



DGALN/Plan Urbanisme Construction Architecture

PUCA - BATEX

Bâtiments exemplaires

ZAC Seguin Rives de Seine à Boulogne-Billancourt (92100)

« 70° Sud »

NACARAT (SCCV La Traverse de Boulogne) – LAN Architecture

Ilot V3, lot V3b : du THPE au BBC-Effinergie

MONOGRAPHIE



Source : NACARAT/LAN Architecture

Marché à procédure adaptée n° 09 00117 du 8/7/2009

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'S. Gué', written in a cursive style.

Mars 2011

Remerciements

Nous remercions NACARAT, le promoteur (maître d'ouvrage : SCCV La Traverse de Boulogne sous gérance NACARAT), LAN Architecture, le maître d'œuvre, le BET COTEC, l'AMO environnementale LEAU, l'entreprise générale Eiffage-Construction, qui ont bien voulu nous rencontrer et nous communiquer les éléments nécessaires à la réalisation de cette recherche (voir annexe 8.1).

Crédits iconographiques

LAN Architecture et Julien Lanoo, Nacarat.

Ont participé à l'étude :

GERU

**89 rue Barrault
75 013 –PARIS
☎ 01 45 88 15 15**

**Nicole Kerhuel,
Philippe Marin**

COSTIC

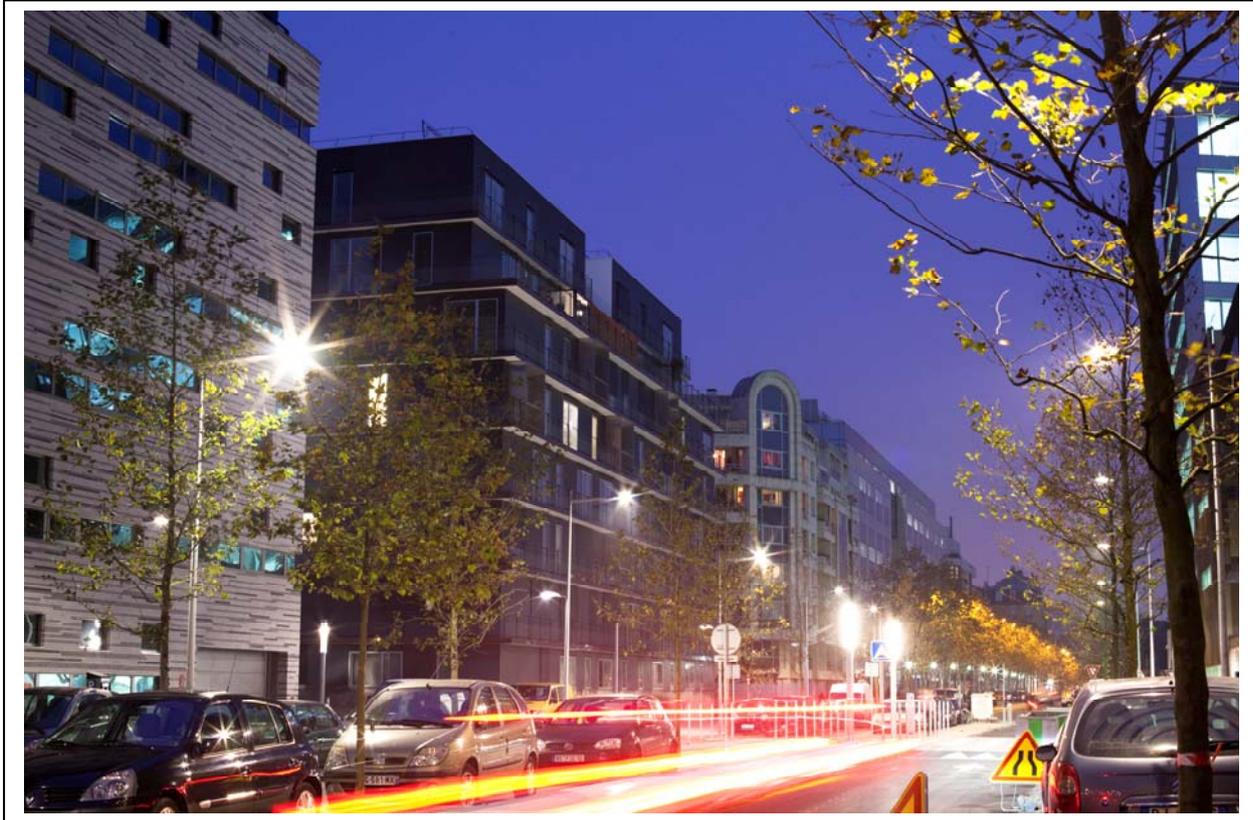
**Bâtiment 16
102 route de Limours
78 471 Saint-Rémy les Chevreuse Cedex
☎ 01 30 85 20 10**

**Alban Talluau
Cédric Beaumont**

SOMMAIRE

1	<u>– SYNTHÈSE DE L’ÉVALUATION – V3B.....</u>	5
2	<u>– CARACTÉRISTIQUES DE L’OPÉRATION – V3B.....</u>	9
2.1	FICHE TECHNIQUE	9
2.2	LES RAISONS DU CHOIX DE L’OPÉRATION	11
2.2.1	DES EXIGENCES PERFORMANCIELLES ENVIRONNEMENTALES AMBITIEUSES	11
2.2.2	UN MODE DE GOUVERNANCE QUI SERT DE « GARDE FOU » POUR LE PROJET	11
2.2.3	DES MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE DE LA MIXITÉ SOCIALE ORIGINALES	11
3	<u>– OBJECTIFS.....</u>	13
3.1	UN PROJET S’INSCRIVANT DANS UNE APPROCHE URBAINE GLOBALE DU QUARTIER	13
3.1.1	LA VOLONTÉ DE LA VILLE ET DE LA SAEM D’UNE QUALITÉ ARCHITECTURALE ET URBAINE	13
3.1.2	UNE MAÎTRISE DE LA MIXITÉ FONCTIONNELLE ET SOCIALE	13
3.2	CONCILIER IMAGE ET PERFORMANCES ÉNERGETIQUES	13
3.2.1	POUR LE MAÎTRE D’OUVRAGE, PRENDRE POSITION SUR LE MARCHÉ D’ÎLE-DE-FRANCE.....	13
3.2.2	POUR LE MAÎTRE D’ŒUVRE, UN BÂTIMENT PERFORMANT SANS COMPROMIS SUR L’IMAGE.....	14
4	<u>– LES MOYENS MIS EN ŒUVRE</u>	15
4.1	UN PROCESSUS PLUS EXIGEANT QUE SUR LES TERRAINS DU CONSORTIUM DBS	15
4.1.1	UNE CONSULTATION D’OPÉRATEURS PAR LOT	15
4.1.2	UN NIVEAU D’EXIGENCES PERFORMANCIELLES THPE.....	15
4.1.3	UNE HARMONISATION AVEC LES AUTRES CONSTRUCTIONS ET L’ENVIRONNEMENT PAYSAGER	15
4.2	UNE CONCEPTION INITIALE ASSURANT UNE SYNTHÈSE ENTRE IMAGE ET PERFORMANCES.....	16
4.2.1	UN SOUCI D’INTÉGRATION DE L’IMMEUBLE À SON ENVIRONNEMENT.....	16
4.2.2	L’APPLICATION DES PRINCIPES DE L’HABITAT BIOCLIMATIQUE.....	17
4.2.3	UNE PRISE EN COMPTE DE L’USAGE DANS LA CONCEPTION DES LOGEMENTS	17
4.2.4	UN PROJET QUI A SÉDUIT LA SAEM.....	18
4.3	ALLIER PERFORMANCES ET QUALITÉ ARCHITECTURALE.....	19
4.3.1	REPONDRE AUX OBJECTIFS DU CPTÉ	19
4.3.2	DES PERFORMANCES ÉNERGETIQUES D’EMBLÉE SUPÉRIEURES AUX EXIGENCES CONTRACTUELLES.	20
5	<u>– LE MODE DE RÉSOLUTION DES PROBLÈMES.....</u>	21
5.1	L’ADAPTATION DU PROJET AUX CONTRAINTES.....	21
5.1.1	UNE ARCHITECTURE INNOVANTE CONFRONTÉE AUX CONTRAINTES DU MARCHÉ.....	21
5.1.2	ATTEINDRE LE LABEL BBC_EFFINERGIE EN PRÉSERVANT LA QUALITÉ ARCHITECTURALE.....	22
5.2	UN NOUVEL AJUSTEMENT DES TRAVAUX APRÈS PASSATION DU MARCHÉ	23
5.2.1	UNE CONTRE-EXPERTISE THERMIQUE RELATIVEMENT SATISFAISANTE	23
5.2.2	DES AJUSTEMENTS COMPLÉMENTAIRES DU PROJET	24
5.3	IMPACT ÉCONOMIQUE DE L’AMÉLIORATION DES PERFORMANCES ÉNERGETIQUES	25
5.3.1	PEU D’ÉVOLUTION DES COÛTS ENTRE LA RÉPONSE À L’APPEL D’OFFRES ET LE MARCHÉ FINAL.....	25
5.3.2	ÉVALUATION DES COÛTS LIÉS AUX PERFORMANCES ÉNERGETIQUES AU-DELÀ DE LA RT2005	25
6	<u>– LIMITES DE L’EXPÉRIENCE.....</u>	27

6.1	DES RESULTATS D'ETUDES THERMIQUES DIFFICILES A INTERPRETER	27
6.1.1	UNE INCERTITUDE SUR LES HYPOTHESES DE CALCUL DES ETUDES THERMIQUES	27
6.1.2	UNE INSUFFISANTE COORDINATION ENTRE INTERVENANTS AU STADE DE LA CONCEPTION	29
6.1.3	DES CHOIX TECHNIQUES QUI NE FONT PAS CONSENSUS.....	30
6.2	UNE ABSENCE DE RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES DISPOSITIFS INNOVANTS	31
6.2.1	UNE ABSENCE DE RECUIL SUR L'EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX.....	31
6.2.2	LES RISQUES PRIS PAR L'ENTREPRISE AVEC LES PRODUITS INNOVANTS.....	31
6.2.3	PEU DE RETOUR D'EXPERIENCES SUR L'EFFICACITE DE L'ETANCHEITE A L'AIR	31
6.2.4	UNE DIFFICULTE A ENCADRER LES PROCEDURES D'AUTO-CONTROLE	31
6.3	DES FREINS CULTURELS A LA REALISATION D'UN HABITAT PERFORMANT	32
6.3.1	DES CRITERES DE CERTIFICATION QUI NE VALORISENT PAS UNE CONCEPTION BIOCLIMATIQUE	32
6.3.2	LES BATIMENTS PASSIFS NE SONT PAS NON PLUS VALORISES.....	33
6.4	UN NIVEAU DE PERFORMANCE ETROITEMENT DEPENDANT DE LA CONCEPTION INITIALE	33
6.4.1	LA DIFFICULTE DE RENFORCER LES OBJECTIFS DE PERFORMANCE EN COURS DE PROJET	33
6.4.2	DES SOLUTIONS TECHNIQUES INCOMPATIBLES AVEC L'IMAGE ARCHITECTURALE	33
6.5	UNE MOINDRE QUALITE D'USAGE POUR CERTAINS LOGEMENTS	34
6.5.1	DES OPTIONS TECHNIQUES ALTERANT LA QUALITE D'USAGE DE CERTAINS LOGEMENTS	34
6.5.2	DES ESPACES DE PROLONGEMENT DU LOGEMENT LIMITES PAR LES REGLES DU PLU.....	34
7	<u>– APPORTS DE L'EXPERIENCE</u>	35
7.1	UNE ACCULTURATION PROGRESSIVE DES DIFFERENTS PARTENAIRES	35
7.1.1	APPRENDRE A TRAVAILLER ENSEMBLE	35
7.1.2	LA CONSTITUTION DE GROUPES DE TRAVAIL INTERNES A LA MAITRISE D'OUVRAGE	35
7.1.3	L'IMPORTANCE DE L'ENCADREMENT DU PROJET URBAIN	36
7.1.4	UN SUIVI DES PROJETS DANS LA DUREE	36
7.2	DES COUTS MAITRISES	37
7.2.1	DES COUTS DE CONSTRUCTION MODERES.....	37
7.2.2	UNE DEMANDE DE CERTIFICATION BBC STRUCTUREE PAR LA FISCALITE VERTE	37
7.2.3	DES CHARGES PREVISIONNELLES ATTRACTIVES COMME ARGUMENT DE VENTE.....	38
7.3	LES CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DU PROJET	39
7.3.1	LE CHOIX D'UNE ENTREPRISE GENERALE EXPERIMENTEE HQE	39
7.3.2	UN CONTROLE DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION EN CONTINU.....	39
7.3.3	UNE MAITRISE D'OUVRAGE FORTE	39
7.3.4	L'IMPORTANCE D'UN NOUVEL ACTEUR : L'AMO ENVIRONNEMENTALE	40
7.4	REPRODUCTIBILITE DE LA DEMARCHE	40
7.4.1	LA CERTIFICATION NF LOGEMENT HQE COMME AVANTAGE CONCURRENTIEL	40
7.4.2	UNE REFLEXION PLUS GENERALE SUR LA COMPACTE DES IMMEUBLES DE LOGEMENTS.....	41
7.4.3	UNE MEILLEURE VALORISATION DE CE PROJET DANS LE CADRE DE LA PROCHAINE RT2012	41
7.5	LA MIXITE SOCIALE ET FONCTIONNELLE	42
7.5.1	LA GESTION DE LA MIXITE SOCIALE DANS L'ILOT V	42
7.5.2	UNE PREMIERE EXPERIENCE D'USUFRUIT SOCIAL.....	42
7.5.3	UNE TENTATIVE DE MIXITE DES ESPACES LIBRES PRIVES	43
8	<u>– ANNEXES</u>	44
8.1	LA METHODE D'APPROCHE DE LA RECHERCHE	44
8.2	LISTE DES PRINCIPAUX SIGLES UTILISES	44
8.3	LA CONCEPTION DE L'IMMEUBLE	47
8.4	COMPLEMENTES D'ANALYSE ECONOMIQUE DU PROJET	52
8.4.1	UN CHOIX DE COMPLEMENTES DE TRAVAUX NECESSAIRE	52
8.4.2	LA METHODE D'ANALYSE DES PRIX	52
8.4.3	EVALUATION DES SURCOUTS GENERES PAR LE DEPASSEMENT DE LA RT2005	53
8.5	RAPPORT DU COSTIC : ANALYSE DES CONSOMMATIONS PREVISIONNELLES V3B	56



