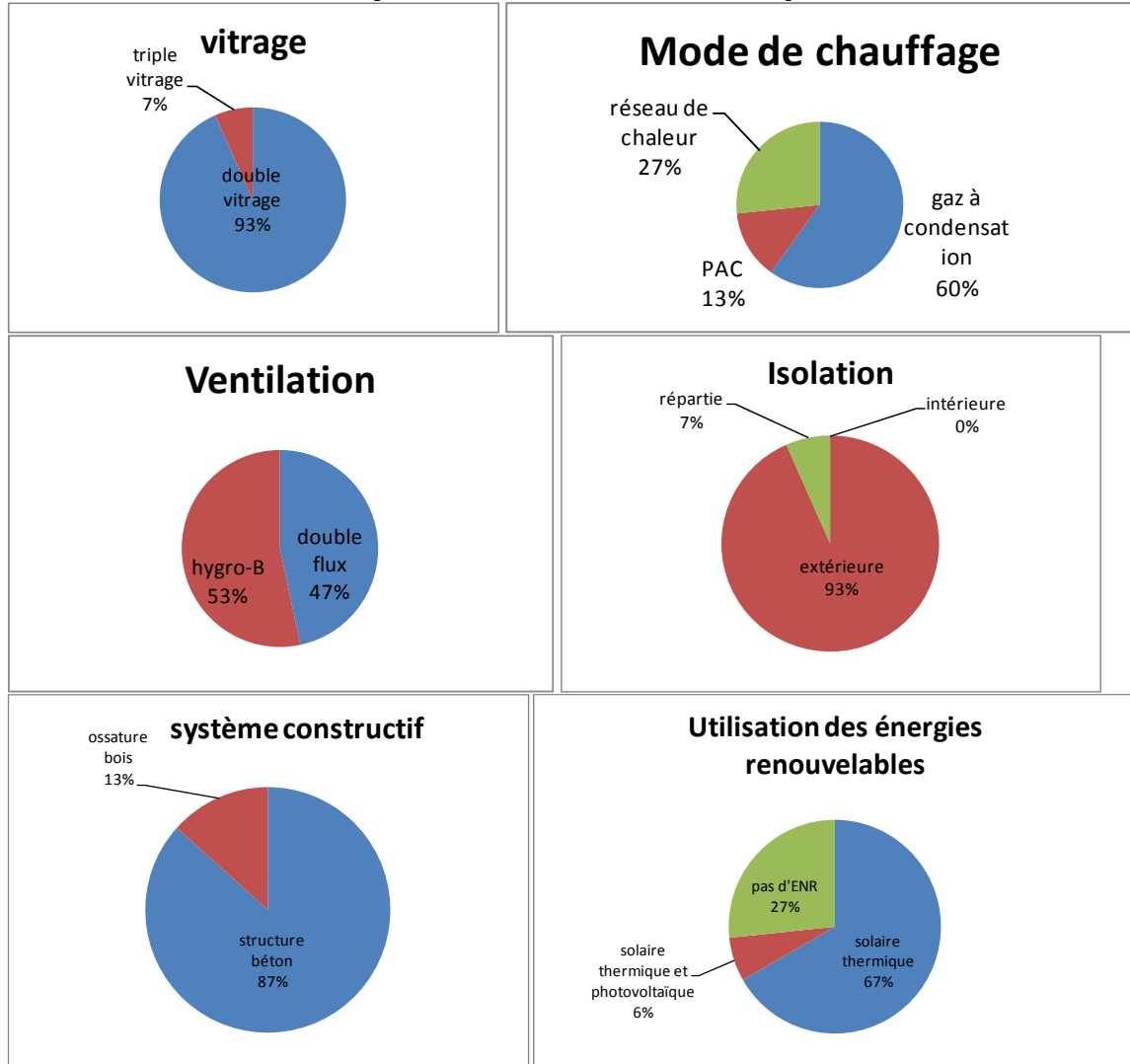
84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

**CSTB**  
le futur en construction



De même, le double vitrage peu émissif à gaz rare a été plébiscité et le triple vitrage n'est utilisé que pour une opération.

### Synthèse des choix techniques



#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

**Pour ce qui est de la ventilation, les commanditaires semblent hésitants entre une ventilation simple flux de type hygro-B (53% des opérations) ou une ventilation double flux (47% des opérations).** De plus, aucune corrélation claire ne semble se faire entre le système de ventilation et la taille de l'opération ou le mode de chauffage puisque les opérations utilisant une ventilation hygro-B ou double flux ont une surface moyenne et une répartition des systèmes de chauffage similaires. L'arbitrage entre d'une part la simplicité de pose et le moindre coût et de maintenance de la VMC hygro-B et d'autre part le meilleur rendement de la VMC double flux ne semble pas encore réalisé.

Au niveau du système de chauffage, la chaudière gaz à condensation collective est utilisée dans 60% des cas, contre 27% pour le réseau de chaleur et seulement 13% (2 opérations) pour l'électrique sous forme de pompe à chaleur (PAC).

**La chaudière à condensation, qui présente des avantages certains en matière d'entretien ou de nuisances sonores, est donc le moyen le plus couramment utilisé, en particulier s'il n'y a pas de raccordement possible à un réseau de chaleur.**

**73% des opérations font appel aux énergies renouvelables, en quasi exclusivité grâce au solaire thermique.** En effet, avec les gros efforts consentis pour réduire les besoins de chauffage, l'eau chaude sanitaire devient dans bien des cas le plus gros poste de consommation d'énergie. **La surface moyenne de capteurs thermiques est de 3% de la surface utile** mais peut monter jusqu'à près de 7% pour de petites opérations où les capteurs sont reliés à des chauffe-eaux individuels.

Une seule opération utilise une autre source d'énergie renouvelable (le photovoltaïque), qui s'inscrit en complément du solaire thermique. Bien que présentant un potentiel de gains à long terme importants grâce à une politique publique très incitative jusqu'en 2009, le photovoltaïque demande néanmoins un investissement initial très élevé et une ingénierie juridique qui le rend peu attractif auprès des bailleurs sociaux.

Ainsi, si le bâti des opérations BBC pour le logement social est très homogène et centré sur une solution structure béton-isolation par l'extérieur-double vitrage peu émissif, il n'y a pas de solution unique qui se dégage pour les équipements.

Pour le système de chauffage, hormis un consensus sur la collectivisation des moyens de production, il n'y a pas d'arbitrage clair entre la PAC, le raccordement au réseau de chaleur et la chaudière gaz à condensation, même si cette dernière est tout de même utilisée dans 60% des opérations. Pour la ventilation le choix entre VMC double flux et hygro-B semble loin d'être tranché. Seule l'utilisation de solaire thermique est un choix d'équipement largement répandu.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



### **Le taux de vitrage**

La réduction du taux de vitrage peut être une tentation pour limiter les déperditions thermiques, en particulier pour le secteur du logement qui a des besoins d'éclairage relativement plus faible par rapport au tertiaire. Ce ratio surface vitrée/ Shab varie entre 13 et 21% pour une moyenne s'établissant à 17.5% pour les 8 opérations QEB Rhône-Alpes qui ont renseigné cette donnée.

## **2.2.2 - ANALYSE DES CARACTERISTIQUES ECONOMIQUE DES OPERATIONS**

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques économiques des opérations QEB. La colonne « coût par m<sup>2</sup> SU » représente le coût total des travaux hors VRD et hors adaptation au terrain. Les frais de maîtrise d'œuvre ne sont donc pas pris en compte dans ce coût unitaire. Nous avons choisi d'utiliser cette définition des coûts de travaux afin de mettre de côté les spécificités dues au terrain et ainsi comparer sans biais les opérations.

La répartition du surinvestissement entre enveloppe et systèmes a été renseignée dès que les données étaient disponibles.

La SHON n'étant pas renseignée, nous avons donc utilisé la surface utile dans la suite de l'analyse.

Comme pour le reste du rapport le surinvestissement correspond à la différence de coût de construction entre l'opération réelle et une opération de même forme mais dont les caractéristiques techniques correspondent au minimum réglementaire. Les équipements photovoltaïques, qui ne concernent qu'une opération, ne sont pas pris en compte dans le calcul du surinvestissement.

Les subventions proviennent principalement du programme QEB et de l'aide de l'ADEME pour le solaire.

**Le coût moyen des travaux de chaque opération est de 1465 euros HT** par m<sup>2</sup> de surface utile pour un écart moyen de 209 euros. Le coût des travaux hors VRD au m<sup>2</sup> SU varie entre 1139 euros HT et 1982 euros HT.

**Le surinvestissement est compris entre 7 et 23% du coût des travaux hors VRD et s'établit à 12% en moyenne. 8 opérations ont réussi à obtenir des surinvestissements inférieurs à 10,1%.**

L'opération « La terrasse », qui est une petite opération à ossature bois, a un surinvestissement de 396 euros HT/m<sup>2</sup> SU, largement supérieur à tous les autres. Sans cette opération, le surinvestissement s'échelonne entre 91 et 272 euros HT/m<sup>2</sup> SU.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



Nom de l'opération	coût par m <sup>2</sup> SU	subventions par m <sup>2</sup> SU	surinvestissement		répartition du surinvestissement	
			par m <sup>2</sup> SU	en % du coût travaux	enveloppe	systèmes
le partisan	1 299	74	91	7%	71%	29%
le square phaeton	1 506	50	197	13%	70%	30%
les symphonies	1 223	18	124	10%	64%	36%
place de la poste a sauzet	1 139	127	113	10%	70%	30%
la closerie	1 982	85	156	8%	46%	54%
les saules	1 308	46	173	13%	26%	74%
rue de pralere	1 763	56	172	10%	56%	44%
le clos sainte therese	1 598	70	272	17%		
zac vignières pommaries	1 776	102	169	10%	42%	58%
allée jean racine	1 224	87	236	19%		
Decines	1 412	42	106	8%	75%	25%
la tour de salvagny	1 225	35	113	9%	80%	20%
La Terrasse	1 736	161	396	23%	89%	11%
AC04	1 334	61	152	11%	44%	56%
le nova	1 455	70	207	14%		
<b>MOYENNE</b>	<b>1 465</b>	<b>72</b>	<b>178</b>	<b>12%</b>	<b>60%</b>	<b>40%</b>
<b>écart moyen</b>	<b>209</b>	<b>27</b>	<b>55</b>	<b>4%</b>	<b>16%</b>	<b>16%</b>

Tableau 2: présentation économique des opérations QEB Rhône Alpes

Le surinvestissement se monte en moyenne à 178 euros HT/m<sup>2</sup> SU pour une subvention moyenne de 72 euros HT/m<sup>2</sup> SU, c'est-à-dire que le choix de l'opération BBC a coûté en moyenne au maître d'ouvrage une bonne centaine d'euros supplémentaire par m<sup>2</sup> SU.

**Les petites opérations ont tendance à avoir des surinvestissements au m<sup>2</sup> SU plus élevés que la moyenne.** Les 7 opérations de plus de 2000 m<sup>2</sup> SHON ont un surinvestissement moyen de 150 euros HT/ m<sup>2</sup> SU.

Le surinvestissement payé par le maître d'ouvrage, soit la différence entre le surinvestissement constaté et le montant des subventions, est très variable. Si sa moyenne par opération s'établit à 106 euros HT/m<sup>2</sup> SU son écart moyen est de 49 euros HT/m<sup>2</sup> SU et il varie entre -14 et 235 euros HT/m<sup>2</sup> SU. Le surinvestissement de l'opération « Place de la poste » à Sauzet menée par Drôme Aménagement Habitat a été plus que couvert par les subventions. Cette

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



opération a bénéficié de subventions supplémentaires du conseil général et de subventions pour le solaire thermique.

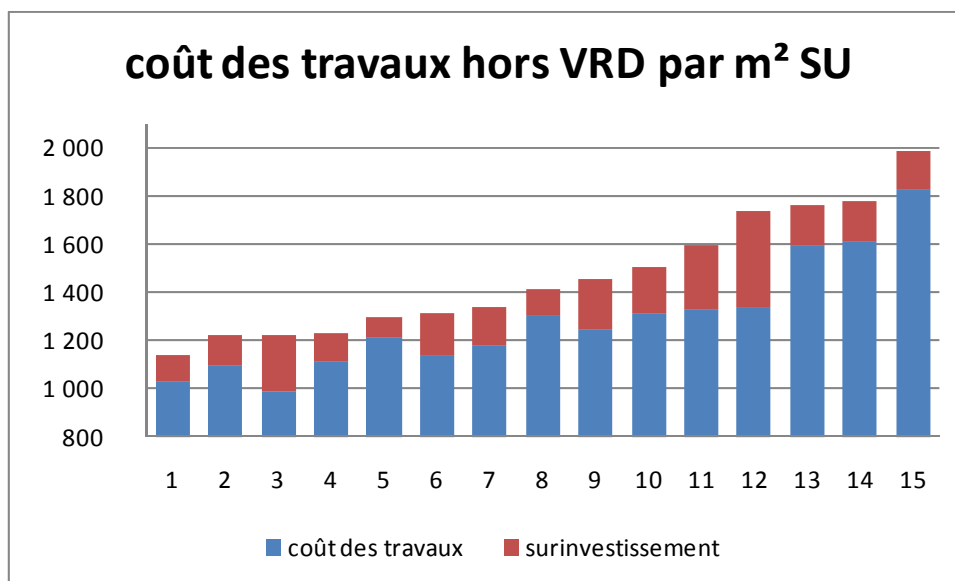


Figure 1: coût des travaux et surinvestissement des opérations QEB Rhône-Alpes

**La ventilation du surinvestissement entre enveloppe et systèmes met en évidence une répartition moyenne de 60%-40%, soit 107 euros HT/ m<sup>2</sup> SU pour l'enveloppe et 71 euros HT/ m<sup>2</sup> SU pour les systèmes.**

Mais cette répartition reste très variable et l'on peut avoir une répartition de 89%-11% pour une opération ossature bois ou 26%-74% pour une opération combinant une large utilisation du solaire thermique et une PAC sur nappe phréatique.

### L'eau chaude sanitaire : un nouveau gisement d'économies d'énergie

Les efforts drastiques sur la réduction des consommations d'énergie pour le chauffage font de l'eau chaude sanitaire un poste de consommation comparable. Sur les 10 opérations qui ont renseigné les consommations par poste, la consommation moyenne de chauffage est de 23.3 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an contre 21.1 pour l'eau chaude sanitaire alors que 90% d'entre elles utilisent du solaire thermique. Des innovations conduisant à une réduction des consommations d'énergie pour l'eau chaude sanitaire sont donc à souhaiter et seront certainement rentables. On peut déjà noter que les 5 opérations avec le surinvestissement le plus faible utilisent toute une surface raisonnée de solaire thermique –autour de 2 à 3% de leur SU.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

**Malgré le faible nombre d'opérations, on note un fort surcoût pour le choix d'une ossature bois.** L'opération « La terrasse » présente un surinvestissement de 352 euros HT/m<sup>2</sup> SU sur l'enveloppe alors que le surinvestissement pour les systèmes est dans la moyenne. Bien qu'il ait été décidé l'utilisation de triple vitrage et de balcons indépendants pour cette opération, une grande partie de l'écart vient de l'ossature bois. De même, l'opération « Nova » présente un écart à peine supérieur à la moyenne (207 euros HT/m<sup>2</sup> SU) mais le surinvestissement systèmes est minime car le bâtiment a une VMC hygro-B et des doubles vitrages mais surtout est relié au réseau de chaleur, ce qui évite le poste chaufferie.

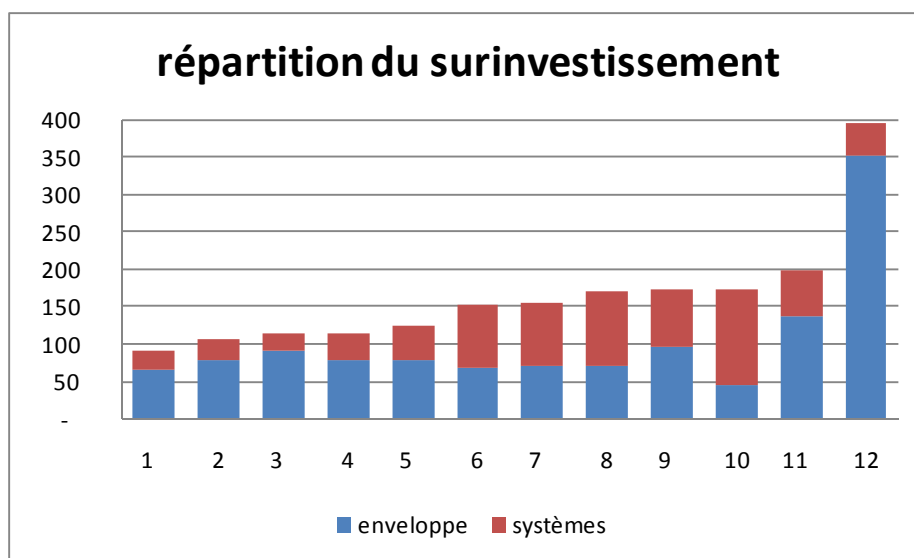


Figure 2: répartition du surinvestissement pour les opérations renseignées

**Une seule opération a choisi une isolation répartie, mais cela ne semble pas un mauvais choix** même si le surinvestissement pour l'enveloppe est plus élevé que la moyenne - 90 euros HT/m<sup>2</sup> SU contre 80. Avec un coût de construction de 1225 euros HT/m<sup>2</sup> SU, un surinvestissement de 9.2% et seulement 23 euros HT/m<sup>2</sup> SU pour les systèmes alors que le bâtiment n'est pas relié au réseau de chaleur. C'est une des opérations les plus économiques du panel.

**En mettant de côté les opérations bois** et en analysant les opérations pour lesquelles la répartition enveloppe-systèmes est renseignée, on arrive à **un surinvestissement moyen de 142 euros HT/m<sup>2</sup> SU réparti entre 80 euros soit 56% pour l'enveloppe et 62 euros soit 44% pour les systèmes.** Comme **les solutions techniques concernant l'enveloppe sont beaucoup moins variées que pour les systèmes**, on a un écart-type moyen de 15 euros pour l'enveloppe et 29 euros pour les systèmes.

Les opérations structure béton à surcoût maîtrisé ont un surinvestissement de l'ordre de 135 euros réparti à 60% sur l'enveloppe et à 40% sur les systèmes.

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction



### **L'enveloppe : le nerf de la guerre de la réduction du surinvestissement**

Si on constate une forte baisse du surinvestissement systèmes, due à une meilleure conception ou une baisse du coût des équipements, l'enveloppe est le plus gros poste de surinvestissement avec un effort supplémentaire stable de 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU. C'est donc sur les ouvrants et l'isolation du bâti que les efforts doivent se concentrer pour s'approcher d'un surinvestissement nul. L'utilisation de panneaux sandwichs préfabriqués en usine peut être une voie de réduction des coûts.

### **Zoom sur les opérations qui ont un surinvestissement inférieur à 10% :**

Sept opérations ont un surinvestissement inférieur à 10%. Comme l'opération « Les symphonies » a un surinvestissement de 10.1% pour un coût de construction très bas, 1223 euros par m<sup>2</sup> SU, nous avons décidé de l'inclure dans ce panel.

De même, l'opération « La closerie » a un coût au m<sup>2</sup> SU de 1982 euros HT, si bien que nous avons aussi décidé de l'enlever du panel. En effet, avoir un pourcentage de surinvestissement limité quand le coût de construction est très élevé n'est pas une gageure.

Les sept opérations ainsi déterminées ont une surface moyenne de 2505 m<sup>2</sup> SU pour un coût de construction moyen de 1405 euros HT/m<sup>2</sup> SU et un surinvestissement moyen de 127 euros HT/m<sup>2</sup> SU. Ce surinvestissement concerne davantage l'enveloppe -80 euros soit 65% en moyenne- que sur les systèmes -35% soit 47 euros en moyenne.

Le surinvestissement sur l'enveloppe est donc le même que pour l'ensemble des opérations, mais le surinvestissement sur les équipements est bien plus faible.

Cela laisse supposer qu'une bonne isolation de l'enveloppe est un pré requis et que limiter le surinvestissement passe par un bon choix de systèmes.

Toutes ces opérations ont une structure béton, des doubles vitrages et utilisent du solaire thermique, 2.4% de la SU en moyenne. L'opération qui a choisi l'isolation répartie est dans le panel.

5 ont une chaudière gaz à condensation et 2 sont reliées au réseau de chaleur. Par contre, aucune n'a de pompe à chaleur.

Aucun système de ventilation dominant ne se dégage, avec 4 VMC hygro-B et 3 double flux.

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



### **Les « bonnes pratiques » techniques utilisées pour réduire le surinvestissement dans le logement collectif**

- Le solaire thermique reste un bon moyen de réduire le surinvestissement avec une surface de panneaux aux alentours de 2 à 3% de la surface utile.
- Raccordement au réseau de chaleur ou chaudière gaz à condensation sont les systèmes de chauffage les moins coûteux pour le maître d'ouvrage.
- Vu les prix actuels du triple vitrage, il semble plus pertinent d'utiliser du double vitrage peu émissif et/ou à gaz rare et d'investir plus dans d'autres équipements ou moyens d'isolation.
- Des balcons non désolidarisés mais pensés pour limiter les ponts thermiques n'entraînent pas de surcoût important au m<sup>2</sup> de surface utile
- VMC double flux ou hygro-B ne semblent pas avoir d'incidence sur le surinvestissement
- Isolation extérieure ou répartie ne semblent pas avoir d'incidence sur le surinvestissement, mais le nombre de cas est trop faible pour tirer une conclusion définitive.

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## Zoom sur les 5 opérations ayant le surinvestissement le plus faible

Ces 5 opérations ayant le surinvestissement le plus faible –soit inférieur à 125 euros HT/ m<sup>2</sup> SU- ont toutes un surinvestissement inférieur à 10% du coût de construction hors VRD. Elles ont une surface utile moyenne de 2703 m<sup>2</sup> -1 880 m<sup>2</sup> sans l'opération « Les symphonies » qui est de loin la plus grosse opération.

**Leur coût de construction moyen est de 1260 euros HT/m<sup>2</sup> SU pour un surinvestissement moyen de 109 euros HT/m<sup>2</sup> SU soit 8,7%.**

Ces opérations vont du R+2 au R+9, le **nombre d'étages n'est donc pas discriminant pour notre panel**. Par contre, **une seule opération propose des balcons**, qui ne sont pas désolidarisés du bâti mais sont rattachés à la façade par bandes noyées ponctuelles pour limiter les dépenses supplémentaires.

Le taux de subvention de ces opérations est plus faible que la moyenne - 59 euros par m<sup>2</sup> SU contre 72 pour la moyenne du panel -, ce qui confirme que les projets économiquement optimisés ont moins besoin de subvention pour voir le jour.

**Le surinvestissement est très largement réparti sur l'enveloppe** -78 euros par m<sup>2</sup> SU soit 72%- et le **surinvestissement système est maîtrisé** avec seulement 31 euros par m<sup>2</sup> SU.

**On voit que le surinvestissement sur l'enveloppe est encore autour de 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU et que la baisse du surinvestissement vient uniquement de la maîtrise des dépenses sur les équipements.**

**Les points communs de ces opérations** : une structure béton, des doubles vitrages peu émissifs et du solaire thermique –environ 2% de la surface utile, soit moins que la moyenne du panel.

**Les différences** : 2 opérations sont raccordées au réseau de chaleur et 3 ont des chaudières collectives à condensation. Ainsi, le raccordement au réseau de chaleur peut être une alternative à condition de maîtriser les coûts du kWh par un contrat d'approvisionnement de longue durée. La chaudière à condensation permet aussi d'atteindre un bon niveau de performances à un coût maîtrisé.

Le choix de la ventilation double flux ou hygro-B ne semble pas avoir d'impact sur la maîtrise du surinvestissement – 3 opérations ont une VMC double flux et 2 ont une VMC simple flux hygro-B -, le coût plus élevé de la VMC double flux étant sans doute compensé par des économies sur d'autres postes.

L'isolation répartie semble être une bonne alternative économique à l'isolation par l'extérieur car la seule opération ayant une isolation répartie à un des surinvestissements les moins élevés du panel.

Une « bonne » opération BBC sur le plan économique est donc tout à fait compatible avec l'idée défendue par la démarche Negawatt qui prône une baisse des besoins avant une optimisation de la production. En effet, les « meilleures » opérations sur le plan économique ont une enveloppe aussi performante que les autres mais on réussit à limiter leurs dépenses sur les équipements de production.

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

### 2.2.3 - ESTIMATION DE LA RENTABILITE DES PROJETS BBC

Nous évaluerons la rentabilité d'un projet BBC en estimant le nombre d'années nécessaires pour que les gains théoriques de consommation d'énergie compensent le surinvestissement initial. C'est donc une estimation du temps de retour sur surinvestissement.

Cette méthode, une des seules capable d'estimer une rentabilité ex-ante, présente au moins trois sources de grande incertitude :

- elle dépend de la manière dont le surinvestissement a été évalué, qui est souvent opaque au mieux imprécis ;
- elle dépend grandement de l'évolution des prix de l'énergie, et ce pour des horizons de temps qu'il est hasardeux d'anticiper;
- ces gains d'énergie ne sont que théoriques et virtuels, et rien ne dit que le comportement des habitants va être compatible avec le comportement conventionnel du calcul réglementaire.

**C'est pourquoi nous avons décidé de ne faire qu'une estimation sommaire des temps de retour sur surinvestissement**, ci-dessous appelés temps de retour sur investissement ou TRI pour plus de clarté.

Le label BBC impose un seuil de consommation conventionnelle d'énergie de 50 kWh par m<sup>2</sup> SHON par an en énergie primaire, modulé par l'altitude et la localisation géographique. Les opérations BBC du panel ont toutes des consommations conventionnelles –regroupant les besoins en chaud, en froid, en éclairage, en ventilation et en eau chaude sanitaire- d'environ 50 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an. Pour ces opérations, la consommation conventionnelle de référence, c'est-à-dire la consommation conventionnelle d'un bâtiment ayant la même morphologie mais dont les performances techniques correspondent au minimum réglementaire, est d'environ 110 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an. Cela veut dire que le surinvestissement a permis le gain d'environ 110-50=60 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an. Avec un ratio SHON/ SU d'environ 1.1 on aboutit à un gain d'environ 65 kWh/m<sup>2</sup>SU.an.