*1.1 - Vue générale de la rue Yves Kermen avec l'immeuble V3b et les bureaux BBC (Etik, V2).
Source : LAN Architecture, octobre 2011*



*1.2 - Vue générale depuis l'allée Robert Doisneau.
Source : LAN Architecture, octobre 2011*



*1.3 - Vue générale de la rue Yves Kermen avec l'immeuble V3b et les bureaux BBC (Etik, V2).
Copyright: Julien Lanoo - Octobre 2011*

Dans le cadre du programme BATEX (Bâtiments Exemplaires), l'objet de cette recherche est le suivi-évaluation de deux opérations exemplaires localisées sur la ZAC Seguin-Rives de Seine à Boulogne-Billancourt, dans le cadre de la reconversion des terrains industriels Renault dans une logique de développement durable. Ce suivi retrace la conception du projet jusqu'à l'achèvement des travaux de l'immeuble.

Cette monographie concerne l'un des bâtiments exemplaires retenus suite à la sélection opérée avec l'aide la SAEM Val de Seine Aménagement : le bâtiment V3b, « 70°SUD », construit par NACARAT¹, le maître d'ouvrage, et par les architectes de LAN Architecture.

1 – SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION – V3B

Thématiques explorées de la recherche

Cette recherche prend pour axes thématiques d'évaluation le mode de gouvernance (processus de production innovants), le niveau de performances énergétiques recherché et obtenu (choix d'un niveau en décalage avec celui des bâtiments environnants), la gestion de la densité urbaine dans ses relations avec les usages des occupants (le mode de réponse retenu dans un contexte de densification visant à limiter l'étalement urbain en zone de marché tendu), la gestion de la mixité fonctionnelle et sociale.

Les raisons du choix de ce bâtiment

Au moment de sa conception, ce bâtiment résidentiel était l'un des plus performants de sa catégorie parmi ceux en projet sur la ZAC Seguin-Rives de Seine. D'emblée, il dépassait les exigences de performances énergétiques de la SAEM Val de Seine Aménagement qui cédait directement le terrain : alors que l'obtention du label THPE était demandée, une approche bioclimatique avancée a permis d'atteindre le niveau BBC-Effinergie. Les qualités architecturales sobres de ce bâtiment s'intègrent dans contexte urbain dense de l'îlot V3. Par ailleurs, de nouvelles formes originales de mixité sociale s'y sont développées : l'usufruit social.

Une convergence d'objectifs vers l'obtention d'un immeuble exemplaire

Les motivations des trois principaux partenaires ont convergé vers le souhait de réaliser un bâtiment exemplaire en termes de qualité urbaine et architecturale d'une part, de performances énergétiques élevées d'autre part. Pour la SAEM Val de Seine Aménagement, il s'agissait de céder des charges foncières pour réaliser un projet qui contribuerait à justifier son niveau d'exigences élevé à l'égard des autres promoteurs du consortium DBS (Développement Boulogne Seguin) intervenant sur le reste des terrains Renault dont ils avaient acquis les droits de construire.

Pour l'équipe maître d'ouvrage / maître d'œuvre qui a répondu au concours sur le lot V3b, les objectifs étaient pour partie partagés. Le maître d'ouvrage (NACARAT) trouvait dans ce projet, l'occasion de prendre pieds sur le site de Boulogne-Billancourt pour développer sa marque en Ile de France. En construisant un bâtiment exemplaire du point de vue énergétique, il souhaitait se positionner sur un segment de marché très concurrentiel en proposant un produit plus performant au même prix que celui demandé par les autres promoteurs de la ZAC.

Le maître d'œuvre souhaitait pour sa part approfondir son approche de conception bioclimatique déjà développée en Allemagne (Hambourg) et à Paris (dans le cadre du Plan Climat), permettant d'obtenir des performances élevées, tout en démontrant que ces dernières pouvaient être compatibles avec une architecture de qualité.

Des conditions de production plus classiques mais exigeantes

L'opération choisie illustre un tout autre mode de gouvernance que pour les autres macro-lots de la ZAC : il s'agit dans ce cas d'une procédure classique de cession de charges foncières d'une parcelle, avec cependant un concours alliant un projet architectural de qualité à une offre de prix attractive pour la SAEM, auprès de plusieurs équipes candidates alliant promoteur et maître d'œuvre (ce dernier pouvant être recommandé par la SAEM sur références). La priorité a été donnée à l'image architecturale du projet.

Principales caractéristiques du projet

Le bâtiment se développe sur un rez-de-chaussée et cinq niveaux complets, avec un couronnement sous forme de deux tourettes de deux niveaux sur terrasse en attique. De conception bioclimatique, l'immeuble devait à l'origine s'ouvrir en façade par une haute faille destinée à laisser pénétrer les rayons solaires dans la cour intérieure du bâtiment. L'immeuble épais (15 m) proposait à l'origine des logements traversants étroits. La façade sur rue est lisse, en béton lasuré anthracite, avec isolation par l'intérieur. Des coursives étroites rythment chaque niveau, de larges baies vitrées,

¹ Anciennement Bati-Conseil Immobilier

équipées de profilés minces extra-plats en aluminium en façade extérieure, en bois et aluminium sur la cour, permettaient d'obtenir une grande pureté de lignes. La façade sur cour est sobre, isolée par l'extérieur, avec un revêtement de couleur blanche destiné à faciliter la réverbération du soleil, pour un meilleur confort des occupants de ces logements.

Les problèmes posés lors de la mise en œuvre

Deux modifications successives ont été apportées au projet :

D'une part, un renforcement de l'isolation du bâtiment pour gagner les quelques kWh de consommations prévisionnelles, permettant d'obtenir la certification BBC-Effinergie. Des arbitrages et compromis ont été négociés pour atteindre cet objectif. Le dialogue a été difficile entre le maître d'œuvre, souhaitant préserver l'image architecturale du bâtiment et les BET et entreprise, soucieux d'atteindre un label très valorisant avec des moyens classiques (réduction des surfaces vitrées, renforcement de l'isolation par l'extérieur, suppression des boîtes en aluminium rythmant la façade, menuiseries extérieures plus épaisses mixtes bois alu), au détriment parfois de cette qualité architecturale revendiquée.

Au stade du marché de travaux, s'étant engagée sur l'obtention du label BBC-Effinergie, l'entreprise Eiffage-Construction a fait réaliser une nouvelle étude thermique pour sécuriser sa prestation. Certaines données de l'étude précédente semblaient peu fiables (surfaces prises en compte, performances attendues des différents composants). La conclusion a été de systématiser les linéaires de rupteurs de ponts thermiques le long des coursives de chaque étage et de renforcer l'isolation thermique des points faibles (traitement des arrêtes de jonction aux angles verticaux de jonction entre isolation par l'intérieur et par l'extérieur avec un large recouvrement de l'isolant, renforcement de doublages thermiques complémentaires).

Un coût de travaux relativement modéré pour les performances obtenues

Avec le détail du DQE précisant les éléments supprimés et les éléments substitués pour permettre de satisfaire aux exigences du BBC, il a été possible de reconstituer les prix correspondant au niveau de performances THPE/BBC à l'appel d'offres et de les comparer au marché signé effectivement. Compte tenu des performances initiales élevées, le renforcement de l'isolation s'est fait sans modification sensible des coûts, par un jeu de compensations et de rabais commerciaux globalisés. Les compléments de travaux nécessaires suite à la nouvelle étude thermique (rupteurs de ponts thermiques notamment) ont été pris en charge par l'entreprise (engagement sur la certification BBC-Effinergie). Le coût total est d'environ 1 610 € HT2009 par m² de SHON (ou 1 800 € par m² de surface habitable).

Les coûts spécifiques permettant d'aller au-delà des exigences de la RT2005 de base et d'atteindre le label BBC-Effinergie, sont estimés par différentiel à environ 130 € HT par m² de SHON (145 € HT par m² de surface habitable), soit 8 % du coût total de construction. Le coût des vitrages performants et des occultations, de l'isolation par l'extérieur de la partie sur cour et des rupteurs de ponts thermiques constituent les postes de dépenses les plus importants.

Evaluation de l'opération selon les quatre axes thématiques

Mode de gouvernance

Sur les îlots contrôlés par la SAEM, le mode de gouvernance du projet est allégé par rapport aux opérations qui se développent sur la base de consultations de macro-lots (consortium DBS). Les consultations de la SAEM sont lancées directement pour chaque lot sur la base de l'ensemble des cahiers des charges requis (CPAUP, CPTE, CPPI, etc.). Les interactions avec les autres architectes intervenant sur les autres lots sont limitées à des points particuliers : forme des bâtiments, couleurs, mode de traitement des espaces extérieurs communs et des prospects (servitude de cour commune). L'intervention de la SAEM et de l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze (au stade de la consultation, de la mise au point du projet, du dossier marché, et des prototypes) sert de garde fou pour éviter d'éventuelles dérives de l'opération. Ils peuvent intervenir en appui à l'architecte en cas d'arbitrages à réaliser avec le maître d'ouvrage et les entreprises, en privilégiant la préservation de l'image architecturale, condition de la qualité du projet urbain d'ensemble. Le système de management opérationnel (SEDI) est cependant trouvé trop contraignant, à la fois par le maître d'ouvrage et par le maître d'œuvre.

Atteinte des objectifs de performances énergétiques

Les contraintes de performance énergétique imposées par la SAEM (label THPE) étaient supérieures à celles exigées du consortium DBS sur les macro-lots contemporains. Elles ont finalement été dépassées. Compte tenu de performances atteintes d'emblée par le projet, proches du label BBC-Effinergie, l'objectif du maître d'ouvrage a été de « pousser » le projet pour obtenir ce dernier label, argument commercial de poids par rapport aux autres programmes de logements sur la ZAC. A prix équivalents aux autres programmes développés par le consortium DBS, les acquéreurs bénéficiaient d'un logement plus performant. Tous les bâtiments de l'îlot V3 (bureaux, logements sociaux et logements en accession) se sont alignés sur ce niveau BBC.