Le coût du kWh primaire est d'environ 6 centimes pour l'énergie gaz et l'énergie bois et de 4.5 centimes pour l'énergie électrique –sur une base de 11.6 centimes pour un kWh final. Nous prendrons pour la suite l'hypothèse d'un prix du kWh primaire de 5 centimes quel que soit l'énergie, ce qui correspond approximativement à une moyenne des prix pour chaque énergie.

Nous ferons aussi l'hypothèse que le surinvestissement est financé sans emprunts supplémentaires et sur fonds propres afin de minimiser son temps de retour sur investissement

Les hypothèses sont donc :

- un gain de 65 kWh/m<sup>2</sup>SU.an
- un prix de l'énergie en 2010 de 5 centimes par kWh primaire
- un financement du surinvestissement sans emprunts

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



Pour l'évolution des prix de l'énergie nous avons fait deux scénarios : un scénario où les prix de l'énergie sont constants et un autre où ils augmentent de 3% par an. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Nom de l'opération	TRI sans subventions (ans)		TRI avec subventions (ans)	
	Sans inflation énergie	Avec inflation énergie	Sans inflation énergie	Avec inflation énergie
le partisan	28	21	5	5
le square phaeton	61	36	45	29
les symphonies	38	26	32	24
place de la poste a sauzet	35	25	négatif	négatif
la closerie	48	31	22	17
les saules	53	33	39	27
rue de pralere	53	33	36	25
le clos sainte therese	84	43	62	36
zac vignières pommaries	52	32	21	17
allée jean racine	73	40	46	30
Decines	33	24	20	16
la tour de salvagny	35	25	24	19
La Terrasse	122	53	72	39
AC04	47	30	28	21
le nova	64	37	42	28
<b>MOYENNE</b>	<b>55</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>24</b>
<b>écart moyen</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>6</b>

Tableau 3 : Temps de retour sur investissement estimé des opérations (ans)

**Avec un Temps de Retour sur Investissement (TRI) brut de 55 ans en moyenne (50 sans l'opération « La terrasse ») et un TRI minimum de 28 ans, les opérations sont trop peu rentables pour être attractives sans subventions et sans inflation des prix de l'énergie.** D'autant plus que ce calcul est basé sur des hypothèses optimistes pour le retour sur investissement – emprunt nul ou à taux zéro, gains d'énergie théoriques effectivement réalisés- ne prend pas en compte la possible augmentation des frais de maintenance de ces bâtiments plus complexes. Même avec une augmentation annuelle de 3% des prix de l'énergie le TRI moyen sans subventions est de 33 ans.

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## Principales conclusions

-Le surinvestissement représente en moyenne 12% du coût des travaux hors VRD, 8,7% pour les opérations ayant le surinvestissement le plus faible.

-L'enveloppe est le plus gros poste de surinvestissement. Pour une structure béton, l'écart est d'environ 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU **quel que soit le surinvestissement global.**

-Les équipements ou systèmes représentent un surinvestissement de l'ordre de 25 à 100 euros HT/ m<sup>2</sup> SU. Pour les opérations BBC à faible surinvestissement, l'écart sur les systèmes représente à peine 30 euros HT/ m<sup>2</sup> SU.

-Une opération BBC à faible surinvestissement cherche d'abord à réduire ses besoins de chauffage grâce à l'enveloppe avant d'optimiser ses systèmes de production. Une bonne opération BBC sur le plan économique se traduit par une réduction du coût des équipements, non de l'enveloppe.

-Pour les opérations BBC à faible surinvestissement, les équipements en représentent moins de 30%. Une baisse du surinvestissement passe donc par une réduction des coûts des vitrages performants et de l'isolation par l'extérieur.

-Il semble possible de combiner balcons et faible surinvestissement si les balcons ne sont pas désolidarisés.

-A l'heure actuelle, sans aides publiques et/ou sans augmentation forte et soutenue des prix de l'énergie le surinvestissement des bâtiments neufs BBC n'est pas rentabilisé par les seuls gains sur les consommations énergétiques.

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





### 3. ANALYSE DE LA MACROSTRUCTURE DES COUTS DES CAS CSTB

#### 3.1 LE LOGEMENT COLLECTIF

3 opérations de logement collectif BBC ont été analysées. Ces opérations sont peu nombreuses, mais ont été sélectionnées pour leurs performances économiques et leur reproductibilité.

L'opération de 13 logements « La Clairière » se situe dans la banlieue de Reims, l'opération « Les Héliades » - 30 logements - se situe dans les Vosges et l'opération « Le Cheylas » se situe en Isère et comptabilise 16 logements. Cette dernière a été analysée par le bureau d'études AKOE à notre demande.

L'opération « Le Cheylas » et l'opération « La Clairière » sont des opérations BBC à structure béton, l'opération « La Clairière » est même la première opération de logements sociaux PassiveHaus, l'opération « Les Héliades » est un BEPOS à ossature bois avec 1000 m<sup>2</sup> de photovoltaïque en toiture-. Ces trois bâtiments ont été livrés en 2009 et font partie des premiers bâtiments à basse consommation en France.

##### 3.1.1 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES OPERATIONS

nom	type	département	Surface Utile	ratio SHON/Shab	système constructif	enveloppe	ventilation	Vitrage	chauffage	Solaire thermique (m <sup>2</sup> )
la clairière	BBC	51	1289	1,20	structure béton	isolation extérieure	double flux et puit canadien	Double et triple vitrage	convecteurs électriques	38 (2.8% de la SU)
les heliades	BEPOS	88	3016	1,38	ossature bois	isolation extérieure	double flux	Triple vitrage	gaz à condensation collectif	80 (2.7% de la SU)
le cheylas	BBC	38	1240	1,28	structure béton	isolation extérieure et intérieure	double flux	Double vitrage	gaz à condensation collectif	60 (4.8% de la SU)

Tableau 4: Caractéristiques techniques des opérations de logement social (cas CSTB)

Dans ce tableau, nous avons raisonné à partir de la surface utile et non à partir de la SHON pour pouvoir comparer les résultats obtenus aux opérations QEB Rhône-Alpes et pour éviter un biais réglementaire qui peut conduire à une augmentation artificielle de la SHON pour baisser coûts et consommations au m<sup>2</sup> SHON.

Nous avons aussi intégré un ratio entre la SHON et la Shab car nous voulions tester la performance des opérations en terme de rentabilisation de surface.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



### **Les logements BBC, la SHON et la surface habitable**

Le label BBC impose des contraintes sur la consommation par m<sup>2</sup> SHON, mais pas sur la surface habitable tant que le rapport SHON/Shab est inférieur à 1.20. Comme 1 m<sup>2</sup> Shab consomme plus d'énergie et coûte plus cher qu'1 m<sup>2</sup> SHON, il peut être avantageux pour le maître d'ouvrage d'augmenter artificiellement la SHON jusqu'au rapport SHON/Shab fatidique des 1.20 afin de minimiser ses coûts et sa consommation d'énergie au m<sup>2</sup> SHON.

Cette tendance est tout de même compensée par l'intérêt à minimiser le ratio SHON/Shab et de maximiser la surface louée ou vendue.

Si les premières opérations semblaient utiliser ce biais de la réglementation, par exemple les opérations BBC logement social du premier appel à projets ADEME-IdF présentées dans la première partie ont un ratio SHON/Shab moyen de 1.19. La plus grande facilité des opérations actuelles à atteindre le niveau BBC et la baisse des effets d'aubaines, subventions à la clé ou le fait d'« être parmi les premiers » ont semble-t-il atténué cette tendance et les opérations actuelles ont des ratios SHON/Shab proche des ratios des bâtiments classiques.

L'opération de Bétheny est atypique car elle a utilisé des panneaux rayonnants comme système de chauffage. En effet, avec une isolation extérieure de 30 cm de Néopor, du triple vitrage sur les façades Nord, Est et Ouest, et un puits canadien couplé à une VMC double flux avec 90% de rendement, les besoins de chauffage sont minimaux. Les besoins conventionnels de chauffage pour cette opération sont de 17.9 kWhep/ m<sup>2</sup>.an, même avec des convecteurs électriques.

### **Le gaz : un choix explosif pour le locataire en logement social ?**

Si le kWh gaz est actuellement pour le consommateur final deux fois moins cher à l'achat que le kWh électrique, le choix du label BBC-Effinergie de raisonner en énergie primaire fait que le kWh électrique devient environ 25% moins cher que le gaz –voir glossaire-. Pour une consommation de 50 kWhep/ m<sup>2</sup>SHON.an le tout électrique aura donc une facture moins élevée que le chauffage au gaz. Et comme le prix du gaz semble destiné à augmenter plus vite que l'électricité dans les prochaines années – taxe carbone, pénurie -, le choix du gaz aujourd'hui sera peut être dévastateur en 2050, année où le bâtiment sera loin d'être en fin de vie.

Il faut cependant nuancer cette réflexion sur plusieurs points :

1. Cette analyse dépend aussi du coût de maintenance et doit être pondérée par le fait qu'un bâtiment BBC au gaz consommant 20 kWhep/ m<sup>2</sup>SHON.an pour le chauffage aura une facture gaz d'environ 10 euros/mois pour un appartement de 90 m<sup>2</sup>. Et une augmentation de la facture de 20 ou 30% reste facilement absorbable par un locataire du parc social.
2. Le coût initial du paquet de solutions BBC gaz est aussi plus abordable que le bouquet BBC électricité.

#### **SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

La forte consommation relative du poste ECS avait déjà été anticipée et les 3 opérations font appel à des panneaux solaires thermiques. Le ratio surface de panneaux solaires thermiques/ surface utile est d'ailleurs similaire aux opérations plus récentes du programme QEB Rhône-Alpes.

La surface des opérations, de 1240 à 3016 m<sup>2</sup> SU, est du même ordre de grandeur que les opérations QEB Rhône-Alpes.

### 3.1.2 - CARACTERISTIQUES ECONOMIQUES DES OPERATIONS

nom	coût travaux hors VRD par m <sup>2</sup> SU	dont Gros œuvre	Dont enveloppe	Total Gros œuvre-enveloppe	Dont Second œuvre	Dont équipements	Total second œuvre-équipements
la clairière	1 800						
les heliades	1 767	46%	11%	57%	17%	25%	43%
le cheylas	1 289	30%	27%	57%	27%	16%	43%

Tableau 5: répartition des coûts des logements collectifs (cas CSTB)

Le coût moyen des travaux est de 1619 euros HT/ m<sup>2</sup> SU mais le fait qu'une opération sur trois ait une ossature bois nous empêche de tirer des conclusions par rapport aux opérations QEB Rhône-Alpes.

#### La rémunération de la maîtrise d'œuvre

La maîtrise d'œuvre reste financée en pourcentage du coût des travaux similaire à une opération classique. Comme les travaux sont actuellement plus chers – même si leur surcoût tend à diminuer –, la maîtrise d'œuvre est un peu mieux rémunérée. Mais le niveau de prestation nécessaire est bien plus grand que pour une opération classique, avec une phase de conception plus longue car intégrant plus de paramètres, des études de faisabilité et de simulation thermique supplémentaires, un niveau de détail plus poussé, et surtout un suivi de chantier au plus près pour vérifier la bonne mise en œuvre et le respect de l'étanchéité à l'air. Les maîtres d'œuvre se sont pour l'instant pliés à ce rôle en espérant retirer un bénéfice ultérieur en terme d'image et en considérant l'opération comme un investissement permettant d'obtenir des références, mais ils ont presque tous perdu de l'argent sur l'opération elle-même. La généralisation des opérations va demander une réflexion indispensable sur le rôle et les modalités de rémunération de la maîtrise d'œuvre.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



nom	surinvestissement		surinvestissement enveloppe		surinvestissement systèmes	
	euros / m <sup>2</sup> SU	en % du coût total	euros / m <sup>2</sup> SU	en % du total	euros / m <sup>2</sup> SU	en % du total
la clairière	222	12%	84	38%	138	62%
les heliades	287	16%	164	57%	123	43%
le cheylas	175	14%	77	44%	98	56%

Tableau 6: répartition du surinvestissement des logements collectifs (cas CSTB)

Le surinvestissement moyen de ces opérations est de 228 euros HT/ m<sup>2</sup> SU, 28% de plus que les opérations QEB Rhône-Alpes, soit environ 14% du coût de construction hors VRD, réparti entre enveloppe et systèmes à hauteur de 40%-60% pour les opérations à structure béton et 55%-45% pour l'opération à ossature bois.

**On observe encore, pour la structure béton, un surinvestissement enveloppe très proche de 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU.**

De plus, si on enlève de l'opération « Les Heliades » la part de surinvestissement enveloppe due au choix de l'ossature bois – environ 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU, voir encadré ci-dessous – alors le surinvestissement enveloppe de cette opération est de 84 euros HT/ m<sup>2</sup> SU et la répartition du surinvestissement entre enveloppe et systèmes est de 40%-60%.