Lors des arbitrages rendus nécessaires pour élever le projet au niveau du label BBC-Effinergie, la SAEM et l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze ont soutenu l'architecte dans sa volonté de préserver l'image architecturale en

limitant les modifications techniques souhaitées par l'entreprise et le maître d'ouvrage à celles préconisées sur la façade sur cour. L'architecte a su préserver les principales caractéristiques du projet en ne se pliant pas aux demandes des BET et de l'entreprise, même si elles étaient justifiées du point de vue purement technique. Il a exigé le maintien de profilés minces extra plats en aluminium sur rue, avec de larges surfaces vitrées, de l'isolation par l'intérieur en façade, des coursives de 40 cm de large qui soulignent chaque niveau malgré les déperditions thermiques, des boîtes en aluminium qui entourent aléatoirement certains balcons et dynamisent la façade (soutenu sur ce point par le maître d'ouvrage). Il a cependant transigé sur la faille prévue en milieu de bâtiment sur rue, destinée à améliorer l'ensoleillement de la cour, et abandonné les logements traversants, les surfaces importantes rendant difficile la commercialisation des logements. Sur cour, les profilés aluminium ont été remplacés par des profilés minces bois/ aluminium, moins conducteurs, dès la mise au point du marché de travaux. Des rupteurs de ponts thermiques ont été posés le long de toutes les coursives.

Les simulations du COSTIC, à partir de l'analyse des études thermiques d'ATPS montrent, en effet, que sans rupteurs de ponts thermiques, la consommation prévisionnelle supplémentaire estimée aurait été de 4,7 kWh/m².SHON.an, rendant impossible d'atteindre le niveau BBC-Effinergie. En revanche, les pertes liées à une moindre isolation des menuiseries extérieures que dans le cadre du projet initial peuvent être estimées à 3,5 kWh/m².SHON.an (valeur U_w de 2,25 W/m².K au lieu de 1,84 W/m².K retenu dans l'étude thermique).

Les estimations de consommation prévisionnelle Cep, validant le niveau BBC, s'appuient cependant sur une hypothèse ambitieuse pour l'indice de perméabilité à l'air (indice I4 = 0,6 m³/h.m², plus exigeant que la limite de 1 m³/h.m² acceptée pour le BBC). Le renforcement de l'étanchéité à l'air s'appuie sur des dispositifs d'autocontrôle systématiques prévus pour atteindre cet objectif. En effet, en retenant l'hypothèse d'1 m³/h.m², la surconsommation par rapport aux estimations serait de près de 9,8 kWh/m².SHON, excédant dans ce cas le seuil de consommation du label BBC.

Ces analyses mettent en évidence la complexité des critères à surveiller pour atteindre les résultats recherchés.

Ce retour d'expérience met par ailleurs en évidence plusieurs constats :

- L'importance de l'implication de la maîtrise d'ouvrage pour arriver à concrétiser le projet BBC.
- La difficulté de renforcer les objectifs de performance énergétique en cours de mise au point du projet. Un immeuble est conçu en fonction d'un niveau de performance à atteindre : vouloir ensuite aller plus loin est plus difficile et plus coûteux que de concevoir directement le bâtiment en fonction des objectifs finaux à atteindre, même très élevés.
- Les limites des calculs thermiques avec des résultats en valeur absolue de consommation d'énergie primaire très sensibles à la définition de la SHON retenue. Les surfaces prises en compte se révèlent souvent variables d'une étude thermique à l'autre, avec des incidences sensibles sur l'estimation des performances atteintes (Cep). Les rupteurs de ponts thermiques ne sont pas toujours pris en compte dans les notes de calcul. Enfin, les innovations ne sont pas valorisées, dès lors qu'elles ne peuvent pas être prises en compte dans les logiciels de calcul.
- La nécessité d'actualiser régulièrement les notes de calcul thermique en fonction des modifications apportées, les résultats pouvant sensiblement changer.
- Les limites du renforcement des performances thermiques qui peut aller à l'encontre de la qualité d'usage des logements : tout renforcement de l'isolation thermique (par l'extérieur ou par l'intérieur) a des répercussions sur la SHON et, à SHON égale (densité maximale autorisée), il pénalise la surface habitable résultante.
- L'importance de l'implication de l'entreprise à même d'ajuster le projet à partir de nouvelles études thermiques et en mettant en place des procédures de suivi de la mise en œuvre en cours de chantier :
 - Les fiches d'auto-contrôle établies par l'entreprise générale Eiffage-Construction pour ce qui concerne son intervention directe (gros œuvre) permettent de vérifier point par point la qualité du produit et de sa mise en œuvre au fur et à mesure de l'avancement du chantier. Ce contrôle est précis et demande du temps, il est réalisé par le chef de chantier. Pour les sous-traitants, l'entreprise veille à ce qu'ils précisent les dispositions d'autocontrôle qu'ils comptent mettre en œuvre.
 - Les tests d'étanchéité prévus (avec une porte soufflante et des fumigènes) sont déterminants et se feront au fur et à mesure de la mise hors air des logements. Il serait préconisé d'associer ces tests à la thermographie qui permet la recherche des fuites². Ces contrôles sont d'autant plus nécessaires que l'atteinte des objectifs BBC s'est appuyée sur une hypothèse particulièrement exigeante pour la valeur du coefficient de perméabilité à l'air (I4 de 0,6 au lieu de 1).

La gestion de la densité urbaine

L'immeuble V3b est un immeuble urbain assurant une transition entre le centre ville et le nouveau quartier plus aéré. Il relève de la zone UAa. La compacité du bâtiment a été privilégiée, les prolongements extérieurs du logement donnant sur la rue sont plus réduits que sur le reste de la ZAC (zone UAAb). L'étroitesse du terrain n'a pas permis de réaliser de grands balcons donnant sur le jardin intérieur comme il l'a été possible pour le bâtiment mitoyen V3a. La gestion des espaces verts de cœur d'îlot s'est faite néanmoins en cohérence avec l'immeuble V3a (servitude de cour commune)

² Avec la limite que la thermographie ne fonctionne que pour un écart de T°C d'au moins 30°C entre intérieur et extérieur.

assurant un traitement homogène en prolongement de l'allée Robert Doisneau par laquelle se fait l'accès piéton à l'immeuble.

Mise en œuvre de la mixité sociale et fonctionnelle

La mixité sociale n'était pas prévue à l'origine dans l'immeuble. Les 58 logements étaient destinés à la vente. Les difficultés de commercialisation lors de la crise financière de 2008 ont été à l'origine d'une nouvelle forme de mixité sociale diffuse : le démembrement de la propriété en usufruit social. Cette expérience a porté sur une vingtaine de logements. Un bailleur social (RLF) a acquis l'usufruit des logements pour 15 ans pour y loger ses locataires avec un financement PLS. Les nus-proprétaires récupéreront leur logement libre d'occupation à l'issue de ce délai, en ayant acquitté 60 % du prix de vente, mais sans percevoir de recettes sur la durée du bail. Cette nouvelle forme de logement social temporaire pourrait se diffuser dans les autres immeubles de la ZAC. La gestion de cette mixité sociale se fera comme pour l'opération B3g, sous le statut de la copropriété, avec cependant une répartition des charges par tantièmes pour chacun des logements.

Le souhait de l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze de banaliser les espaces libres quel que soit le statut d'occupation des immeubles ne s'est finalement pas concrétisé. Des clôtures ont été maintenues entre l'immeuble en accession à la propriété (V3b) et l'immeuble mitoyen de logements sociaux (V3a), afin d'en simplifier les modes de gestion.

Reproductibilité de l'expérience

Le maître d'ouvrage a constitué de groupes de travail internes afin d'affiner ses produits à partir des retours d'expérience. La certification H&E (profil A) en BBC-Effinergie est devenue un standard pour lui depuis 2009, avant même qu'elle ne soit généralisée depuis 2010-2011 (encouragée par la fiscalité « verte » du régime Scellier, anticipant l'application de la RT2012), dans une démarche de développement durable.

Les équipes de Nacarat travaillent désormais sur l'habitat passif. Pour atteindre cet objectif, le maître d'ouvrage a demandé la certification NF logement HQE BBC, impliquant une structuration des équipes en interne. Il a recours systématiquement à une AMO environnementale et exige des simulations thermiques pour permettre à la maîtrise d'œuvre d'optimiser ses choix dès la conception du projet.

2 – CARACTERISTIQUES DE L'OPERATION – V3B

2.1 FICHE TECHNIQUE

Maître d'ouvrage : SCCV La Traverse de Boulogne sous gérance NACARAT (promoteur)
Réfèrent du macro-lot V3 : SAEM Val de Seine Aménagement (cession directe du foncier).
Encadrement : SAEM, Patrick Chavannes (AAUPC) urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze sur la ZAC-Seguins Rives de Seine en association avec Thierry Laverne, paysagiste.

Architecte : LAN ARCHITECTURE assurant la maîtrise d'œuvre de conception et le suivi architectural.
Paysagiste du lot : sans

BET thermique (projet) : COTEC (il assure également la maîtrise d'œuvre d'exécution).
AMO environnementale (maître d'ouvrage) : LEAU.
Entreprise : Eiffage-Construction
Syndic : nd.

Composition du bâtiment :

- 58 logements en accession à la propriété,
- dont 20 logements en usufruit social (démembrement de propriété).

SHON = 4 439 m² :
SHAB = 3 928 m²

Caractéristiques du bâtiment :



Figure 2.1 – Façade sud-ouest à l'angle de la rue Yves Kermen et de l'avenue Emile Zola. Présentation commerciale- Source : LAN Architecture.

Corps de bâtiment principal : R+5+ 2 étages en retrait formant deux tourettes où sont concentrés les duplex (maisons sur les toits).

Orientation sud-ouest sur la rue Yves Kermen, retour en façade est sur l'avenue Emile Zola, façade ouest donnant sur l'allée piétonne Robert Doisneau.

Immeuble mitoyen avec V3a (29 logements sociaux, Immobilière 3F).

Trois niveaux de sous-sol (inondables).

Répartition par type de logements

Accession
10 T1
8 T2
21 T3
13 T4
6 T5

Date du concours de lot : 1/5/2007, attribution : 12/11/ 2007.
Date de la demande de permis de construire V3b : 3/07/2008
Date du permis de construire : 8/10/2008.
Date du dossier marché : 6/11/2009
Date de livraison : 3^e trimestre 2011 (hors d'eau : février 2011).

Les grands axes du projet et ses principales évolutions :

- Conception bioclimatique en fonction d'un objectif THPE.
- Renforcement de l'isolation pour atteindre le niveau BBC compte tenu des excellentes performances résultant de la conception initiale du bâtiment.
- Abandon des logements traversants pour s'adapter à la solvabilité du marché local (réduction des surfaces habitables des logements).
- Volonté de préservation de la qualité architecturale sur la façade sur rue, impliquant une solution mixte d'isolation thermique : isolation par l'intérieur, profilés fins en aluminium pour les menuiseries extérieures sur la rue, isolation par l'extérieur sur la façade nord et ouest sur cour avec des profilés bois alu, volets coulissants pour gérer des vis-à-vis rapprochés remplacés par des volets roulants afin de réduire les déperditions thermiques.

PERFORMANCE ENERGETIQUE DU PROJET

Quatre critères de performances doivent être atteints :

- CPTe : Habitat & Environnement millésime 2005, révisé en sept 2006, profil A
- Label THPE (RT2005).

Obligation contractuelle de l'entreprise : Eiffage-Construction

Certifications Qualitel et Habitat et Environnement (profil A) – **BBC-Effinergie**

Notice acquéreur : référence au label BBC-Effinergie, simulations de consommations

ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE (ATPS, 2010)

Après le marché

C=Cref (RT2005) – 23 %

Cep : 61,0 kWh/m².SHON.an

Emission annuelle de CO₂ : 19 kg ep CO₂/m².an

ECONOMIE DU PROJET

Coût travaux logements :

Initial : 7,134 millions € HT 2009.

Janvier 2011 : 7,14 millions HT € 2009 (provisoire)

Coût travaux au-delà de la RT2005 :

Initial : 0,590 millions € HT 2009.

Janvier 2011 : 0,575 millions € HT € 2009

Dont (arrondis) :

Coût des travaux par m² de surface habitable :

Accession : 1 800 € HT (hors parking : 1 300 € HT)

Coût des travaux par m² de SHON :

Accession : 1 610 € HT (1 160 € hors parking).

Estimation des coûts des travaux dépassant la RT2005 :

Accession : 130 € HT par m² de SHON (145 € HT par m² SHAB).

Prix de vente moyen accession : 7 000 € TTC 2008 par m² de surface habitable avec parking.

Coût des études thermiques : 7 000 à 8 000 € HT pour soixante logements

Coût d'une AMO environnementale : 20 000 à 22 000 € HT pour 60 logements environ.