L'opération « Le Cheylas » a réussi à ajouter des balcons avec un surinvestissement limité. Encore une fois, les balcons ne sont pas désolidarisés mais reliés au bâti par un système de consoles avec poutrelles noyées dans la dalle et des rupteurs de ponts thermiques.

**Le surinvestissement systèmes a quant à lui une moyenne de 120 euros HT/ m<sup>2</sup> SU.**

On note qu'**en supprimant le surinvestissement dû au choix de l'ossature bois de l'opération « Les Heliades », soit 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU, voir plus bas, le surinvestissement moyen est de 201 euros pour ces trois opérations de la première vague de BBC, soit 24% de plus que celui des opérations QEB Rhône-Alpes, que l'on peut qualifié de deuxième vague, sans l'opération atypique « La terrasse » et son surinvestissement de 396 euros HT/ m<sup>2</sup> SU. Les leçons des premières opérations test ont donc été bien assimilées.**

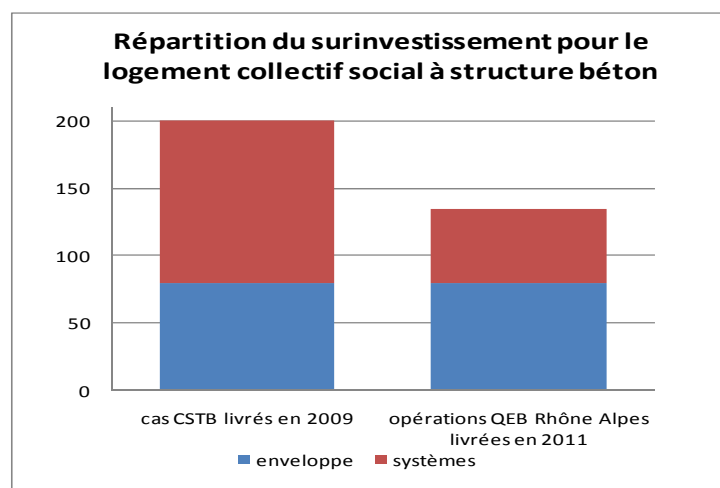
### La provenance de l'étranger : une source de surcoût supplémentaire

Pour certains matériaux ou équipements la provenance de l'étranger est une source de surcoût. La filière bois est particulièrement touchée avec des panneaux sandwich qui viennent souvent des pays de l'est de l'Europe –Autriche, Serbie, Etats Baltes- ou des poêles à bois de petite dimension impossible à trouver en France.

Etant donné la durée importante des temps de retour sur surinvestissement des opérations QEB Rhône-Alpes et le surcoût plus important de ces opérations, nous n'avons pas étudié leurs temps de retour car elles ne seront pas « rentables » grâce aux gains d'énergie. La motivation des maîtres d'ouvrage était plus de tester une opération BBC et de réduire les factures des locataires, à la fois pour qu'ils aient moins de difficultés économiques et pour réduire le nombre d'impayés de loyer.

### L'isolation répartie : un plus pour l'étanchéité à l'air

L'isolation répartie n'a été utilisée par aucun cas CSTB et par une seule opération QEB Rhône-Alpes. Cette opération ne présente pas de surcoûts particuliers alors que l'isolation répartie a une durée de vie plus grande qu'une isolation par l'extérieur et permet de corriger certains oublis lors de la conception car elle peut être facilement percée sans que ses performances thermiques n'en soient trop modifiées. Elle mériterait donc qu'on lui porte plus d'attention, d'autant plus que les matériaux utilisés pour l'isolation répartie, comme le béton cellulaire, ont souvent un bilan carbone très avantageux.



#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## CONCLUSIONS

Bien que le panel des opérations analysé soit trop faible pour aboutir avec certitudes à ces conclusions, les études de cas conduisent toujours vers la même analyse pour le logement collectif social :

- **Les premières opérations BBC à structure béton avaient un surinvestissement moyen de 200€ HT/m<sup>2</sup>SU, réparti entre 40% pour l'enveloppe et 60% pour les systèmes.**

- **Les opérations BBC à surinvestissement mieux maîtrisé et à structure béton actuelles ont un surcoût moyen de 135€ HT/m<sup>2</sup>SU, réparti entre 60% pour l'enveloppe et 40% pour les systèmes.** La baisse du surinvestissement est donc d'environ 37% entre les premières opérations BBC et les opérations actuellement en cours.

- **Le surinvestissement moyen de l'enveloppe est d'environ 80€ HT/m<sup>2</sup>SU, et ce pour toutes les opérations à structure béton.** La baisse du surinvestissement au m<sup>2</sup>SU est uniquement centrée sur les systèmes techniques.

- Le choix d'une ossature bois engendre un surinvestissement d'environ 80 €HT/ m<sup>2</sup> SU par rapport à une structure béton, voir encadré page suivante.

- **Le surinvestissement moyen des systèmes est passé de 120 à 55€HT/ m<sup>2</sup>SU pour les opérations à coûts maîtrisés.** Si une partie de cette baisse est due à l'utilisation d'équipements moins performants et de bâtiments mieux conçus nous n'avons pas pu analyser, faute de temps et de données, la part due à la baisse du coût des équipements et étudier si cette baisse des coûts est structurelle, car liée aux économies d'échelle des fabricants compte tenu du développement du marché des BBC ou conjoncturelle suite à la crise économique.

- **Le ratio SHON/ Shab**, plutôt proche de 1.20 pour la première vague d'opérations, **diminue** et se situe autour de 1.14 pour les opérations QEB Rhône Alpes.

- Une réduction du surinvestissement doit maintenant passer par une réduction du coût de l'enveloppe.

- **La « rentabilité » des opérations est à chercher ailleurs que dans la seule baisse des consommations énergétiques**, sauf augmentation très forte et continue des prix de l'énergie.

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





### 3.2 LE LOGEMENT INDIVIDUEL GROUPE

Deux opérations de logements individuels groupés ont fait l'objet d'une première analyse. Il s'agit d'une opération livrée de 22 logements en ossature bois dans les Vosges et d'une opération de 12 logements en parpaings dans le Val d'Oise.

nom	type	département	Surface Utile	ratio SHON/Shab	système constructif	enveloppe	ventilation	Vitrage	chauffage	Solaire thermique (m <sup>2</sup> )
les toits de la corvée	BBC	88	2508	1,20	ossature bois	isolation extérieure	double flux	Double vitrage	poêle à bois	110 (4.4% de la SU)
SOS village d'enfants	BBC	95	2155	1,15	parpaing	isolation extérieure et intérieure	double flux	Double vitrage	Poêle à bois	non

Tableau 7: Présentation technique des logements individuels groupés

La principale particularité de ces deux opérations vient de l'utilisation de l'énergie bois comme énergie de chauffage, soit pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub> –pour l'opération SOS Village d'enfants- soit pour limiter au minimum la facture de chauffage des habitants –pour l'opération « Les toits de la corvée »- car le kWh final bois est actuellement moins cher que le kWh final gaz ou électrique.

Si la VMC double flux est utilisée pour les deux opérations, le solaire thermique semble moins rentable que dans le collectif. Une seule opération a installé des panneaux solaires thermiques et demande relativement plus de surface de capteurs car les logements ne peuvent bénéficier d'une production collective.

nom	coût travaux hors VRD par m <sup>2</sup> SU	surinvestissement		enveloppe		systèmes	
		Par m <sup>2</sup> SU	en % du total	euros / m <sup>2</sup> SU	en % du total	euros / m <sup>2</sup> SU	en % du total
les toits de la corvée	1 499	290	19%	180	62%	110	38%
SOS village d'enfants	1 616	136	8%	99	73%	37	27%

Tableau 8: Détail du surinvestissement des logements individuels groupés

On note encore un surcoût de 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU de l'ossature bois par rapport à une structure parpaing.

Comme les logements individuels ont en général des taux de compacité plus élevés que les logements collectifs, il est naturel que la part du surcoût imputée à l'enveloppe soit plus élevée.

### **Le surcoût de l'ossature bois**

En mettant à part l'opération QEB Rhône-Alpes « La terrasse » et son surinvestissement enveloppe de 352 euros HT/ m<sup>2</sup> SU il semblerait, bien que nos échantillons soient trop faibles pour conclure, que le choix d'une ossature bois pour les premiers logements BBC impliquerait un surcoût d'environ 80 euros HT/ m<sup>2</sup> SU par rapport à une structure béton classique, et ce pour les logements individuels groupés comme pour les logements collectifs.

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

### 3.3 LE TERTIAIRE

Six opérations tertiaires sont analysées dans cette partie. Parmi elles, l'espace bureaux d'URBIPARC est la seule opération qui vise uniquement le label BBC-Effinergie. Le bâtiment ALTO'SPHERE vise lui le label PassiveHaus et les 4 autres opérations, à savoir le bâtiment Alpha d'URBIPARC, le bâtiment de Gamba Acoustique, le bâtiment REGAIN et la cité de l'environnement sont tous des bâtiments à énergie positive (BEPOS).

Les 2 opérations d'URBIPARC et l'opération de « La cité de l'environnement » nous ont été renseignées par le bureau d'études AKOE à qui nous avons sous-traité ces études de cas. Les bâtiments REGAIN, Alto' sphère et Gamba acoustique sont tous trois livrés, les travaux sont en cours pour les trois autres opérations.

Contrairement au référentiel BBC-Effinergie logement qui impose une consommation en énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an et un niveau maximal d'étanchéité à l'air, le label BBC-Effinergie tertiaire ne demande qu'une consommation conventionnelle inférieure d'au moins 50% à la consommation conventionnelle de référence.

Nous avons préféré raisonner avec la SHON pour ces opérations car cette donnée est plus facilement disponible.

Les opérations tertiaires de notre panel sont de nature très diverses : 2 opérations sont proposées par un promoteur privé –URBIPARC-, une opération est un bâtiment d'accueil d'entreprise qui abrite des ateliers, une opération est un bâtiment démonstrateur qui se veut « vitrine » et deux opérations sont commandées par des BET qui se sont improvisés maître d'ouvrage pour l'occasion.

#### **La maîtrise de la consommation informatique : un pré-requis pour un bâtiment tertiaire à énergie positive activités comprises**

Même après des efforts importants pour la maîtriser –par exemple en généralisant l'utilisation des ordinateurs portables- la consommation des outils informatiques –postes et serveurs- a environ le même poids que la consommation conventionnelle d'un bâtiment tertiaire PassiveHaus ou BEPOS, soit autour de 20kWh/m<sup>2</sup>SHON.an en énergie finale. Pour une opération comme Alto' sphère la consommation des postes et des serveurs représente 122% de la consommation conventionnelle – soit 17 kWh/ m<sup>2</sup>SHON.an en énergie finale-. La maîtrise des consommations informatiques est donc très importante pour la performance globale du bâtiment.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

### 3.3.1 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES OPERATIONS

nom	type	département	SHON	système constructif	enveloppe	ventilation	chauffage	vitrage	Photovoltaïque
Alpha	BEPOS	38	3355	structure béton	isolation extérieure	double flux	PAC sur nappe phréatique	Double Vitrage	527 m <sup>2</sup>
espace bureaux BBC	BBC	38	1318	structure béton	isolation intérieure	double flux	PAC	Double Vitrage	non
gamba acoustique	BEPOS	31	946	structure béton	isolation répartie (béton cellulaire)	double flux	PAC géothermique	Double Vitrage	355 m <sup>2</sup>
Alto'sphère	Passivehaus	77	1115	ossature bois	isolation extérieure et intérieure	double flux	PAC géothermique	Double Vitrage	50 m <sup>2</sup>
Regain	BEPOS	62	1800	structure béton	isolation répartie (béton cellulaire)	double flux	gaz à condensation	Double Vitrage	493 m <sup>2</sup>
Cité de l'environnement	BEPOS	69	4500	structure béton	isolation extérieure et intérieure	double flux	PAC géothermique	Double et Triple Vitrage	1300 m <sup>2</sup>

Tableau 9: Descriptif technique des opérations tertiaires

La taille des opérations varie entre 946 et 4 500 m<sup>2</sup> SHON, les petites opérations étant celles ayant pour occupant le maître d'ouvrage et la plus grosse opération étant le bâtiment démonstrateur.

Pour des raisons de coût et d'inertie, la structure béton est encore largement préférée à l'ossature bois. Le bâtiment Alto' sphère est le seul qui ait choisi ce procédé constructif.

L'isolation intérieure a été choisie pour l'opération « espace bureaux BBC ». Ce choix provient en grande partie de la relative facilité d'obtention du label BBC-Effinergie dans le tertiaire dès lors que le bâtiment utilise un système de chauffage performant, comme une pompe à chaleur. Il ne reste alors que peu d'efforts supplémentaires pour arriver au seuil des Cepref-50%. Le bâtiment « espace bureaux BBC » est un exemple de bâtiment BBC qui atteint ses performances en jouant sur des décrochés de façade minimaux, une isolation un peu renforcée et des systèmes performants – PAC air-air, VMC double flux, détecteurs de présence et graduateurs- mais sans réflexions nouvelles de fond. C'est en quelque sorte le minimum à fournir pour obtenir le label BBC-Effinergie tertiaire.