2.2 LES RAISONS DU CHOIX DE L'OPERATION

Le suivi du projet a été assuré entre sa conception et le stade d'avancement des travaux en fin 2010 (échéance de rendu de la recherche). Plusieurs thématiques nous intéressent dans ce projet : la recherche d'une exemplarité en matière de performance énergétique, une réflexion sur la gestion de la densité, une réflexion sur l'intégration optimale d'un bâtiment dense dans un environnement de qualité, une approche originale de la mixité sociale de fait.

2.2.1 Des exigences performancielles environnementales ambitieuses

Plus tardif que les constructions du macro-lot B3, ce bâtiment était emblématique de ce que pourraient devenir les productions futures sur la ZAC Seguin-Rives de Seine. Propriétaire des terrains acquis directement auprès de Renault (îlots épars), la SAEM a pu imposer un niveau d'exigences de développement durable plus élevé que sur les terrains déjà acquis par le consortium DBS sur le reste de la ZAC. Au moment de la consultation pour la conception du bâtiment, elle exigeait des performances au niveau minimal THPE. Cette expérience a légitimé la faisabilité économique d'un programme de construction performant, facilitant pour la SAEM une négociation avec les promoteurs du consortium DBS pour accélérer la prise en compte d'objectifs de performances énergétiques plus exigeantes. Par ailleurs, les réponses à l'appel d'offres devaient respecter les différentes chartes environnementale, architecturales et urbaines spécifiques à cet îlot V3³.

Cet exemple montre également le rôle du maître d'ouvrage dans la volonté d'atteindre les objectifs ambitieux d'une certification BBC-Effinergie. A la fois en termes d'image de marque du promoteur, qui n'avait jusque là pas encore réalisé de tels bâtiments, que d'opportunité de se positionner favorablement sur un marché concurrentiel en région Ile-de-France.

Dans quelles conditions techniques se fait cette évolution, quels choix et quels arbitrages ont été nécessaires pour cela, à quel prix de revient ?

2.2.2 Un mode de gouvernance qui sert de « garde fou » pour le projet

Passer de THPE à BBC-Effinergie n'est également pas sans risques pour la préservation de l'architecture du projet : cet exemple illustre les compromis passés entre le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et les BET (thermiques, AMO environnementale, puis intervention de l'entreprise validant les études thermiques), avec un rôle bien particulier joué par la SAEM. Cette dernière, assistée par l'architecte urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze, a veillé à la préservation des caractéristiques d'un bâtiment choisi précisément pour cette qualité architecturale lors de la consultation d'équipes de maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre pour le lot. La méthode retenue dans le cadre de la ZAC montre ici toute son efficacité.

2.2.3 Des modalités de mise en œuvre de la mixité sociale originales

La mixité sociale et fonctionnelle ne se concrétise pas dans cet îlot au niveau de chacun des immeubles. Les lots sont spécialisés dans un type d'offre : bureaux, logements sociaux réalisés directement par le bailleur social (V3a), logements en accession à la propriété (V3b). Cependant, les difficultés de commercialisation des logements durant la période de crise financière qu'a traversée la France et la région Ile-de-France entre la mi 2008 et la mi 2009 ont été à l'origine de l'expérimentation d'une nouvelle forme de mixité sociale innovante : l'usufruit social, dont les contours réglementaires ont été définis en 2007 puis précisés en fin 2009⁴.

Par ailleurs, le maître d'ouvrage a été le seul à afficher clairement la possibilité de bénéficier d'une TVA à taux réduit (5,5 %), dans la mesure où la quasi-totalité de la ZAC se trouve située dans le périmètre de 500 m d'une zone ANRU (le quartier du Pont de Sèvres). Les autres programmes sur la ZAC ont été peu nombreux à communiquer sur cette éligibilité, cette dernière brouillant l'image du quartier ciblant les catégories moyennes et supérieures. Bénéficier de ces avantages fiscaux est cependant limité compte tenu des niveaux de prix relativement élevés sur la ZAC, obligeant les acquéreurs à disposer de ressources élevées et/ou d'un apport personnel important.

³ CPAUP, CPTE, CPPI, COC, voir rapport intermédiaire, chapitre 3.2.1.

⁴ Voir : rapport général, annexe 6.1.

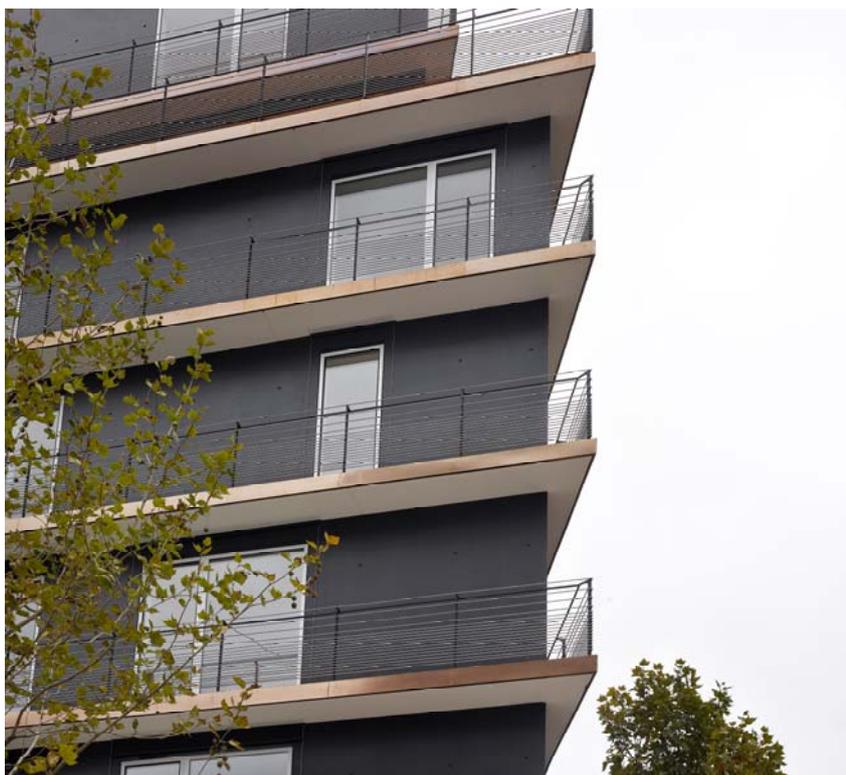


Figure 2.2 - Appartements d'angle (rue Yves Kermen, avenue E. Zola)
Octobre 2011. Copyright: Julien Lanoo



Figure 2.3 – Vue sur V3b depuis la rue Yves Kermen (en arrière plan à gauche V3a)
Octobre 2011. Copyright: Julien Lanoo

3.1 UN PROJET S'INSCRIVANT DANS UNE APPROCHE URBAINE GLOBALE DU QUARTIER

3.1.1 La volonté de la Ville et de la SAEM d'une qualité architecturale et urbaine

Comme pour le bâtiment B3g⁵, le projet s'inscrit dans une démarche générale de conception du quartier ayant fait l'objet d'un plan de référence conçu par Patrick Chavannes (AAUPC) associé au paysagiste Thierry Laverne, adopté par le conseil municipal de la commune en juin 2002. Ce projet urbain, est orienté vers la conception d'une « ville parc », où les constructions denses sont imbriquées dans le milieu naturel, les espaces extérieurs publics et privés représentant la moitié de l'emprise de la ZAC. La forte présence de la nature relativise la perception d'une densité élevée. Ce projet a fait l'objet de la création d'une ZAC en 2003 dont le dossier de réalisation a été approuvé en avril 2004 en même temps que le PLU qui réglementait les constructions.

Un dispositif original de négociation entre la Ville, la SAEM et les promoteurs du consortium DBS qui avaient acquis auprès de Renault les droits à construire sur les terrains du Trapèze a permis à la Ville de transformer un projet immobilier en projet urbain de qualité respectant ses objectifs de développement durable⁶ (cahiers des charges accompagnant la cession des droits de construire, conventions signées avec les promoteurs, organisation de consultations de macro-lots et choix d'architectes d'horizons variés assurant une diversité d'écriture architecturale pour un projet de 842000 m² de SHON sur 52 ha). La Ville contrôle le respect des règles par le permis de construire. Les aménagements et les des équipements publics sont réalisés par la SAEM Val de Seine Aménagement, leur financement est assuré par des participations des constructeurs et de la Ville.

La Ville et la SAEM ont également acquis directement des îlots épars inclus dans le périmètre de la ZAC, dont l'îlot V, l'île Seguin. Contrôlant le foncier, le pilotage de l'urbanisation est ici différent. La SAEM lance des appels d'offre pour cession de charges foncières auprès d'équipes constituées pour cette occasion entre un maître d'ouvrage (promoteur, bailleur social) et un maître d'œuvre. Le choix de l'équipe candidate est fait en fonction des critères de qualité du projet et du niveau de l'offre de charge foncière. Pour ces terrains, la SAEM exige des performances énergétiques supérieures à celles qu'elle négocie avec le groupe de promoteurs DBS. L'objectif est de « tirer » vers le haut les exigences environnementales et urbaines négociées avec les promoteurs du consortium en leur donnant des exemples concrets de réalisations plus ambitieuses. L'opération retenue pour cette monographie illustre cette démarche.

3.1.2 Une maîtrise de la mixité fonctionnelle et sociale

En second lieu, l'objectif de mixité fonctionnelle et sociale sur la ZAC est assuré par la répartition des types de programmes entre les différents lots de l'îlot V (bureaux, centre culturel et cultuel musulman, collège et espaces sportifs attenants, logements en accession à la propriété et logements sociaux). Les programmes résidentiels doivent également respecter la typologie de logements définie par la ville pour assurer une offre de logements familiaux (T3 et plus) conforme aux objectifs du programme local de l'habitat (PLH), l'offre sur la ville de Boulogne étant déficitaire en logements de plus de trois pièces.

3.2 CONCILIER IMAGE ET PERFORMANCES ENERGETIQUES

3.2.1 Pour le maître d'ouvrage, prendre position sur le marché d'Ile-de-France

Le promoteur NACARAT⁷, était fortement motivé pour construire sur la ZAC Seguin Rives de Seine, souhaitant développer son activité de promotion en région Ile de France (le siège de l'entreprise est localisé dans le Nord de la

⁵ Voir monographie spécifique.

⁶ Voir le rapport transversal présentant le mode de gouvernance de l'urbanisation du quartier.

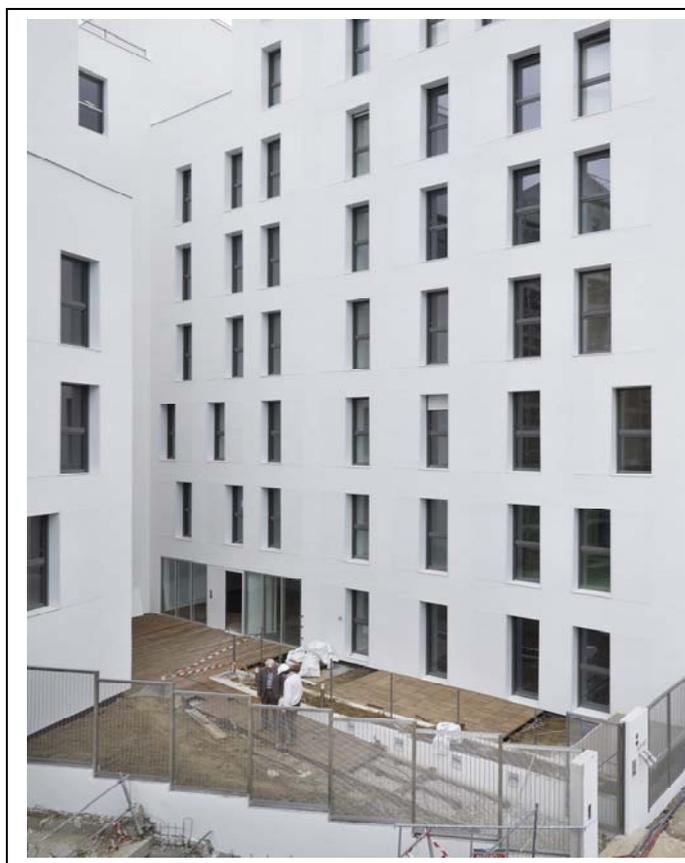
⁷ Initialement Bati-Conseil Immobilier

France). Sa seule possibilité était de développer un projet sur les terrains de la SAEM, ceux contrôlés par le consortium DBS étant verrouillés.⁸ Il a donc répondu à la consultation d'opérateurs lancée par la SAEM pour le lot V3b en mai 2007 et s'est associé à un architecte recommandé par la SAEM.