Les autres bâtiments, qui atteignent des performances supérieures, ont choisi une isolation extérieure ou une isolation répartie

Contrairement au logement, la ventilation hygro-B n'a pas sa place et le seul système de ventilation utilisé est la VMC double flux.

Comme pour le logement, le triple vitrage n'est que très peu utilisé. Le triple vitrage coûte très cher, apporte peu de gains d'isolation et réduit les apports solaires. Une opération économe préférera donc investir ce surcoût sur d'autres postes plus efficaces et le triple vitrage n'est utilisé que pour les opérations démonstratrices ou dans certaines régions bien particulières.

Hormis le bâtiment REGAIN qui a opté pour une chaudière gaz à condensation et l'espace bureaux BBC qui a opté pour une PAC air-air simple, toutes les autres opérations ont choisi la PAC géothermique ou, si possible, sur nappe phréatique.

Pour REGAIN, le choix de la chaudière gaz a été fait à un moment où la PAC géothermique était encore peu diffusée et présentait un surcoût très important. De plus, comme les problèmes de fortes chaleurs en été se font moins ressentir dans le nord et que ce bâtiment compte beaucoup de surface d'ateliers qui ont moins d'apports thermique, le confort d'été est moins problématique pour cette opération.

Pour les autres opérations de tertiaire pur, la PAC géothermique ou la PAC sur nappe phréatique présentent le double avantage du COP élevé et moins volatile - faibles variations de température du sous sol - et surtout de la possibilité de refroidissement quasiment gratuit en été puisqu'il suffit d'actionner les pompes de circulation d'eau pour refroidir le bâtiment. A titre de comparaison le siège social BBC de Norpac a lui aussi opté pour une PAC sur nappe phréatique.

### **La PAC géothermique : du froid sans surchauffe de la consommation**

La PAC géothermique et la PAC sur nappe phréatique, ont été plébiscitées par les opérations tertiaires souhaitant allier faible consommation énergétique et confort d'été optimal. La possibilité de refroidissement quasiment gratuit fait de la PAC géothermique le choix favori des bâtiments tertiaires PassiveHaus ou BEPOS, même si le surinvestissement initial est important. A tel point qu'on peut se demander s'il est possible d'atteindre de telles performances sans ce type de PAC ou sans ENR pour compenser les consommations plus fortes.

En cas d'une généralisation des opérations à très faible consommation d'énergie, il faudra faire attention à la réglementation sanitaire et environnementale (loi sur l'eau) entourant ce type de chauffage/refroidissement, en particulier les PAC sur nappe phréatique.

### **Remarque : le choix du gaz pour un bâtiment à énergie primaire positive**

La production d'électricité revendue au réseau est comptabilisée avec le coefficient de conversion Energie primaire/ Energie finale de 2.58, alors que le coefficient de conversion pour le gaz est de 1. Ainsi, pour compenser en énergie primaire une chaudière gaz consommant 50kWh il ne faudra produire que 19.4 kWh d'énergie photovoltaïque (correspondant à 50 kWh d'énergie primaire). Ce n'est pour l'instant pas problématique car les COP élevés des pompes à chaleur électriques compensent le coefficient de conversion mais, d'après ce mode de calcul, une pompe à chaleur gaz serait aussi extrêmement rentable.

#### **SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

Le photovoltaïque est aujourd'hui le seul moyen utilisé pour produire de l'électricité, et tous les BEPOS en sont largement pourvus. Les tarifs de rachat très incitatifs ont écarté toute réflexion sur la compensation des consommations d'énergie. L'arrivée de nouveaux moyens de production comme l'éolien de petite et moyenne puissance et la baisse des tarifs de rachat devrait rééquilibrer la balance vers d'autres sources d'électricité renouvelable.

### **Un constat : BEPOS = BBC + Photovoltaïque**

Toutes les opérations BEPOS du panel, que ce soit du logement ou du tertiaire, sont de fait des opérations BBC avec du photovoltaïque intégré. Chose étrange pour les maîtres d'œuvre, le lot photovoltaïque devient d'ailleurs le lot le plus coûteux pour la plupart de ces opérations. La baisse des tarifs de rachat de l'énergie solaire et la diversification de l'offre des autres sources d'électricité renouvelable devrait stopper le tout photovoltaïque mais l'obligation de construire des bâtiments à énergie positive à l'horizon 2020 doit engendrer une réflexion plus importante sur les moyens de production d'énergie renouvelable pour éviter la pose systématique de panneaux en toiture. Cette réflexion pourrait passer soit par un dispositif d'encouragement d'autres moyens de production d'énergie intégré au bâti comme le petit éolien soit envisager la participation à une opération collective de plus grande ampleur comme l'achat ou la location d'une partie d'un parc - d'éoliennes, de panneaux photovoltaïques, d'hydroliennes,... - qui bénéficierait à la fois de conditions optimales et de rendement d'échelle aussi bien en installation qu'en fonctionnement.

Nous avons retiré le photovoltaïque dans notre analyse car nous nous sommes intéressé à la consommation d'énergie et à sa limitation à des coûts raisonnables plutôt qu'à sa production.

Si toutes les opérations BEPOS ont opté pour le photovoltaïque ce n'est pas un hasard. En effet, c'est le seul surcoût dont la rentabilité est assurée. D'autant plus que, au moins jusqu'au premier janvier 2010, de nombreuses aides viennent compléter un tarif de rachat déjà alléchant.

### **L'effet d'aubaine du photovoltaïque : un exemple concret**

Le bâtiment réalisé par Gamba Acoustique a intégré 355 m<sup>2</sup> de photovoltaïque pour un coût total de 300 000 euros et une production attendue de 57 000 kWh. Avec le tarif de rachat de 60 centimes d'euros par kWh cet investissement devrait générer 34 200 euros de recettes annuelles, soit un temps de retour sur investissement brut de 9 ans pour un taux de rentabilité interne de 9.6%.

Même avec un taux d'actualisation de 3% le temps de retour sur investissement est de 10 ans. Et comme le tarif de rachat est garanti sur 20 ans cela laisse encore 10 ans pour profiter de la vente de l'énergie photovoltaïque à des prix préférentiels.

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

De plus, sur les 195 000 euros d'aides dont a bénéficié Gamba Acoustique, 120 000 étaient spécifiques au photovoltaïque.

Avec un investissement réel de 180 000 euros le temps de retour sur investissement brut descend à 5.5 ans, pour un taux de rentabilité interne de 18.6% !

Même avec un taux d'actualisation de 3%, le temps de retour sur investissement est de 6 ans, et la valeur actualisée des gains sur 20 ans après remboursement des panneaux est de 348 000 euros, soit la totalité du surinvestissement hors photovoltaïque !

Ce calcul ne prend pas en compte l'entretien et la perte de rendement des panneaux, le fait que l'investissement initial est le fruit d'un emprunt et le fait que l'obtention des subventions a un coût de transaction (la totalité des subventions n'a pas encore été versée) mais montre bien que les panneaux photovoltaïques sont une poule aux œufs d'or pour cette opération.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction



### 3.3.2 - ANALYSE DE LA MACROSTRUCTURE DES COUTS

nom	type	coût des travaux hors VRD au m <sup>2</sup> SHON (euros HT)	gros œuvre -enveloppe		2nd œuvre - équipements	
			euros / m <sup>2</sup> SHON	en % du total	euros / m <sup>2</sup> SHON	en % du total
Alpha	BEPOS	1 025	533	52%	492	48%
espace bureaux BBC	BBC	731	446	61%	285	39%
gamba acoustique	BEPOS	1 427				
Alto'sphère	Passivehaus	1 052	674	64%	379	36%
Regain	BEPOS	989	643	65%	346	35%
Cité de l'environnement	BEPOS	1 623	1 006	62%	617	38%

Tableau 10: Structure des coûts des opérations tertiaires (y compris VRD pour Gamba acoustique)

Les coûts de construction sont très variables. De 731 € HT/ m<sup>2</sup> SHON, ils montent jusqu'à 1 623 € HT/ m<sup>2</sup> SHON pour l'opération démonstratrice de la Cité de l'environnement. L'opération Gamba acoustique à un coût élevé 1427 € HT/m<sup>2</sup> SHON, mais ce coût intègre les VRD, l'aménagement des espaces verts et la construction de l'abri vélo.

Le bâtiment REGAIN a un coût de construction au m<sup>2</sup> SHON faible mais dispose de vastes surfaces d'ateliers qui font baisser à la fois le coût du bâti et celui des équipements car ces surfaces ont des besoins de chauffage et de refroidissement moindres.

Avec un coût de construction de 1052 € HT/ m<sup>2</sup> SHON en Ile de France et une ossature bois le bâtiment Alto' sphère a un coût de construction très compétitif. Ce faible coût vient en partie des gros efforts qui ont été fait sur le second œuvre avec la moindre qualité des finitions : absence de faux plafonds, conduits apparents, murs bois non recouverts.

Les deux bâtiments proposés par URBIPARC ont des coûts de construction très faibles et pour lesquels des précisions sont difficiles à obtenir par le promoteur privé. Nous supposons tout de même qu'ils sont exacts. Il faut toutefois noter que ces coûts sont des coûts prévisionnels avant travaux alors que les chiffrages pour les autres bâtiments sont des coûts réels après travaux, sauf pour la cité de l'environnement.

Le faible coût du bâtiment BBC s'explique par le fait que c'est plus ou moins un bâtiment « classique » avec une plus grande épaisseur d'isolant, une PAC air/air et une VMC double flux à haut rendement.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

**CSTB**  
le futur en construction

Le faible coût du bâtiment Alpha s'explique principalement par la faiblesse du coût de l'enveloppe et de la structure 533 € HT/ m<sup>2</sup> SHON, la moins chère des BEPOS. Ce faible coût peut s'expliquer par l'utilisation de façades en panneaux sandwichs bois préfabriqués en usine et par des économies d'échelle.

Les bâtiments tertiaires du panel sont donc très variés et il est difficile de les comparer entre eux. Sur la répartition des coûts entre enveloppe et équipements, le bâtiment REGAIN a utilisé une chaudière gaz moins chère qu'une PAC géothermique, et le bâtiment Alto' sphère a fait des concessions sur les finitions. Ces deux bâtiments ont donc une forte concentration des coûts sur l'enveloppe. Comme la « Cité de l'environnement » a un coût prohibitif avec des dépenses sur l'enveloppe et la structure qui dépassent 1 000 € HT/ m<sup>2</sup> SHON, on ne peut le prendre pour exemple si on s'intéresse aux bâtiments qui ont un coût maîtrisé.

Ainsi, il nous est difficile d'approcher une répartition moyenne des coûts entre enveloppe et systèmes car notre panel de BEPOS est trop petit et hétéroclite.

### 3.3.3 - ANALYSE DU SURINVESTISSEMENT DES PREMIERS BEPOS TERTIAIRES

nom	type	surinvestissement		surinvestissement enveloppe		surinvestissement systèmes	
		euros/ m <sup>2</sup> SHON	en % du coût total	euros/ m <sup>2</sup> SHON	en % du total	euros/ m <sup>2</sup> SHON	en % du total
Alpha	BEPOS	315	31%	117	37%	198	63%
espace bureaux BBC	BBC	122	17%	31	25%	92	75%
gamba acoustique	BEPOS	370	26%	52	14%	318	86%
Alto'sphère	Passivehaus						
Regain	BEPOS						
Cité de l'environnement	BEPOS	625	39%	303	49%	322	51%

Tableau 11: Structure du surinvestissement pour les opérations tertiaires

L'opération Gamba Acoustique présente un surinvestissement enveloppe très faible. En effet, aucun surcoût n'est pris en compte pour l'isolation répartie. Deux opérations, le bâtiment Alpha et la Cité de l'environnement, ont un surinvestissement sur le second œuvre. Comme ce surinvestissement est dû à une plus grande qualité des espaces intérieurs, nous l'avons réduit car cette étude est centrée sur le surinvestissement conduisant à une amélioration des performances techniques du bâtiment.

La cité de l'environnement présente aussi un surcoût important de gros œuvre, 294 € par m<sup>2</sup> de SHON, qui a été retiré de notre estimation. Ce surinvestissement provient de la construction d'un atrium qui sert d'espace tampon thermique et permet de bénéficier d'apports solaires supplémentaires. Nous n'avons pas pris en compte ce surcoût car l'atrium n'est pas présent uniquement pour ses performances thermiques. Ce type de choix montre bien **l'importance de raisonner à la fois en terme de surinvestissement et en terme de coût total car l'orientation bioclimatique peut engendrer un écart dont il est difficile de discerner la part incombant à la recherche de performances thermiques améliorées.**

En dehors de l'opération « espace bureaux » qui a un surinvestissement de 122 € HT/ m<sup>2</sup> SHON mais correspond au minimum réglementaire pour l'obtention du label BBC-Effinergie tertiaire, **toutes les autres opérations tertiaire ont un surinvestissement bien supérieur aux logements.** Cette différence s'explique principalement par un surcoût des systèmes plus important avec l'utilisation d'une PAC géothermique, une gestion plus poussée des apports solaires -stores, brises soleils-, un gros effort consenti sur la gestion de l'éclairage - détecteurs de présence, graduateurs- et une systématisation de la VMC double flux à haut rendement.

L'enveloppe peut être aussi une source de surcoût avec une augmentation de la fréquence des sheds, souvent couplés aux panneaux photovoltaïques, et un surcoût ouvrants plus élevé car le taux de vitrage est souvent supérieur à celui des logements.

Malheureusement nous n'avons pas assez de données pour étudier la répartition du surinvestissement et identifier la part de chacun des postes.

La gestion de l'éclairage et des apports solaires est beaucoup plus étudiée dans le tertiaire que dans le logement car l'éclairage est un plus gros poste de consommations d'énergie dans le tertiaire et la surface vitrée y est souvent plus importante. A l'inverse, aucune réflexion n'est engagée sur l'ECS, qui est un poste de consommation minime.

### **L'éclairage : lumières sur une importante source de surcoût**

Comme l'ECS pour le logement, l'éclairage devient bien souvent le principal poste de la consommation conventionnelle pour les bâtiments tertiaire PassiveHaus ou BEPOS et demande des surinvestissements importants pour maîtriser les besoins : sheds en toiture, stores, luminaires performants avec détecteurs de présence et graduateurs,... qui peuvent engendrer un surcoût de l'ordre de 50 € HT/ m<sup>2</sup>SHON. Et même avec un soin tout particulier apporté à l'éclairage il peut rester le principal poste de consommation conventionnelle, avec par exemple 7.3 kWh/ m<sup>2</sup>SHON.an contre 6.1 kWh/ m<sup>2</sup>SHON.an pour le chauffage pour le bâtiment Alto' sphère.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## Zoom sur un bâtiment à énergie positive, activités comprises

Gamba acoustique, PME de 34 salariés s'est lancé en 2007 dans la construction d'un bâtiment à énergie positive **tout électrique qui remet sur le réseau plus d'électricité qu'il n'en consomme.**

Les déboires pour trouver un terrain et une banque qui accepte de financer un projet aussi risqué – on est en 2007- ont au moins permis à la phase de conception, plus longue, plus cruciale et menée en étroite collaboration avec la maîtrise d'œuvre, de se dérouler calmement.

« Depuis 34 ans que je suis à mon compte, on m'a expliqué tout de suite qu'il faut travailler dès l'esquisse avec l'architecte et les autres bureaux d'étude sauf que personne ne le fait jamais. Sauf que sur un projet comme ça vous ne pouvez pas ne pas le faire ; parce que justement il y a trop d'optimisation qui font que vous ne pouvez pas faire autrement que de solliciter l'autre et d'être sollicité par l'autre. »  
René Gamba, Président de Gamba Acoustique

Les travaux de cette construction R+1 de 946 m<sup>2</sup> SHON se sont déroulés sur 11 mois entre Janvier et Décembre 2009.

Les solutions choisies sont structure béton et acier, isolation répartie en béton cellulaire, VMC double flux surdimensionnée –jusqu'à 8 fois le débit règlementaire en régime forcé- pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur, ventilation nocturne par ouverture automatique des fenêtres, PAC géothermique, éclairage naturel optimisé –SHED et brises soleil-, le tout recouvert de 355 m<sup>2</sup> de photovoltaïque. La principale caractéristique du bâtiment n'est pas l'utilisation de telle ou telle technique mais plutôt leurs utilisations conjointes. **Tous les équipements automatisés (stores, luminaires, ouverture des fenêtres) peuvent devenir manuels en cas de problèmes.**

L'étanchéité à l'air a été problématique, malgré un discours continu pendant tout le chantier. Le premier test d'étanchéité n'a été mené qu'à la fin du chantier. Aujourd'hui, après 4 tests et 3 réajustements, l'indice I4 du bâtiment est de 0.8 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. **L'isolation répartie a été un atout alors que la structure métallique, sensible aux variations de températures, risque d'induire des fuites dans le futur.**

Les nombreuses interfaces entre corps de métier demandent une précision accrue dans le descriptif des missions respectives mais cet aspect a été bien géré par la maîtrise d'œuvre.

Le maître d'ouvrage a « mis bretelles et ceinture » pour assurer une consommation minimale du bâtiment, par exemple en payant cher une ouverture automatique des fenêtres alors que la VMC aurait pu assurer ce rôle.

Le réglage du bâtiment demande aujourd'hui environ 20% du temps d'un ingénieur, mais cette consommation de temps ne devrait être que transitoire.

Les premières mesures, entre le 16 avril et le 29 juillet 2010, indiquent une consommation totale de 7 500 kWh pour une production de 18 500 kWh, dans la lignée des prévisions qui assurent la positivité énergétique du bâtiment.

COÛT TOTAL	2 150 000
Terrain et notaire	200 000
Études et prestations intellectuelles	200 000
BATIMENT ET VRD	1 350 000
dont surinvestissement	350 000
PAC géothermie et plancher chauffant	100 000
Double Flux	50 000
Ouverture fenêtres automatisée	50 000
Luminaires	50 000
Éclairage naturel optimisé (SHED, brise soleil et stores)	50 000
Combinaison traitement acoustique, inertie thermique et qualité de l'air intérieur	50 000
Capteurs solaires avec installation	300 000
Cauton mutuelle	75000
Hypothèque	25 000

Tableau 12: Dépenses totales (euros HT) pour le bâtiment GAMBA acoustique

**Les subventions se montent à 195 000 euros, dont 120 000 euros pour le photovoltaïque.**

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



### 3.3.4 - CONCLUSION

Les principaux enseignements en terme de reproductibilité et de maîtrise des coûts sont plus à chercher du côté des bureaux d'études qui deviennent maîtres d'ouvrage occasionnels et se constituent une vitrine technologique plutôt que du côté des promoteurs privés fournissant des informations opaques ou de la demande publique pour qui l'aspect démonstrateur de l'opération pousse à quelques dépenses supplémentaires.

VMC double flux et pompe à chaleur géothermique ou sur nappe phréatique sont plébiscitées par les maîtres d'ouvrage, aucune autre solution n'ayant été expérimentée pour les bâtiments de bureaux. Ces opérations montrent que l'on peut construire un bâtiment de bureau répondant ayant une consommation de référence inférieure à 50 kWh/m<sup>2</sup>.an pour à peine plus de 1 000 euros HT/ m<sup>2</sup> SHON en faisant quelques concessions sur les finitions, et que ce coût peut monter à 1 400 euros HT/ m<sup>2</sup> SHON lorsque les maîtres d'ouvrages ont voulu s'assurer de la performance réelle de leur bâti en multipliant les systèmes.

Alors que le surinvestissement se situe autour de 135 euros HT/ m<sup>2</sup> SU pour les logements collectifs à surinvestissement maîtrisé il se situe plutôt autour de 340 euros HT/ m<sup>2</sup> SHON pour les bâtiments de bureaux. En effet, l'importance plus grande de l'éclairage, le renouvellement d'air plus conséquent mais surtout l'incorporation d'un système de refroidissement en complément du système de chauffage sont des contraintes très coûteuses à traiter, en particulier car elles nécessitent l'utilisation de systèmes performants. Eclairage de qualité, VMC double flux à haut rendement et PAC géothermique sont la source principale de l'augmentation du surinvestissement, qui est largement concentré sur les systèmes. De plus, l'interopérabilité entre systèmes n'est pour l'instant pas pensée en amont et les bâtiments les plus technologiques doivent passer par une phase de réglage d'environ un ou deux ans qui demande un investissement personnel d'environ un jour par semaine ainsi que des échanges répétés avec les installateurs.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## CONCLUSION

Le démarrage plus précoce du BBC dans le logement social, avec un passage pour la plupart par des opérations à Très Haute Performance Energétique (THPE), afin d'anticiper l'évolution de la réglementation thermique, et le plus grand partage d'information entre maîtres d'ouvrage sociaux via notamment des plateformes d'échange d'expériences, tel que le dispositif QEB en Rhône Alpes, ont conduit à de réels effets d'apprentissage dans la construction de logements collectifs sociaux.

Ces effets d'apprentissage portent principalement sur la conduite de projet et un début de prise en compte de la vie futur du bâtiment, l'intégration aux potentialités du site et la conception architecturale, les tests d'étanchéité à l'air et des réseaux même s'ils ont souvent été oubliés dans les premiers CCTP, pour corriger les défauts en phase chantier le plus tôt possible, la mise en place d'actions de formation sur chantier des compagnons et ouvriers souvent avec des fabricants, les choix des solutions techniques et notamment le dimensionnement des systèmes de chauffage et de ventilation.

En revanche, les effets d'apprentissage ne se ressentent pas encore de manière significative dans le tertiaire privé, hormis une photographie d'opérations BBC réalisée par Pouget Consultants pour la Fédération des Promoteurs Constructeurs, car les maîtres d'ouvrage privés en sont à leurs toutes premières opérations.

Etant donné la culture du secret en vigueur généralement dans le cercle concurrentiel des promoteurs privés, les effets d'apprentissage risquent fort de se faire individuellement uniquement au sein de chaque entreprise, sans dynamique collective réelle.

Si les opérations de logements collectifs sociaux se rapprochent d'un surinvestissement maîtrisé il y a encore beaucoup à faire pour atteindre les performances des précurseurs européens comme l'Autriche, l'Allemagne et la Suisse vis-à-vis desquels nous avons encore plusieurs années de retard. ;

Si les cinq opérations les plus performantes en logement social ont des coûts de construction qui se rapprochent de ceux d'opérations classiques, avec un coût de construction moyen de 1260 € HT/m<sup>2</sup>SU, il demeure un surinvestissement moyen de 109€ HT/m<sup>2</sup>SU soit 8,7%. Il a encore beaucoup de chemin à parcourir pour atteindre une maîtrise du rapport qualité-prix des BBC.

Le surinvestissement dans les opérations tertiaire privé du panel est très élevé du fait de la multiplication des systèmes performants pour l'éclairage, la ventilation et le chauffage/refroidissement, souvent réalisé par des pompes à chaleur géothermiques. Il faut toutefois noter que, contrairement au logement social collectif, l'obtention du label BBC-Effinergie n'a pas été une motivation des

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





maîtres d'ouvrage qui se sont fixé pour la grande majorité des objectifs plus volontaristes, qui vont même au-delà des exigences de la RT 2012. Plusieurs opérations sont des vitrines de savoir faire de BET Thermique.

Si la réduction du surinvestissement dans le tertiaire privé est à chercher sur la baisse des prix des systèmes techniques performants notamment de production décentralisée d'énergie, la baisse du surinvestissement dans le logement collectif social est à chercher sur la réduction des coûts de l'enveloppe. A cette fin, une analyse comparative entre l'isolation extérieure et l'isolation répartie pourrait être utile. De même, les spécificités de maintenance de la PAC géothermique, utilisée par tous les bâtiments de bureaux du panel et qui permet un refroidissement avec une consommation énergétique très faible, mériteraient d'être étudiées.

Dans la perspective de la RT 2020 un autre point de questionnement soulevé par l'étude concerne les bâtiments à énergie positive, qui sont tous dans notre panel des bâtiments basse consommation recouverts de panneaux photovoltaïques. Même si l'effet d'aubaine du photovoltaïque va s'estomper dans la lignée de la publication du rapport Charpin il faut identifier et encourager des sources d'énergie renouvelable et intégrable au bâti à même de produire suffisamment d'énergie pour faire un bâtiment à énergie positive ou envisager un moyen pour le maître d'ouvrage de prendre part à une production d'énergie renouvelable située hors du terrain à bâtir, car la vision du bâtiment à énergie positive proposée par le panel est très restreinte.

Les modalités de rémunération de la maîtrise d'œuvre sont aussi à repenser car un bâtiment basse consommation demande à la fois plus de réflexion pendant la phase de conception mais aussi plus de temps pour le suivi de chantier qui doit être de qualité Zéro Défauts pour respecter les exigences d'étanchéité à l'air. Les maîtres d'œuvre des opérations analysées se sont engagés dans ces projets car ils les considéraient comme un investissement, non comme un projet rentable en soi.

Enfin, faute de temps et surtout de données cette méthodologie d'analyse n'a pu être poussée plus avant mais mériterait d'être plus détaillée sur la structure détaillées des coûts de construction sur une analyse plus fine de certains postes comme l'isolation des murs et les systèmes de chauffage.

Dans le cadre de la création d'un Centre de Références Grenelle, un observatoire des bâtiments basse consommation public et privés destiné à être une plateforme de partage des expériences en vue d'une réduction du surinvestissement, on pourrait proposer d'utiliser cette méthodologie d'analyse des opérations en la rendant suffisamment fine pour pouvoir la coupler à une analyse économétrique du coût des travaux en fonction des différents choix techniques et des modes de pilotage des opérations.

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction



## Points de vigilance

### La qualité architecturale : une vraie gageure

D'un point de vue étroitement utilitariste tout ce qui est balcon ou décroché de façade engendre une surconsommation d'énergie et aussi un coût supplémentaire pour atteindre les mêmes performances énergétiques qu'un « bâtiment boîte ». La tentation est donc grande de limiter au maximum les déperditions de l'enveloppe en la simplifiant au maximum. Mais, la faiblesse des consommations de chauffage que l'on peut obtenir avec des équipements performants –autour de 10 kWhep/ m<sup>2</sup>SHON/an, soit environ un cinquième du seuil BBC- et la volonté, dans la plupart des cas, de revendre les logements à l'issue de la construction sont deux arguments pour espérer que BBC ne sera pas synonyme de pauvreté architecturale.