3.2.2 Pour le maître d'œuvre, un bâtiment performant sans compromis sur l'image

LAN Architecture était déjà familiarisé avec la conception de bâtiments passifs (projets en France et en Allemagne, où ces exigences sont courantes dans la promotion). Il s'est associé au BET HQE Franck Boutté Consultants avec lequel il a l'habitude de répondre aux concours d'architecture. Architecte et ingénieur thermicien, consultant HQE pour des bâtiments passifs, ce dernier est réputé pour maîtriser les techniques constructives tout en ayant une bonne pratique des aspects environnementaux et énergétiques des projets. De conception bioclimatique, les performances du projet allaient déjà au-delà des exigences THPE, sans pour autant chercher à être un bâtiment passif.

L'architecte voulait également prouver qu'atteindre des performances énergétiques élevées pouvait être compatible avec une architecture de qualité, sobre et épurée (façade lisse en béton lasuré de couleur anthracite, dynamique de la façade donnée par de larges ouvertures et des coursives soulignant chaque niveau, balcons prolongeant certains séjours encadrés par des boîtes en aluminium réparties aléatoirement sur la façade).



La façade nord et le retour mitoyen avec V3a



Vue sur la partie en U sur cour intérieure depuis l'allée Robert Doisneau, plaquette commerciale Nacarat



Figure 3.1 - Vue depuis l'allée piétonne Robert Doisneau
Copyright: Julien Lanoo (octobre 2011).

⁸ En raison de la promesse de vente générale signée avec Renault en décembre 2001 et faisant l'objet de conventions de mise en œuvre pour chaque tranche opérationnelle.

4 – LES MOYENS MIS EN OEUVRE

4.1 UN PROCESSUS PLUS EXIGEANT QUE SUR LES TERRAINS DU CONSORTIUM DBS

4.1.1 Une consultation d'opérateurs par lot

Contrairement aux autres îlots gérés par le consortium DBS, il n'y a pas eu de consultation générale de macro-lot sur l'îlot V, avec désignation consécutive d'un architecte urbaniste coordonnateur d'îlot, avant l'attribution des différents lots à plusieurs architectes différents. Le projet urbain était contrôlé par le cahier de prescriptions CPAUP défini pour Patrick Chavannes, urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze de la ZAC. Par ailleurs, le terrain d'emprise était plus restreint. La SAEM et l'urbaniste coordonnateur du Trapèze assurent la coordination et le suivi des différents projets sur l'îlot. La SAEM aménage les espaces libres et construit les équipements publics financés majoritairement par les participations des constructeurs.

La procédure suivie par la SAEM a été plus classique que pour le lot B3g : elle a lancé une consultation d'opérateurs pour la cession des charges foncières le 5 mai 2007. Cette consultation concernait plusieurs terrains sur l'îlot V. Les bureaux et commerces (lot V2), le terrain à destination d'accession à la propriété (lot V3b). La consultation pour le lot V3a (logements sociaux) a été lancée plus tard, en octobre 2007. La mise en concurrence sur chaque lot du macro-lot V demandait la constitution d'une équipe regroupant maître d'ouvrage et maître d'œuvre, et qui devait répondre à la fois sur une offre d'acquisition de charges foncières la plus avantageuse pour la SAEM, tout en proposant un immeuble innovant en matière architecturale.

Comme pour le consortium DBS, la production des logements et des bureaux est strictement encadrée par un corps de documents contractuels annexés au cahier des charges de cession du terrain d'emprise et signés en même temps que l'acte authentique de vente des terrains⁹.

Parmi les seize candidatures déposées pour le lot V3b, cinq ont été retenues par la SAEM lors d'un comité de sélection tenu en juillet 2007. L'attribution du lot a eu lieu en novembre 2007 : c'est le projet de l'équipe formée entre Bâti Conseil/Nacarat et LAN Architecture qui a été préféré par le jury de la consultation pour deux raisons :

- la qualité de son architecture sobre et « contemporaine »,
- une proposition de prix pour l'acquisition de la charge foncière plus attractive que celle des autres candidats.

4.1.2 Un niveau d'exigences performancielle THPE

Tous les immeubles construits sur la ZAC doivent obtenir le label Habitat & Environnement en classe A (le plus contraignant). Pour ce qui concerne les performances énergétiques, le cahier des prescriptions techniques et environnementales (CPTe) de la consultation imposait d'atteindre le label Très haute performance énergétique (THPE), ce qui correspond à un gain de 20 % sur les objectifs de consommation dans le cadre de la réglementation thermique de 2005 (RT2005). Les opérations contemporaines sur les terrains DBS se limitaient au niveau HPE (gain de 10 % sur ces objectifs de consommations).

4.1.3 Une harmonisation avec les autres constructions et l'environnement paysager

Positionné à l'entrée du nouveau quartier, en limite du centre ancien plus dense, le lot V3b est compris dans la zone de PLU UAa (extension du centre-ville dense). Cet environnement et les règles du PLU applicables à ce lot expliquent le caractère plus urbain et plus compact de ce bâtiment que pour les autres immeubles sur la ZAC compris dans les zones UAb et UCd, où les règles conduisent à des formes urbaines plus aérées.

⁹ Pour plus de détails, on se reportera au rapport de synthèse « Approche transversale » relatif au montage général de l'opération de la ZAC Seguin-Rives de Seine, chapitre 2.

Marquant l'entrée du nouveau quartier, il a été conçu par l'architecte en fonction de sa position stratégique à l'angle de deux axes majeurs de desserte de la ZAC (le cours Emile Zola et la rue Yves Kermen, très passante).

Une fois la consultation gagnée sur la parcelle, LAN Architecture a été chargé de rédiger un cahier des charges de prescriptions architecturales pour l'immeuble voisin (29 logements sociaux réalisés par le groupe immobilier 3F) pour harmoniser et rendre cohérentes les architectures de ces deux bâtiments mitoyens.

Le travail en commun entre ces deux lots s'est cependant limité à quelques aspects :

- L'homogénéisation de l'image architecturale de cette partie d'îlot, à forte visibilité. Des réunions ont eu lieu dans les locaux de la SAEM aux différents stades du projet pour en débattre. Notamment, le choix de la couleur des façades a fait l'objet de mises au point successives entre concepteurs : LAN Architecture avait gagné le projet sur la base d'une façade de couleur anthracite. Le projet de l'architecte Bühler pour 3F proposait une façade dans les mêmes tons. Cela risquait de constituer une masse sombre trop importante pour la rue, même si les façades situées en vis-à-vis sont de couleur blanche. Des arbitrages ont donc été faits, le projet de l'architecte Bühler devant éclaircir le rendu de sa façade.
- L'harmonisation du traitement des espaces libres privatifs en continuité de l'aménagement de l'allée Robert Doisneau (Grande traverse). L'espace libre disponible sur la parcelle en accession étant très limité (50 m²), l'essentiel du paysagement de ce cœur d'îlot se fait sur le terrain de 3F (plantation de deux arbres de haute tige, traitement des sols, plantations basses en continuité du traitement de l'espace public). Une clôture homogène de qualité permet de séparer les deux terrains de la traverse piétonne.
- Une servitude de cour commune de vue entre les deux parcelles a permis d'optimiser les prospects sur ce terrain réduit et construire plus de logements. Cette servitude a été signée sous réserve que le bâtiment de logements sociaux (V3a) ne subisse aucune réduction de constructibilité (2 200 m² de SHON prévus). Elle couvre une emprise globale de 323 m² sur les deux terrains, dont la majorité sur V3a.

L'entreprise Eiffage-Construction était intéressée à obtenir les marchés pour les deux immeubles mitoyens V3b et V3a. En effet, il était difficile de réaliser les chantiers avec deux entreprises différentes, compte tenu de l'exiguïté des deux lots de terrains contigus et très contraints. Les appels d'offre ont été passés séparément. Etant déjà installée sur place, l'entreprise a pu, par les économies d'échelle rendues possibles, proposer un meilleur prix par rapport aux propositions des concurrents.

En revanche, il n'y a pas eu de travail en commun avec les architectes des bureaux et du centre culturel musulman localisés sur le même îlot V, de l'autre côté de la traverse.

Voir fiche V3b.3- Plan masse de l'immeuble

4.2 UNE CONCEPTION INITIALE ASSURANT UNE SYNTHÈSE ENTRE IMAGE ET PERFORMANCES

4.2.1 Un souci d'intégration de l'immeuble à son environnement

Le projet de la consultation reprend à son compte l'objectif d'insertion dans la « ville parc », concept défendu par l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze. Il a pour ambition de répondre simultanément à plusieurs enjeux ¹⁰:

- Concevoir un immeuble d'angle, occupant une position majeure dans l'îlot et assurant une transition entre le centre urbain dense et le nouveau quartier plus aéré.
- S'insérer dans un îlot dont la morphologie et l'orientation sont très contraignantes : la parcelle est relativement petite (839 m²) et de forme irrégulière.
- Maintenir un souci d'intégration dans un contexte très riche architecturalement¹¹ et pourvu de divers matériaux.

La conception du bâtiment veut créer une architecture intégrant à la fois une vocation urbaine (rues Yves Kermen et avenue Emile Zola) et le paysage de l'allée Robert Doisneau (Grande traverse), selon les orientations paysagères données CPAUP¹² pour le secteur du Trapèze.

¹⁰ Source : plaquette de présentation des résultats du concours par LAN Architecture.

¹¹ Ndlr : En effet, l'ensemble des immeubles construits sur la ZAC sur les terrains en promesse de vente avec le consortium DBS ont fait l'objet de concours d'architecture au moins au niveau du macro-lot, sélectionnant les projets ou les équipes d'architectes les plus innovants (de toutes nationalités, confirmés ou jeunes équipes).

4.2.2 L'application des principes de l'habitat bioclimatique

Appliquant les principes de l'habitat bioclimatique qu'il développe dans ses projets en Allemagne, en Suisse et en France, le maître d'œuvre a conçu l'immeuble V3b en privilégiant les apports solaires et la ventilation naturelle :

Une faille pour accroître l'ensoleillement et jouer la réverbération de la lumière

L'architecte avait prévu initialement une faille plus profonde en milieu de bâtiment donnant sur la rue Yves Kermen dans le double objectif de réduire l'effet de masse du bâtiment et de faire pénétrer lumière et soleil plus profondément dans le cœur d'îlot. Cette option architecturale permettait d'assurer un meilleur confort pour les logements donnant sur la cour intérieure qui bénéficiaient ainsi d'un meilleur ensoleillement. 51 logements étaient prévus dans le projet initial¹³. Le bâtiment se développait à l'origine sur quatre niveaux de base et deux tourelles séparées par une faille de 5 m de large. Ce parti conférait une grande compacité en minimisant les surfaces déperditives par rapport au volume global du bâtiment.

Par ailleurs, la conception d'un immeuble en « U », orienté parallèlement à la rue Yves Kermen, permettait de regrouper les logements donnant sur la cour par laquelle se fait l'entrée principale de l'immeuble accessible par l'allée Robert Doisneau. Les façades donnant sur cette cour sont revêtues d'un parement de couleur blanche. Cette couleur a été choisie pour faire bénéficier les logements situés sur la façade Nord de cette cour du potentiel de réverbération apporté par la façade exposée au Sud qui capte les rayons solaires.

Voir fiche V3b.3- Plan masse de l'immeuble

Développer au maximum les logements traversants pour favoriser la ventilation naturelle

L'architecte a privilégié une forme compacte, avec un maximum de logements traversants. Compte tenu de l'épaisseur de la bande constructible E définie au PLU (15 m de large), ces logements devaient avoir une faible largeur de façade sur rue¹⁴, où seraient localisés les séjours, exposés au sud sur la rue Yves Kermen ou à l'est sur le cours Emile Zola. A l'opposé, les chambres, exposées au nord ou à l'ouest, donnaient sur le calme de la cour intérieure. Ce type de configuration favorisait une ventilation naturelle des logements, maximisant le confort d'été, permettant une surventilation nocturne.

Ainsi conçus, ces logements traversants disposaient de surfaces relativement généreuses pour les pratiques françaises (4 pièces de 100 m² par exemple, qui sont la norme en Allemagne au lieu de 80 à 85 m² en France).

4.2.3 Une prise en compte de l'usage dans la conception des logements

Préserver l'intimité des logements en rez-de-chaussée

Afin d'isoler les appartements en rez-de-chaussée de la rue et préserver l'intimité des occupants, les logements ont été surélevés de 80 cm environ par rapport au niveau du trottoir, pour éviter les vues plongeantes des passants dans les logements. Cette surélévation est masquée par le soubassement en cuivre qui tranche avec la masse noire. Cette couleur rouille est reprise en nez de dalle tout au long des coursives. Le prix de vente de ces logements a été minoré afin de les rendre attractifs.

Des logements d'angle

Les contraintes liées à la configuration du terrain ont pour conséquence un linéaire de la façade très important pour la surface de plancher. Ce désavantage est cependant compensé par la possibilité de créer de beaux logements d'angle avec double orientation qui sont appréciés par les ménages. Le rendement de plan est néanmoins maîtrisé (rapport SHAB/SHON de 0,87).

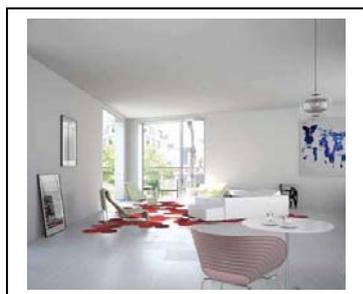


Figure 4.1 – Des logements d'angle pour un confort d'usage.
Source : plaquette commerciale

¹² Voir annexe 8.2.

¹³ Source : notice H&E dans le dossier du permis de construire.

¹⁴ Chaque logement ayant une largeur de 3,5 m.

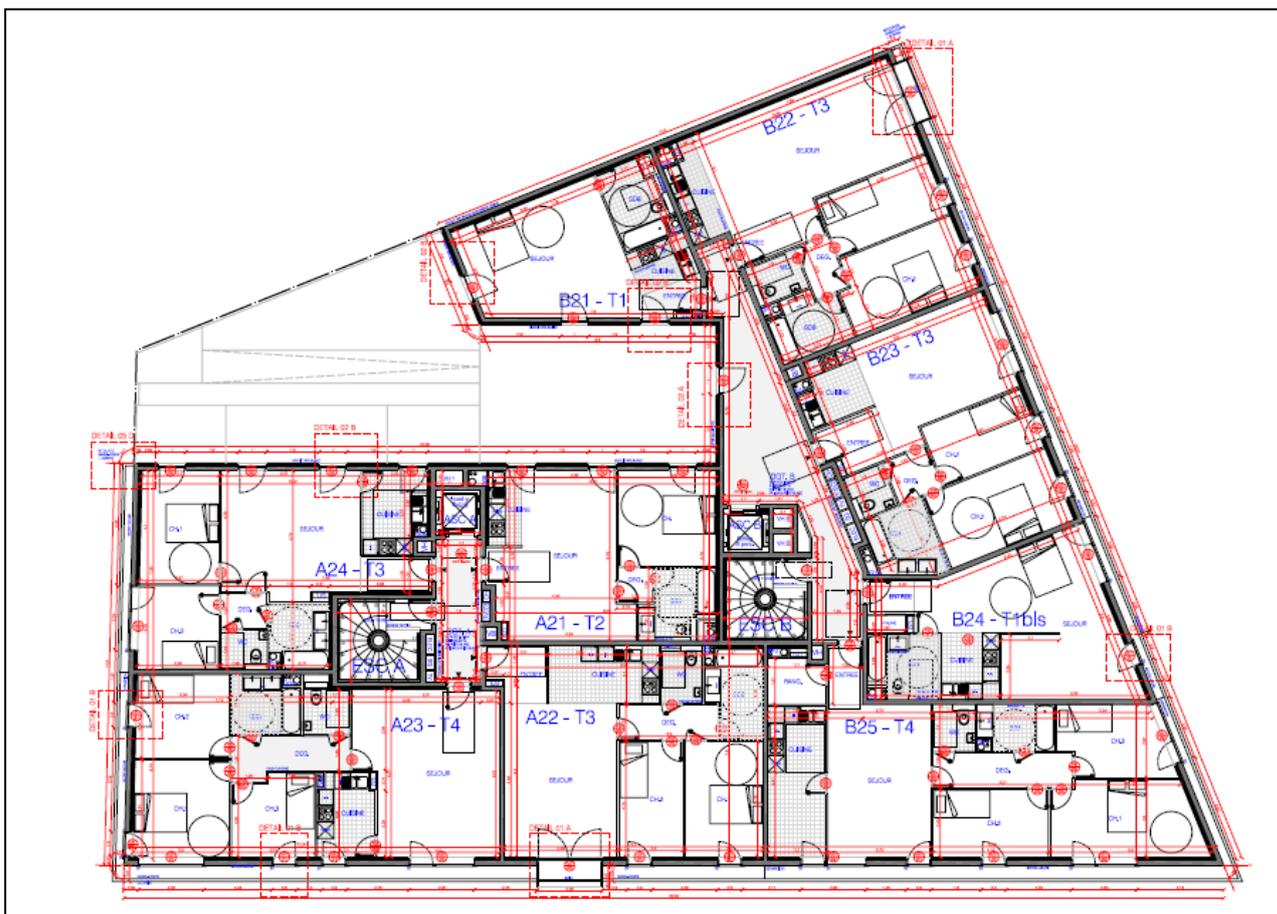


Figure 4.2 – Plan d'étage courant

Source : LAN architecture

4.2.4 Un projet qui a séduit la SAEM

L'enjeu de la consultation était d'arriver à un compromis satisfaisant à la fois la SAEM, qui souhaitait tirer le meilleur produit de la vente des charges foncières et par suite maximiser la SHON constructible, et le promoteur, tenu d'équilibrer le budget financier de l'opération tout en proposant un projet de bonne qualité architecturale et thermiquement performant.

Plusieurs raisons justifient le choix de ce projet par le jury du concours :

- Ses lignes épurées.
- Le projet de faille permettant l'ensoleillement des façades arrière.
- Les coursives et des garde-corps structurant le bâtiment en marquant fortement les horizontales, soulignant l'élanement des lignes et lui donnant une allure « de bateau ».
- Le jeu sur les oppositions nord/sud, rue/cour intérieure.
- L'exploitation du grand linéaire de façade exposé au sud et à l'est, avec un retour à l'ouest.
- Le travail sur une diversité des volumes : immeuble assez haut sur rue (R+5+2 niveaux en retrait), plus bas sur l'arrière de la parcelle (R+6 et R+4, allant en dégradé vers l'immeuble I3F).
- Le parti d'une « façade noble avec une belle couleur anthracite » (béton foncé lasuré réfléchissant).

Voir fiche V3b.3- Plan masse de l'immeuble

4.3 ALLIER PERFORMANCES ET QUALITE ARCHITECTURALE

4.3.1 Répondre aux objectifs du CPTÉ

Dans le projet initial, l'enveloppe du bâtiment est constituée de voiles de béton préfabriqué de 16 cm porteurs, avec, sur la partie du bâtiment donnant sur la cour, une isolation extérieure de 12 cm de laine de roche avec pare vapeur. Ce dispositif permet à la fois de réaliser une bonne isolation thermique et de fournir une isolation acoustique importante. Les menuiseries extérieures prévues étaient des cadres en PVC à rupteurs de ponts thermiques (RPT) avec double-vitrage à isolation renforcée, protégées par une occultation extérieure de type volet coulissant sur la façade sur cour.

Le projet prévoyait des terrasses végétalisées, augmentant l'inertie thermique du bâtiment (confort d'été), isolées avec du verre cellulaire (Foam glass). Ce dernier matériau ajoute à ses caractéristiques d'isolation le critère environnemental (issu de verre feuilleté recyclé).

La conception privilégie une inertie thermique lourde compte tenu de l'occupation des bâtiments par des logements : la surface des vitrages devait représenter entre 1/5 et 1/4 des surfaces habitables¹⁵. Ce parti permettait à la fois de satisfaire les exigences thermiques et celles d'éclairage naturel.

Dans le projet de la consultation, la production énergétique était initialement assurée par une chaufferie centrale à gaz réalisée en rez-de-chaussée du bâtiment A. Un appoint solaire thermique était prévu par l'installation de 95 m² de capteurs solaires plans.

Pour ce qui concerne la thermique d'été, l'ensemble des matériaux constructifs prévus favorisait une inertie forte du bâtiment :

- Confort d'été assuré par des fenêtres de type double-vitrage avec menuiseries en PVC avec RPT, protégées par une occultation extérieure (stores ou volets coulissants). Les arbres à feuille caduque de la rue assuraient une protection supplémentaire.
- Certains logements bénéficient d'une protection complémentaire par les balcons des logements situés au dessus (en façade sur rue).

L'objectif de consommation électrique était inférieur ou égal à 35 kWh/m².an.

Il était prévu que les logements bénéficient d'une VMC simple flux hygro B. Les pompes de circulation du réseau de chauffage sont à vitesses variables, ce qui permet de limiter la consommation électrique due au pompage.

L'éclairage des parties communes est assuré par des lampes fluorescentes à basse consommation à ballastes électroniques à très longue durée de vie. Une incitation auprès des occupants devait être prévue pour une utilisation correcte de ces lampes (maîtrise de l'usage de bâtiments passifs).

Un choix des matériaux et des procédés respectueux de l'environnement

L'étiquetage environnemental des matériaux a été pris en compte dès la phase de conception et dans le choix des matériaux. La durabilité de l'enveloppe est prévue pour 30 ans, celle des gros équipements est plus courte (15 ans). Le projet prévoit la mise en place de matériaux résistant aux intempéries et au vandalisme, les composants sont d'entretien et de remplacement faciles.

La gestion des économies d'eau

Le projet prévoit des systèmes de réduction des consommations en eau potable, avec la fourniture d'appareils économes en standard et des réducteurs de pression pour les robinets. Un sous-comptage est prévu pour les parties communes et un autre pour l'arrosage extérieur.

La récupération des eaux pluviales se faisait dans le projet initial par les toitures végétalisées¹⁶ et, en rez-de-jardin, par des noues d'infiltration autour des jardins familiaux situés en rez-de-chaussée. Une séparation est prévue pour les hydrocarbures (rampe du parking).

Thermique d'hiver et d'été¹⁷

Le système de chauffage retenu est par plancher chauffant avec radiateurs sèche-serviettes et robinets thermostatiques dans les salles de bains. Chaque logement dispose d'un thermostat d'ambiance localisé dans le séjour qui régule la température du plancher chauffant pour assurer un confort d'hiver favorable.

¹⁵ La RT2005 pour un label BBC-Effinergie recommande une surface de vitrage n'excédant pas 1/6 de la surface habitable.

¹⁶ Au niveau du permis de construire, ces toitures végétalisées sont remplacées par des terrasses privatives et des panneaux solaires thermiques.

Confort été

Sur la façade donnant sur la rue, les protections solaires sont assurées par des volets roulants et par les balcons des appartements situés au dessus.

4.3.2 Des performances énergétiques d'emblée supérieures aux exigences contractuelles

L'AMO HQE qui avait répondu avec LAN architecture au concours¹⁸ n'a pas continué à travailler à la mise au point du projet, au regret du concepteur.

Le maître d'ouvrage a préféré avoir recours à ses propres bureaux d'étude pour le suivi technique, tous deux qualifiés en expertise thermique :

- Le BET tous corps d'état, COTEC, rompu à la démarche HQE.
- Une AMO environnementale (LEAU), connaissant bien les conditions à respecter pour atteindre les objectifs de la certification THPE et BBC. Elle assure en effet la formation des certificateurs CERQUAL (organisme chargé de la certification des logements).

Le maître d'ouvrage s'étant engagé contractuellement sur un niveau de certification THPE, il a préféré avoir recours à des BET expérimentés avec qui il avait l'habitude de travailler.

Les études thermiques ayant révélé de meilleurs résultats que les engagements contractuels THPE, le maître d'ouvrage a souhaité adapter le projet pour atteindre le label BBC-Effinergie. Les premières études thermiques du BET COTEC ont en effet mis en évidence des performances thermiques allant au-delà des exigences du CPTe du fait du parti de compacité et de la volumétrie adoptés. Selon les calculs, la Cep ne dépassait pas 66,65 kWh/m².SHON.an pour un Cepref de 79 kWh/m².an (la valeur limite de la RT2005 étant de 130 kWh/m².an). Rappelons que les exigences pour les bâtiments BBC sont d'au plus 65 kWh/m².SHON.an en zone H1

Le choix entre les différentes solutions visant à améliorer la performance énergétique du bâtiment a demandé de nombreuses heures de mise au point et de réunions avec la maîtrise d'ouvrage, le bureau d'études COTEC, l'AMO environnementale et la SAEM. Les choix impactant les caractéristiques architecturales et l'image ont été soumis à la validation de l'architecte.