### La rémunération de la maîtrise d'œuvre

La maîtrise d'œuvre reste financée en pourcentage du coût des travaux similaire à une opération classique. Comme les travaux sont actuellement plus chers, même si leur coût tend à diminuer, la maîtrise d'œuvre est un peu mieux rémunérée. Mais le niveau de prestation nécessaire est bien plus grand que pour une opération classique, avec une phase de conception plus longue car intégrant plus de paramètres, des études de faisabilité d'itération, d'ingénierie concourante, de simulation thermique dynamique supplémentaires, le chiffrage de plusieurs scénarii, un niveau de précision des détails constructifs plus poussé, un suivi de chantier au plus près pour vérifier la bonne mise en œuvre et le respect de l'étanchéité à l'air. Les maîtres d'œuvre se sont pour l'instant pliés à ces exigences en espérant retirer un bénéfice ultérieur de la réussite d'une opération exemplaire et en considérant l'opération comme un investissement permettant d'obtenir des références, mais la généralisation des opérations va demander une réflexion indispensable sur le rôle et les modalités de rémunération de la maîtrise d'œuvre.

#### SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



### **Les logements BBC, la SHON et la surface habitable**

Le label BBC impose des contraintes sur la consommation par m<sup>2</sup> SHON, mais pas sur la surface habitable tant que le rapport SHON/SHAB est inférieur à 1.20. Comme 1 m<sup>2</sup> SHAB consomme plus d'énergie et coûte plus cher qu'1 m<sup>2</sup> SHON, il peut être avantageux pour le maître d'ouvrage d'augmenter artificiellement la SHON jusqu'au rapport SHON/SHAB fatidique des 1.20 afin de minimiser ses coûts et sa consommation d'énergie au m<sup>2</sup> SHON.

Cette tendance est tout de même compensée par l'intérêt à minimiser le ratio SHON/SHAB et de maximiser la surface louée ou vendue.

Si les premières opérations semblaient utiliser ce biais de la réglementation, par exemple les opérations BBC logement social du premier appel à projets ADEME-IDF présentées dans la première partie ont un ratio SHON/SHAB moyen de 1.19. La plus grande facilité des opérations actuelles à atteindre le niveau BBC et la baisse des effets d'aubaines, subventions à la clé ou le fait d'« être parmi les premiers » ont semble-t-il atténué cette tendance et les opérations actuelles ont des ratios SHON/SHAB proche des ratios des bâtiments classiques.

**Les opérations structure béton à surcoût maîtrisé ont un surinvestissement de l'ordre de 135 euros réparti à 60% sur l'enveloppe et à 40% sur les systèmes.**

### **L'enveloppe : le nerf de la guerre de la réduction du surinvestissement**

Si on constate une forte baisse de la part des systèmes techniques dans le surinvestissement, due à une meilleure conception ou une baisse du coût des équipements, l'enveloppe demeure le plus gros poste de surinvestissement avec un effort supplémentaire stable de 80 € HT/m<sup>2</sup>SU. C'est donc sur les ouvrants et l'isolation du bâti que les efforts doivent se concentrer pour s'approcher d'un surinvestissement nul. L'utilisation de panneaux sandwichs préfabriqués en usine et de systèmes d'Isolation Thermique par l'Extérieur prêt à poser en une seule phase peut être une voie de réduction des coûts.

#### **SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



### **L'isolation répartie : un gisement d'économies potentiel ?**

L'isolation répartie n'a été utilisée par aucun cas CSTB et par une seule opération QEB Rhône-Alpes. Cette opération ne présente pas de surcoûts particuliers alors que l'isolation répartie a une durée de vie plus grande qu'une isolation par l'extérieur et permet de corriger certains oublis lors de la conception car elle peut être facilement percée sans que ses performances thermiques n'en soient trop modifiées. Elle mériterait donc qu'on lui porte plus d'attention, d'autant plus qu'une enveloppe en béton cellulaire a un bilan carbone très avantageux.

### **Le taux de vitrage**

La réduction du taux de vitrage peut être une tentation pour limiter les déperditions thermiques, en particulier pour le secteur du logement qui a des besoins d'éclairage relativement plus faible par rapport au tertiaire. Ce ratio surface vitrée/ SHAB varie entre 13 et 21% pour une moyenne s'établissant à 17.5% pour les 8 opérations QEB Rhône-Alpes qui ont renseigné cette donnée.

### **L'eau chaude sanitaire : un nouveau gisement d'économies d'énergie**

Les efforts drastiques sur la réduction des consommations d'énergie pour le chauffage font de l'eau chaude sanitaire un poste de consommation comparable. Sur les 10 opérations qui ont renseigné les consommations par poste, la consommation moyenne de chauffage est de 23.3 kWhep/m<sup>2</sup>SHON/an contre 21.1 kWhep/m<sup>2</sup>SHON/an pour l'eau chaude sanitaire alors que 90% d'entre elles utilisent du solaire thermique. Des innovations conduisant à une réduction des consommations d'énergie pour l'eau chaude sanitaire sont donc à souhaiter et seront certainement rentables. On peut déjà noter que les cinq opérations avec le surinvestissement le plus faible utilisent toute une surface raisonnée de solaire thermique -autour de 2 à 3% de leur SU.

### **La maîtrise du surinvestissement Principales conclusions**

Le surinvestissement représente en moyenne 12% du coût des travaux hors VRD, 8,7% pour les opérations ayant le surinvestissement le plus faible

L'enveloppe est le plus gros poste de surinvestissement. Pour une structure béton, l'écart est d'environ 80 € HT/m<sup>2</sup> SU quel que soit le surinvestissement global.

#### **SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



Isolation extérieure ou répartie ne semblent pas avoir d'incidence significative sur le surinvestissement, mais le nombre de cas est trop faible pour tirer une conclusion définitive.

Les équipements ou systèmes représentent un surinvestissement de l'ordre de 25 à 100 euros HT/ m<sup>2</sup> SU. Pour les opérations BBC à faible surinvestissement, l'écart sur les systèmes représente à peine 30 euros HT/ m<sup>2</sup> SU

Une opération BBC à faible surinvestissement cherche d'abord à réduire ses besoins de chauffage grâce à l'enveloppe avant d'optimiser ses systèmes de production. Une bonne opération BBC sur le plan économique se traduit par une réduction du coût des équipements, non de l'enveloppe

Pour les opérations BBC à faible surinvestissement, les équipements représentent moins de 30% de l'écart. Une baisse du surinvestissement passe donc par une réduction des coûts des vitrages performants et de l'isolation par l'extérieur

Le solaire thermique reste un bon moyen de réduire le surinvestissement avec une surface de panneaux aux alentours de 2 à 3% de la surface utile.

Raccordement au réseau de chaleur ou chaudière gaz à condensation sont jusqu'à présent les systèmes de chauffage les moins coûteux pour le maître d'ouvrage.

Compte tenu des prix actuels du triple vitrage, il semble plus pertinent d'utiliser du double vitrage peu émissif et/ou à gaz rare et d'investir plus dans d'autres équipements ou moyens d'isolation.

Il semble possible de combiner balcons et faible surinvestissement. Des balcons non désolidarisés mais pensés pour limiter les ponts thermiques n'entraînent pas de surcoût important au m<sup>2</sup> de surface utile

VMC double flux ou simple flux hygroréglable B ne semblent pas avoir d'incidence forte sur le surinvestissement.

A l'heure actuelle, sans aides publiques et/ou sans augmentation forte et soutenue des prix de l'énergie le surinvestissement des bâtiments neufs BBC n'est pas rentabilisé par les seuls gains sur les consommations énergétiques.

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## Points de vigilance sur les BEPOS Tertiaires

### La maîtrise de la consommation informatique : un pré-requis pour un bâtiment tertiaire à énergie positive activités comprises

Même après des efforts importants pour la maîtriser, par exemple en généralisant l'utilisation des ordinateurs portables, la consommation des outils informatiques (postes et serveurs) a environ le même poids que la consommation conventionnelle d'un bâtiment tertiaire PassiveHaus ou BEPOS, soit autour de 20kWh/m<sup>2</sup>SHON/an en énergie finale. Pour une opération comme Alto' sphère la consommation des postes et des serveurs représente 122% de la consommation conventionnelle, soit 17 kWh/ m<sup>2</sup>SHON/an en énergie finale. La maîtrise des consommations informatiques est donc très importante pour la performance globale du bâtiment.

### L'éclairage : lumières sur une importante source de coût

Comme l'ECS pour le logement, l'éclairage devient bien souvent le principal poste de la consommation conventionnelle pour les bâtiments tertiaire PassiveHaus ou BEPOS et demande des surinvestissements importants pour maîtriser les besoins : sheds en toiture, stores, luminaires performants avec détecteurs de présence et gradateurs,... qui peuvent engendrer un surcoût de l'ordre de 50 € HT/ m<sup>2</sup>SHON.

Même avec un soin tout particulier apporté à l'éclairage il peut rester le principal poste de consommation conventionnelle, avec par exemple 7.3 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an contre 6.1 kWh/m<sup>2</sup>SHON/an pour le chauffage pour le bâtiment Alto' sphère.

### La PAC géothermique : du froid sans surchauffe de la consommation

La PAC géothermique et la PAC sur nappe phréatique, ont été plébiscitées par quatre sur six des opérations tertiaires BEPOS souhaitant allier faible consommation énergétique et confort d'été optimal. La possibilité de refroidissement quasiment gratuit fait de la PAC géothermique le choix favori des bâtiments tertiaires PassiveHaus ou BEPOS, même si le surinvestissement initial est important. A tel point qu'on peut se demander s'il est possible d'atteindre de telles performances sans ce type de PAC ou sans ENR pour compenser les consommations plus fortes.

En cas d'une généralisation des opérations à très faible consommation d'énergie, il faudra faire attention à la réglementation sanitaire et environnementale (loi sur l'eau) entourant ce type de chauffage/refroidissement, en particulier les PAC sur nappe phréatique.

#### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

### **Remarque : le choix du gaz pour un bâtiment à énergie primaire positive**

La production d'électricité revendue au réseau est comptabilisée avec le coefficient de conversion Energie primaire/ Energie finale de 2.58, alors que le coefficient de conversion pour le gaz est de 1. Ainsi, pour compenser en énergie primaire une chaudière gaz consommant 50kWh il ne faudra produire que 19.4 kWh d'énergie photovoltaïque (correspondant à 50 kWh d'énergie primaire). Ce n'est pour l'instant pas problématique car les COP élevés des pompes à chaleur électriques compensent le coefficient de conversion mais, d'après ce mode de calcul, une pompe à chaleur gaz serait aussi extrêmement rentable.

### **Un constat : BEPOS = BBC + Photovoltaïque**

Toutes les opérations BEPOS du panel, que ce soit du logement ou du tertiaire, sont de fait des opérations BBC avec du photovoltaïque intégré. La baisse des tarifs de rachat de l'énergie solaire et la diversification de l'offre des autres sources d'électricité renouvelable devrait stopper le tout photovoltaïque.

L'obligation de construire des bâtiments à énergie positive à l'horizon 2020 doit engendrer une réflexion plus importante sur les moyens de production d'énergie renouvelable pour éviter la pose systématique de panneaux en toiture. Cette réflexion pourrait passer soit par un dispositif d'encouragement d'autres moyens de production d'énergie intégré au bâti comme le petit éolien soit envisager la participation à des opérations collectives de plus grande ampleur comme l'achat ou la location d'une partie d'un parc collectif d'éoliennes, de panneaux photovoltaïques, d'hydroliennes, qui bénéficierait à la fois de conditions optimales et de rendement d'échelle aussi bien en installation qu'en fonctionnement.

#### **SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





## GLOSSAIRE

**Energie finale** : c'est l'énergie consommée et payée par l'utilisateur final.

**Energie primaire** : c'est l'énergie consommée à la source. Elle prend en compte l'énergie perdue lors de la conversion en énergie finale et du transport de l'énergie. Pour les énergies fossiles le coefficient de conversion énergie primaire/énergie finale est pris égal à un. Pour l'énergie électrique ce coefficient est fixé à 2.58 pour tenir compte des pertes dues au transport et des pertes dues à la conversion de la source d'énergie initiale (fossile, nucléaire,...) en électricité. Ainsi, un bâtiment tout électrique qui a une consommation en énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup> aura une consommation en énergie finale de 19.4 kWh/m<sup>2</sup> en énergie finale. Pour l'énergie bois et pour l'obtention du label BBC-Effinergie, ce coefficient n'est pas de un mais est fixé à 0.6 pour tenir compte de la nature renouvelable de cette source d'énergie.

**Consommation conventionnelle ou Cep**: c'est la consommation de 5 postes – chauffage, refroidissement, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage- calculée par le moteur de calcul de la réglementation thermique aux vues des performances du bâtiment et de l'activité qu'il héberge. Elle est exprimée en énergie primaire.

**Consommation conventionnelle de référence ou Cepref**: c'est la consommation de 5 postes –chauffage, refroidissement, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage- calculée par le moteur de calcul de la réglementation thermique aux vues de l'activité qu'il héberge *et en supposant que ses performances correspondent au minimum requis par la réglementation thermique en vigueur*. Elle est exprimée en énergie primaire.