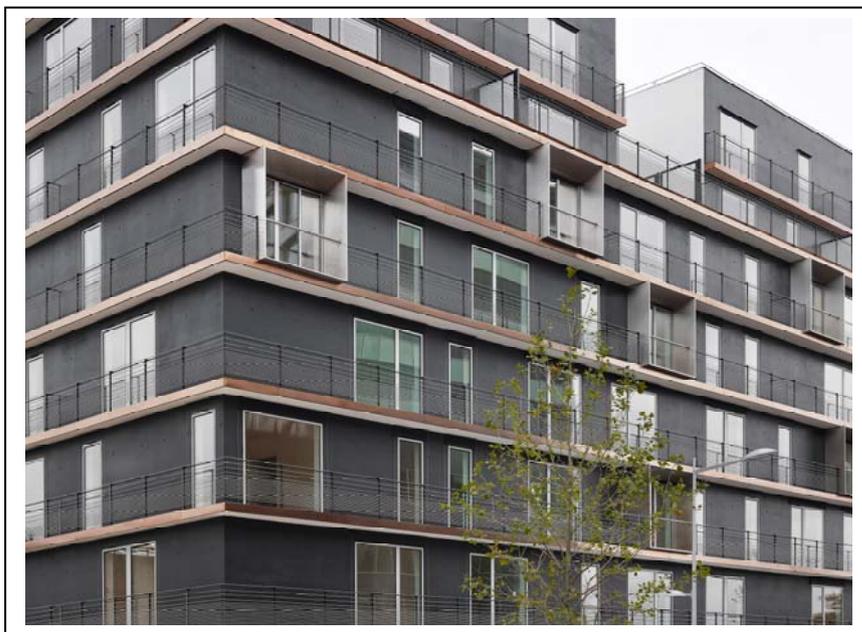


Figure 4.4 – La façade, les profilés en aluminium, les « boîtes » et les nez de coursives en cuivre rue Yves Kermen
Copyright: Julien Lanoo. Octobre 2011

¹⁸ Franck Boutté, voir supra page 16.

5 – LE MODE DE RESOLUTION DES PROBLEMES

5.1 L'ADAPTATION DU PROJET AUX CONTRAINTES

5.1.1 Une architecture innovante confrontée aux contraintes du marché

Après la phase concours, l'architecte a travaillé pendant six mois supplémentaires pour prendre en compte les contraintes techniques. La volumétrie, la façade ont été affinées avec le maître d'ouvrage. Des compromis ont été recherchés pour assurer l'équilibre financier du projet.

La mise au point s'est faite par étapes :

- APS : Plans et volumétries.
- APD et études thermiques, vérification des conditions pour respecter les engagements pris avec la SAEM (exigences THPE : Cref 2005 -20 %).
- Travail sur les masses, l'éclairage, les plans pour pouvoir atteindre de bons ratios et s'adapter aux contraintes d'urbanisme (PLU, zone UAa).

L'adaptation aux contraintes de commercialisation des logements et à l'équilibre financier du programme a contraint à modifier l'organisation interne du projet du concours. Certains principes de construction bioclimatique ont été de ce fait abandonnés :

- La faille prévue en milieu d'immeuble, destinée à faire bénéficier les logements sur cour d'un meilleur ensoleillement, soit directement, soit par réverbération, a été réduite en hauteur pour optimiser la surface habitable commercialisable. Elle a été limitée aux deux derniers niveaux pour ne pas perdre trop de SHON constructible. Par contre, l'ensoleillement de la cour intérieure et les effets de réverbération recherchés ont été sensiblement réduits pendant l'hiver et en mi-saison. Des études d'ensoleillement jointes à la demande de permis de construire mettent en évidence ces apports solaires et leurs variations saisonnières.
- Le projet maximisait le nombre de logements traversants, la profondeur du bâtiment étant compensée par l'étalement de la façade des logements. Les surfaces des logements familiaux résultant de ce parti se sont révélées être trop importantes pour être accessibles financièrement, le niveau de prix de vente moyen étant conséquent (7 000 € par m² de surface habitable). Pour rester compétitif sur le marché, l'option a été de réduire la surface des logements en abandonnant les logements traversants au profit de logements mono-orientés ou en angle. Seulement deux grands logements de cinq pièces ont restés traversants en façade est, complétés par les duplex en attique¹⁹.

D'autres options du projet initial ont été maintenues :

- Quelques duplex ont été aménagés dans le couronnement. Les contraintes de surfaces de circulation entraînées par le respect des règles « handicapés physiques » en premier niveau de duplex (entrée, séjour, cuisine, une chambre accessibles aux handicapés) ont pu être compensées au second niveau du duplex par une limitation des circulations desservant le reste des chambres, améliorant le rendement de plan.
- Le prolongement du logement vers l'extérieur : une coursive de 40 cm (façade est et ouest) à 50 cm de profondeur (façade sud) souligne chaque étage. Quelques séjours ou chambres se prolongent par des boîtes en aluminium de 80 cm de profondeur. Ces boîtes sont disposées de façon aléatoire sur la façade pour créer une dynamique visuelle.
- Les baies vitrées sont décalées d'un étage à l'autre, avec une largeur variable : 0,9 m et 2,35 m (coulissant ou non), contribuant à la qualité de l'aspect de la façade très sobre. Les niveaux 6 et 7 sont en retrait avec des terrasses au niveau 6 prolongeant le rez-de-chaussée des duplex du couronnement. Quelques logements en rez-de-chaussée bénéficient de jardins privatifs donnant sur la cour intérieure.
- L'absence de placards prévus dans les chambres est volontaire. A ce niveau de prix, les ménages ont des exigences spécifiques. Ils préfèrent les réaliser par eux-mêmes à leur convenance (travaux supplémentaires).
- La flexibilité des logements permise par les façades porteuses est appréciée car elle permet de modifier la typologie des logements avant le démarrage des travaux pour répondre à la demande des acquéreurs.

¹⁹ Néanmoins, avec les nouvelles règles techniques propres aux performances BBC-Effinergie, la ventilation naturelle, permise par les logements traversants, devient de moins en moins recherchée car elle crée d'importantes déperditions thermiques. La VMC assurerait un meilleur contrôle des flux.

5.1.2 Atteindre le label BBC_Effinergie en préservant la qualité architecturale

Certaines modifications de fond ont été apportées lors de la mise au point du permis de construire. L'option de chauffage au gaz a été remplacée par le raccordement au réseau de chaleur dont la délégation de service public a été accordée à la société IDEX. Ce raccordement est en effet obligatoire sur la ZAC.

Des aménagements techniques proposés

Analysant plus précisément les résultats de l'analyse thermique du BET COTEC, l'AMO environnementale LEAU a proposé des aménagements du programme permettant d'atteindre le niveau de performance BBC moyennant un gain supplémentaire de 10 kWh/m².an avec notamment une réduction des dépenses de chauffage de 25 %. Ce gain supplémentaire avait été estimé à partir de la SHON brute. Parmi les solutions proposées figuraient :

- La réduction des surfaces vitrées de 10 % pour ne pas dépasser un ratio surface vitrée sur la surface habitable de 16,6 % (le ratio du projet initial représente 24 %).
- Le renforcement de l'isolation par l'extérieur sur la façade de la cour (passant de 12 à 14 cm).
- La suppression des volets coulissants et leur remplacement par des volets roulants mieux isolés.
- Le remplacement des châssis aluminium profilés par des menuiseries extérieures bois/aluminium plus épaisses.
- La suppression des boîtes en aluminium qui encadraient certaines fenêtres pour rythmer la façade.
- La mise en place d'une ventilation double flux.
- Un dispositif de récupération de chaleur de l'air vicié pour chauffer les circulations.

Un compromis trouvé entre préservation de l'image et performances thermiques

Parmi les préconisations de l'AMO, seules quelques unes apparaissent dans le devis quantitatif estimatif (DQE), des arbitrages ayant été faits pour améliorer les performances énergétiques du bâtiment sans pour autant altérer la qualité architecturale du projet.

Le maître d'œuvre avait largement respecté son contrat : la conception d'un immeuble THPE. Un immeuble conçu en fonction de cet objectif précis ne pouvait pas impunément être adapté à un objectif de performances plus exigeant sans sacrifier son image. Appuyé par la SAEM, qui avait retenu ce projet pour sa qualité architecturale, il s'est donc mobilisé pour éviter une transformation trop radicale de la façade retenue lors du concours d'architecture. Les deux acteurs ont évité que soit donnée la priorité aux solutions techniques.

L'aspect général de la façade sud n'a pas été modifié significativement :

- La surface des baies vitrées donnant sur la rue n'a été réduite que de 10 %²⁰. Les qualités d'éclairage naturel et les apports solaires ont été respectés.
- Certains châssis coulissants ont été remplacés par des ouvrants à la française (gains sur les coûts).
- Le nombre de boîtes en aluminium encadrant les fenêtres n'a pas été réduit : 11 dans le DQE. Leur objectif est de dynamiser la façade par leur implantation irrégulière.

L'essentiel des modifications a porté sur la façade sur cour, moins visible :

- Renforcement de l'isolation par l'extérieur de la façade Nord, l'épaisseur passant de 12 cm à 14 cm.
- Suppression des niches à volets coulissants et remplacement par des volets roulants reconnus par CERQUAL l'objectif étant l'amélioration du coefficient de déperdition par la prise en compte du double aspect jour/nuit (amélioration de la performance). Cependant, le remplacement des niches par des volets roulants crée un point faible dans l'étanchéité de l'enveloppe, que des tests pourraient confirmer. La qualité esthétique de la façade est altérée ainsi que la perte de la qualité d'usage des volets coulissants pour la gestion des vis-à-vis très proches.
- La surface des baies a été réduite sur les circulations intérieures (sur cour, -13 m²).

Par ailleurs :

- Les capteurs thermiques solaires ont été renforcés pour assurer des économies d'eau chaude sanitaire (30 %).
- Des rupteurs de ponts thermiques étaient envisagés sur la façade Sud : le BET a calculé les mètres linéaires « *juste nécessaires* » pour atteindre le seuil de 60 kWh/m².an. Leur pose était mentionnée dans le CCTP.
- Le dispositif de chauffage des circulations proposé par l'AMO n'a pas été retenu du fait du faible impact sur les déperditions (2,93 % des déperditions vers l'extérieur) alors que les ventilateurs nécessaires pour faire fonctionner le dispositif entraînent des consommations supérieures aux gains attendus.

²⁰ Cette réduction n'a concerné que 70 fenêtres sur 232 concernées, soit 30 % de ces dernières, pour une surface de vitrage réduite de 45 m² au total. La RT2012 demande désormais à un ratio minimal de 16 % entre la surface vitrée et la surface habitable.

- La sur isolation des planchers bas et haut a été retenue.

Une nouvelle étude thermique a été réalisée en octobre 2009 par le COTEC après les modifications du projet. Selon le rapport du COSTIC la note de calcul ne prend pas en compte les rupteurs de ponts thermiques : la valeur Ψ retenue pour les ponts thermiques linéiques (L9) est de 0,63 W/m.K alors qu'elle devrait être d'au plus 0,20 W/m.K (selon le fabricant Schöck).

Voir : rapport du COSTIC. AN NEXE 8.5 : Analyse des consommations prévisionnelles de projets exemplaires. Ce rapport précise les composants du bâtiment et leur évolution.
Voir aussi : COSTIC : rapport intermédiaire (analyse des composants retenus en mi 2010 avant passation du marché).

Le permis de construire a été déposé et les appels d'offres ont été passés à partir d'un CCTP conforme à ce niveau de performance. Le CCTP a été rédigé en demandant aux entreprises de répondre en s'engageant sur l'atteinte de l'objectif de performance BBC-Effinergie.

En 2007, au moment du concours, le projet était évalué à 7,7 millions d'€, soit 1 750 € par m² de SHON H.T. L'appel d'offres a été gagné par l'entreprise générale Eiffage-Construction sur la base de 1 600 € HT par m² de SHON, parking compris.

Le dépouillement du DQE ne fait cependant pas apparaître le coût des rupteurs de ponts thermiques ni les mètres linéaires de rupteurs retenus. Selon l'entreprise Eiffage-Construction, ce coût est compris dans le chiffrage global du lot gros œuvre au stade de la définition du prix du marché. Au niveau du DQE, l'estimation est faite en gros sans donner de précisions sur les longueurs nécessaires. Cette pratique est courante pour l'entreprise, leur évaluation finale dépendant de l'étude thermique réalisée post marché en intégrant les modifications.