**Label Bâtiment Basse Consommation Effinergie (BBC Effinergie, ou BBC)** : le label BBC est délivré par l'association Effinergie.

Pour le logement individuel il impose une consommation en énergie primaire inférieure à 50 kWh par m<sup>2</sup> SHON par an, modulée suivant l'altitude et la position géographique, et requiert un niveau d'étanchéité minimal. Dans le cas où la SHON excède 1.2 fois la Shab, le label supposera une SHON fictive de 1.2 fois la Shab.

L'indice I4, reflétant le taux de renouvellement d'air lorsque la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur est de 4 Pascals, ne doit pas dépasser 0.6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.

**Pour le logement collectif les consommations maximales autorisées sont les mêmes que pour le logement individuel mais le niveau d'étanchéité requis est moins contraignant que pour le logement individuel. L'indice I4 ne doit pas dépasser 1 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>.**

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

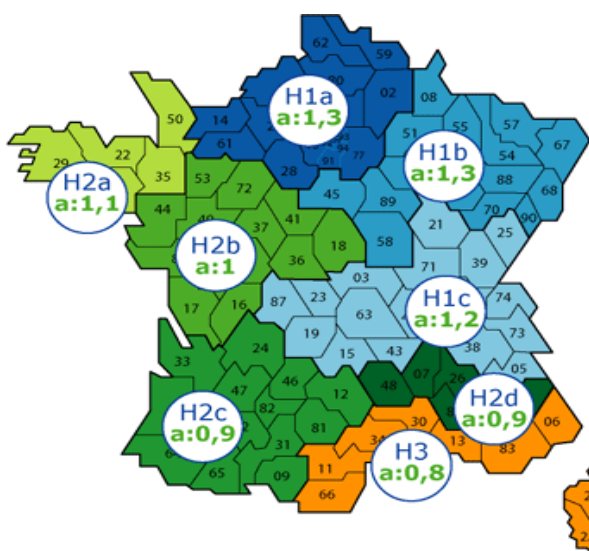




**Pour les bâtiments autres que de logement la consommation conventionnelle doit être inférieure de 50% à la consommation conventionnelle de référence.**

**Carte présentant les coefficients de modulation en fonction de la zone géographique.**

**Une altitude comprise entre 400 et 800 mètres augmente le coefficient a de 0.1 et une altitude supérieure à 800 mètres l'augmente de 0.2. Ainsi, un logement en Alsace situé à plus de 800 mètres peut avoir une consommation de 75 kWhep/ m<sup>2</sup>SHON.an et un logement au niveau de la mer en Corse ne peut dépasser les 40 kWhep/ m<sup>2</sup>SHON.an.**



**BEPOS** : Bâtiment à Energie Positive. Il n'existe pas de définition officielle d'un bâtiment à énergie positive. La définition la plus couramment utilisée est celle d'un bâtiment pour lequel la production d'électricité en énergie primaire est supérieure à la consommation conventionnelle en énergie primaire. Mais il existe d'autres variantes pouvant tenir compte de l'énergie finale et /ou d'une consommation étendue à d'autres postes, comme la consommation des activités.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**PAC** : Pompe A Chaleur. Fonctionnant à l'énergie électrique dans la quasi-totalité des cas, elle peut extraire de la chaleur de l'air ambiant –PAC classique-, d'eau ayant circulé dans le sol via des sondes d'une centaine de mètres de profondeur – PAC géothermique- ou d'eau ayant été en contact via de sondes avec la nappe phréatique –PAC sur nappe phréatique- .

**COP** ou COefficient de Performance : Le coefficient de performance est, pour une pompe à chaleur, le rapport entre l'énergie fournie et l'énergie consommée. Un COP élevé signifie une grande efficacité de la PAC.

**Panneau sandwich** : panneau composé d'une épaisseur d'isolant comprise entre deux couches externes – bois, béton,...-, préfabriqué en usine.

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

**SHED** : toiture en dents de scie avec un versant vitré sur sa longueur

**Taux de compacité** : ratio surface des façades extérieures/ SHON. Avoir une bonne compacité, soit avoir un taux de compacité faible, permet de diminuer les déperditions thermiques donc les consommations d'énergie pour le chauffage.

**Taux de vitrage** : ratio surface vitrée/ surface habitable

**Effet « paroi froide »** : L'effet « paroi froide » est engendré par le rayonnement de parois plus froides que la température intérieure. Ce rayonnement accentue la sensation de froid et donne l'impression d'une température intérieure plus faible. Les simples vitrages sont la principale source d'effet « paroi froide » mais les façades métalliques peuvent avoir le même effet.

## LES SURFACES

**SHOB** : Surface Hors Œuvre Brute

**SHON** : Surface Hors Oeuvre Nette

**SHAB** : Surface HABitable

**SU** : Surface Utile

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## LE COUT DU KWH

En énergie finale, c'est-à-dire payée par le consommateur, le coût du kWh suivant les sources d'énergies sont d'environ :

type d'énergie	coût approché du kWh final (centimes d'euros)
BOIS	3,5
GAZ	6
FUEL	9
ELECTRIQUE	12

Ces prix sont approximatifs car ils dépendent du coût de l'abonnement et du type d'énergie pour le bois –bûches ou palets-.

En kWh primaire les nouveaux coûts sont :

type d'énergie	coût approché du kWh primaire (centimes d'euros)
ELECTRIQUE	4,5
BOIS	6
GAZ	6
FUEL	9

En prenant un taux de conversion énergie primaire/ énergie finale de 2.58 pour l'électricité, 1 pour le gaz et le fuel et 0.6 pour le bois comme indiqué dans le référentiel BBC-Effinergie.

On voit bien que l'électricité, l'énergie la plus chère pour le consommateur final, est en fait l'énergie la moins chère en kWh primaire. Ainsi, à consommation en kWh primaire équivalente –par exemple 50 kWh<sub>ep</sub>/ m<sup>2</sup>SHON.an- le tout électrique est le plus rentable pour le consommateur.

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
le futur en construction

## ANNEXES

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



## **ANNEXE 1 : DOCUMENTS DE TRAVAIL**

Cette annexe présente les différents documents de travail ayant servi pour la collecte d'information auprès des maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre et entreprises.

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)



partenaires	<b>Maître d'ouvrage</b>			
Planning	date de construction			
	avancement du projet		projeté / réalisé	
	date de reception des tx			
type bâtiment	Type bâtiment		maison individuelle: collectif, logt social, bureaux, scolaire...	
	Type de projet		neuf /renovation	
	Dpt			
	Altitude			
	zone climatique			
	zone de bruit			
morphologie	SH (m²)			
	SHON (m2)			
	surface parois extérieures		Surface des parois ext. hors plancher	
	Surface vitrée			
économie et financement	Taux de vitrage		Surface vitrée/SHAB	
	Coût construction/réhabilitation enveloppe €		hors honoraires	
	Coût construction/réhabilitation systemes €		hors honoraires	
	Aides solaires + QEB Région			
	subvention, crédit d'impôt, bonus COS,CEE, prêt bonifié €			
	cout € par m2 de SHON			
	subvention €/m2 de SHON			
	système constructif			
	description isolation toit		texte libre	
	U toit			
	description isolation mur 1 (murs ossature bois)		texte libre	
	U mur 1 (murs ossature bois)			
	description isolation mur 2 (murs pignons en béton)		texte libre	
	U mur 2 (murs pignons en béton)			
	description isolation sol		texte libre	
	U sol			
	Uw			
	Ujn fenetres		Volets roulants PVC	
	protection solaire		fixe/mobile	
	surface fenetres			
	ponts thermiques W/K.m2 shn			
	Ubat			
	Ubat ref			
	Variation spatio-temporelle			
	système ventilation			
	Puissance des ventilateurs (W)			
	Efficacité de l'échangeur (%)			
	Perméa sous 4Pa (RT2005)			
	système chauffage			
	Puissance nominale (kW)			
	système production ecs			
	Puissance éclairage /m2 SHON			
	ECS solaire		surface capteur	
	Solaire photovoltaïque		surface capteur	
	performances technique	Consommation chauffage		kWhEP/m².an SHON
		Consommation chauffage + ECS		kWhEP/m².an SHON
Tic				
Ticréf				
C				
Cref				
	conso reference effnergie			
	Remarques		Spécificités techniques, climatiques...	

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

**CSTB**  
le futur en construction

---

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)





	Montant en €HT	Surinvest en € HT	Détail d'affectation
<b>Coûts initiaux prévisionnels ou réels de l'ouvrage</b>	Travaux d'adaptation (sous-cœvre, fondations spéciales,...)		
	Structure (Planchers, Voiles, Poteaux, etc.)		
	Enveloppe (Façades, Couvertures et étancheté, Menuiseries extérieures, etc.)		
	Dont Ossature bois, couverture, zinguerie		
	Dont Bardage		
	Dont Menuiseries extérieures PVC, occultations		
	Dont Bardage		
	Second Cœvre (Cloisonnement, menuiseries intérieures, revêtements intérieurs)		
	Second cœvre technique (Chauffage, Ventilation, Electricité, Plomberie, etc.)		
	Dont Chauffage		
	Dont ECS		
	Dont Ventilation		
	Dont Electricité		
	Dont Plomberie		
	Espaces Verts et VRD		
	<b>Total Travaux</b>		
	Etudes (Etudes Préalables, honoraires de MOE, expertises, audits)		
	Dont honoraires de MOE		
	Dont (étude à préciser)		
	Accompagnements (organismes de contrôle, mandats,...)		
Dont (assistance à préciser)			
Dont (assistance à préciser)			
<b>Total Travaux, Etudes et Accompagnements (au m<sup>2</sup> SHON)</b>			
<b>Dépenses prévisionnelles de fonctionnement</b>	Consommation prévisionnelle en énergie (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> SHON)		
	économie attendue en (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> SHON)		
	<b>Coût Total en énergie (euros TTC/m<sup>2</sup> SHON)</b>		
	Consommation prévisionnelle en chauffage (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> SHON)		
	économie attendue en kWh/m <sup>2</sup>		
	<b>Coût chauffage (euros TTC/m<sup>2</sup> SHON)</b>		
	Consommation prévisionnelle d'énergie pour eau chaude sanitaire (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> SHON)		
	économie attendue en kWh/m <sup>2</sup>		
	<b>Coût en eau chaude sanitaire (euros TTC/m<sup>2</sup> SHON)</b>		
	Coût des usages spécifiques de l'électricité (euros TTC/m <sup>2</sup> SHON)		
économie attendue en kWh/m <sup>2</sup>			
<b>Coûts de maintenance courante (euros TTC/m<sup>2</sup> SHON)</b>			

**SIEGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
 TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

**CSTB**  
 le futur en construction

## **Retour d'expérience bâtiments basse consommation Guide d'entretien**

- Pour quelles raisons avez-vous décidé de faire une opération BBC (anticipation de la réglementation, volonté d'expérimentation, subventions, bonus de COS,...)?
- Quelles contraintes avez-vous rencontrées en amont du projet ?
- Les coûts de maintenance ont-ils été un élément important du choix des équipements ?
- Avez-vous fonctionné en entreprise générale ou en lots séparés ? En êtes-vous satisfait ?
- Quelle a été la durée globale du projet ?
- Quelle a été la durée du chantier ?
- De combien de temps la phase d'études-conception a-t-elle été rallongée ?
- A posteriori, le phasage a-t-il été optimisé ? Sinon, pourquoi ?
- Avez-vous organisé des formations qualité pour les différents acteurs du chantier, en particulier sur l'importance de l'étanchéité à l'air ?
- Avez-vous eu des difficultés pour trouver des matériaux, des équipements ou des compétences techniques particulières ? Si oui, comment les avez-vous surmontées ?
- Comment avez-vous géré le contrôle de la qualité chantier ?
- Quelles difficultés avez-vous rencontrées en cours de chantier ? (techniques, logistiques, humaines)
- Considérez-vous la démarche BBC comme une vraie rupture par rapport aux autres opérations (innovation technologique, socio éco, conduite de projet, organisation, méthodologie,...)?
- L'approche BBC favorise-t-elle l'innovation technique ? De nouvelles prestations (des innovations de services) ? Des changements d'organisation ?
- Avez-vous fait appel à des matériaux préfabriqués-industrialisés ?
- La simplicité d'utilisation des équipements techniques a-t-elle été prise en compte ?
- Par rapport au planning initial quelles ont-été les dérives ? (coûts, durée...)
- L'assureur mandate-t-il des experts en cours de chantier pour apprécier les dispositifs innovants ?
- Quelle est la part de fonds propres mobilisés pour cette opération ? Quelle est la part d'emprunts bonifiés ?
- Y aura-t-il un système de suivi des résultats en matière de consommations d'énergie ?
- Y a-t-il un système pour mesurer la satisfaction des utilisateurs ?
- Quelles sont les distinctions majeures de ces bâtiments en maintenance et en fonctionnement par rapport aux bâtiments existants ?
- Quels dispositifs sont à garder/ à faire évoluer dans la conduite du projet et pourquoi ?
- Est-ce une expérience concluante ?

### SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