5.2 UN NOUVEL AJUSTEMENT DES TRAVAUX APRES PASSATION DU MARCHE

5.2.1 Une contre-expertise thermique relativement satisfaisante

L'entreprise Eiffage-Construction a remporté le marché en tant que moins disant. Un fois le marché obtenu, s'étant engagée sur l'obtention de la certification BBC-Effinergie (obligation de résultat) elle a demandé à un BET thermique avec lequel elle a l'habitude de réaliser ses marchés de travaux (ATPS), de valider l'étude thermique du COTEC communiquée lors du marché. L'entreprise ne peut, en effet, prendre aucun risque financier : elle doit prévoir des marges de sécurité et valider les projets.

Cette contre-expertise a été concluante, puisque les consommations (Cep) estimées sur la base du projet arrêté étaient proches de l'objectif de consommation de la certification BBC-Effinergie. La nouvelle étude thermique ATPS en prenant en compte les modifications introduites dans le marché a montré des résultats proches des précédents, sans avoir besoin de changements majeurs (écart d'estimations de consommations Cep limité à 5 kWh/m²/an, facile à compenser). Eiffage-Construction n'avait cependant pas eu connaissance des propositions de l'étude de l'AMO environnementale LEAU. Pourtant, comme l'a montré le COSTIC dans l'analyse des deux études, les surfaces prises en compte pour les mêmes postes montrent parfois d'importants écarts, difficiles à expliquer faute d'avoir pu obtenir des notes de calcul suffisamment détaillées de la part du BET COTEC.

Certaines options prises à la suite des études thermiques initiales n'ont pas paru pertinentes à l'entreprise : Ainsi, la solution de changer les volets coulissants, ancrés sur la partie d'isolation par l'extérieur, par des volets roulants ne lui semblait pas satisfaisante : les coffres de volets roulants génèrent un point faible de l'isolation de la façade. L'épaisseur de ces coffres ne dépasse pas 5 cm d'épaisseur et il peut s'ensuivre des sources de déperditions thermiques importantes si le retour d'isolant sur les coffres n'est pas suffisant. Une sur-isolation de ces coffres est donc nécessaire.

Les menuiseries extérieures en aluminium anodisé proposées n'étaient pas non plus une bonne solution du point de vue thermique. L'aluminium est très conducteur et provoque d'importantes déperditions. Eiffage-Construction a proposé, dès le stade de la réponse au marché, une variante comprenant des menuiseries extérieures mixtes bois-aluminium. Leur avantage est d'éviter de multiplier les rupteurs de ponts thermiques entre la vitre et le cadre. Leur épaisseur a été augmentée de 5 cm à 7 cm. La valeur U_w est passée de 2,0 à 1,6 W/m².K (l'étude thermique mentionne néanmoins un passage de 1,9 à 1,8 W/m².k). Ce type de menuiseries extérieures n'a concerné que la façade sur cour.

5.2.2 Des ajustements complémentaires du projet

Menuiseries extérieures et occultations

Les résultats de l'étude thermique sur les menuiseries extérieures pour le bâtiment V3b ne tenaient pas compte de la hauteur des vitres. Dans U_w , on trouve en effet trois facteurs : l' U_g (déperditions par les vitres des baies), l' U_f (déperditions de l'encadrement) et le Ψ qui représente les déperditions linéiques à la jonction entre cadre des fenêtres et vitrages. L'étude thermique préconisait des fenêtres alu à isolation renforcée avec un U_w de 1,8. W/m².K, un facteur solaire de 0,5 au nord et 0,6 au sud. Le CCTP préconisait des vitrages peu émissifs, avec U_w de 1,8 W/m².K. Avec la proposition par Eiffage-Construction de fenêtre Technal en double vitrage bois-alu, l' U_w effectif est de 2,2 W/m².K pour des fenêtres d'une hauteur de 2,28 m.

Par ailleurs, il a été impossible à l'entreprise de se fournir en menuiseries d'une hauteur de 2,35 m selon le permis de construire, sans retarder le chantier. Le gros œuvre était déjà réalisé en tenant compte de cette hauteur. Les nouvelles menuiseries ne faisant que 2,28 m de hauteur, un habillage complémentaire des ouvertures était nécessaire sur une hauteur de 7 cm (pour des raisons à la fois thermiques et acoustiques).

Il était également nécessaire de renforcer l'isolant autour des menuiseries extérieures (pont thermique linéique de tableau avec + 5 cm d'isolant).

L'entreprise a également remplacé les stores qui devaient être incorporés dans le double vitrage des fenêtres par des stores extérieurs plus facilement manipulables par les occupants.

Les rupteurs de ponts thermiques

Pour sécuriser les résultats, l'étude thermique a mis en évidence la nécessité de poser davantage de linéaires de rupteurs de ponts thermiques que prévu implicitement dans le marché. L'entreprise Eiffage-Construction estime que, pour être efficaces, les rupteurs doivent être posés en continuité, sans rupture dans le linéaire (contrairement « au juste nécessaire » préconisé par le BET COTEC qui incite à réaliser quelques mètres de rupteurs aux endroits les plus sensibles).

Eiffage-Construction a donc pris l'option de poser des rupteurs de ponts thermiques de marque SCHÖCK le long de l'ensemble des coursives, du plancher haut du rez-de-chaussée au plancher haut du R+4 (5 niveaux, soit environ 420 à 430 ml). Si le surcoût ne peut être imputé au promoteur, il sera pris en charge par l'entreprise, grevant ses marges. Le Ψ (Ψ) du L9 (linéaire de planchers intermédiaires) passe de 0,8 à 0,30 W/(ml°C). Le fichier standardisé des caractéristiques thermiques du bâtiment fait état de liaisons principales L9 représentant 414 ml, avec un Ψ liaison de 0,15 W/m.K, valorisant effectivement la prise en compte des rupteurs.

Voir : annexe 8.5 - rapport du COSTIC. Analyse des consommations prévisionnelles de projets exemplaires.

Les autres travaux d'isolation complémentaires

Plusieurs améliorations ont été également préconisées par la nouvelle étude thermique:

- Pour les fenêtres sur cour, retour d'isolant extérieur sur l'intérieur du mur pour les calfeutrer.
- Renforcement du doublage thermique des circulations en rez-de-chaussée.
- Traitement thermique des ponts thermiques linéiques de tableau des menuiseries extérieures.
- Implantation des stores en extérieur (prévu initialement coulissants entre les lames du double vitrage).
- Isolation des coffres à volets roulants.
- Habillage entre le gros œuvre (2,35 m) et les menuiseries extérieures d'une hauteur finale de 2,28 m (7 cm).

L'ensemble de ces améliorations garantit à Eiffage-Construction d'obtenir le label BBC-Effinergie dans la mesure où la mise en œuvre est contrôlée. L'entreprise s'étant engagée sur une obligation de résultats, les surcoûts en résultant ne seront pas répercutés sur le maître d'ouvrage.

5.3 IMPACT ECONOMIQUE DE L'AMELIORATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUES

L'approche économique de l'opération a consisté, à partir du dossier marché et du devis quantitatif estimatif (DQE), à ventiler les coûts de construction selon les différents postes, en isolant ceux qui avaient une incidence sur la performance thermique de l'opération. Dans un second temps, un essai d'évaluation des coûts de construction induits par le dépassement de la réglementation thermique de base applicable (RT2005) a été tenté²¹.

5.3.1 Peu d'évolution des coûts entre la réponse à l'appel d'offres et le marché final

Au niveau de l'appel d'offres, l'entreprise Eiffage-Construction, moins disante en août 2009, avait répondu sur la base de 7,05 millions d'€ HT soit 1 600 € HT par m² de SHON et 1 840 € HT par m² de surface habitable. Avec les ajustements et adaptations lors de la mise au point du marché, le prix réajusté de ce dernier ressort à 7,14 millions €, soit 1610 € HT environ par m² de SHON. Ce prix de marché correspondait à la production d'un immeuble avec certification BBC-Effinergie. Les seuls avenants majeurs ont concerné des surcoûts pour rabattement de nappe et terrassements. Trop spécifiques, ces derniers n'ont pas été pris en compte dans cette recherche.

Une reconstitution à rebours de la réponse à l'appel d'offres

A partir des éléments détaillés du DQE final, faisant ressortir les postes supprimés et ceux qui les avaient remplacés, nous avons pu reconstituer le montant de la réponse à l'appel d'offres d'origine, sur la base du projet initial conçu en fonction de l'objectif du label THPE. Le projet atteignait alors à peu de choses près le label BBC. Le marché final prend en compte quelques ajustements pour atteindre la certification BBC-Effinergie.

Parmi ces ajustements figurent notamment le renforcement de l'isolation thermique par l'extérieur et l'adaptation des menuiseries extérieures (modification du type de menuiseries passant de l'aluminium au bois aluminium, et moins values pour diminution de surfaces d'une partie de ces menuiseries). Ces modifications ont été confrontées aux préconisations de l'étude thermique. La réponse à l'appel d'offres THPE peut être estimée à 7,134 millions d'€ HT soit 1 607 € HT par m² de SHON et 1 840 € HT par m² de surface habitable.

L'adaptation du projet initial par Eiffage-Construction, menée lot par lot, pour obtenir le label BBC-Effinergie, n'a pas entraîné de majoration significative du montant du marché signé. Le maître d'ouvrage a négocié de manière à compenser plus et moins values. Il était en effet nécessaire de maîtriser les coûts de construction, le prix de vente n'étant pas réajusté avec l'amélioration des performances du bâtiment, pour éviter de désolabiliser la cible potentielle des acquéreurs des logements.

Suite à l'étude thermique d'ATPS réalisée post-marché, Eiffage-Construction a néanmoins réalisé des travaux complémentaires pour garantir l'atteinte des objectifs de certification BBC-Effinergie sur lesquels elle s'était engagée. Il a notamment renforcé les linéaires de rupteurs de ponts thermiques. Il est peu probable qu'il y ait encore des changements importants en cours de chantier.

Pour le maître d'ouvrage, ce niveau de prix semble relativement élevé. Les programmes BBC qu'il réalise sur des sites plus faciles sortent autour de 1 600 € par m² de surface habitable. Les terrassements, les trois niveaux de parkings, le rabattement de nappe de cet immeuble pèsent sur les coûts de l'immeuble étudié.

Le coût des seuls travaux de superstructure ressort pour V3b à 1 160 € HT 2009 par m² de SHON et 1 300 € HT par m² de surface habitable.

5.3.2 Evaluation des coûts liés aux performances énergétiques au-delà de la RT2005

Voir fiche V3b.4 – Données

Et : tableaux détaillés en annexe :

Surcoûts à prendre en compte pour aller au-delà de la RT2005

STATUT : diffusion restreinte interne (NACARAT, PUCA/BATEX : pour les chercheurs, sous condition d'autorisation de NACARAT)

²¹ L'annexe 8.4 précise la méthode permettant d'estimer les coûts et d'isoler les surcoûts propres au dépassement de la réglementation thermique de base RT2005. Le détail de la méthode de calcul et des hypothèses est présenté dans l'approche transversale (chapitre 7.1.3).

Le coût des rupteurs de ponts thermiques, intégré dans le coût du gros œuvre, a été estimé sur la base des données internes de l'entreprise pour pouvoir isoler les coûts représentatifs du dépassement de la réglementation de base de la RT2005. Ces surcoûts resteront à la charge de l'entreprise. Ils n'ont pu être estimés au stade de l'appel d'offres.

Le surcoût estimé par différentiel avec une construction se limitant à respecter la RT2005 serait de l'ordre de 130 € par m² de SHON au stade de la réponse à l'appel d'offres reconstituée. Les négociations dans le cadre de la mise au point du marché final ont permis de limiter ces surcoûts par le jeu des plus et moins values (gains sur les menuiseries extérieures et sur les volets, modification des façades sur cour). Ce surcoût représente 11 % des travaux de superstructure et 8 % de l'ensemble des travaux.

Ce niveau aurait vraisemblablement été inférieur si le projet avait été d'emblée conçu en fonction de l'objectif BBC-Effinergie. Cependant, il est inférieur à l'autre projet étudié sur la ZAC qui atteint le niveau HPE. Ce constat vérifie que le coût d'un bâtiment ne dépend pas seulement du niveau de performances énergétiques atteint. Bien d'autres facteurs interviennent, comme la complexité architecturale, le choix des matériaux (esthétique), la conception elle-même du bâtiment.

Le graphique ci-dessous met en évidence les variations selon les composants ayant une incidence sur la performance énergétique. Les résultats sont arrêtés en décembre 2010.

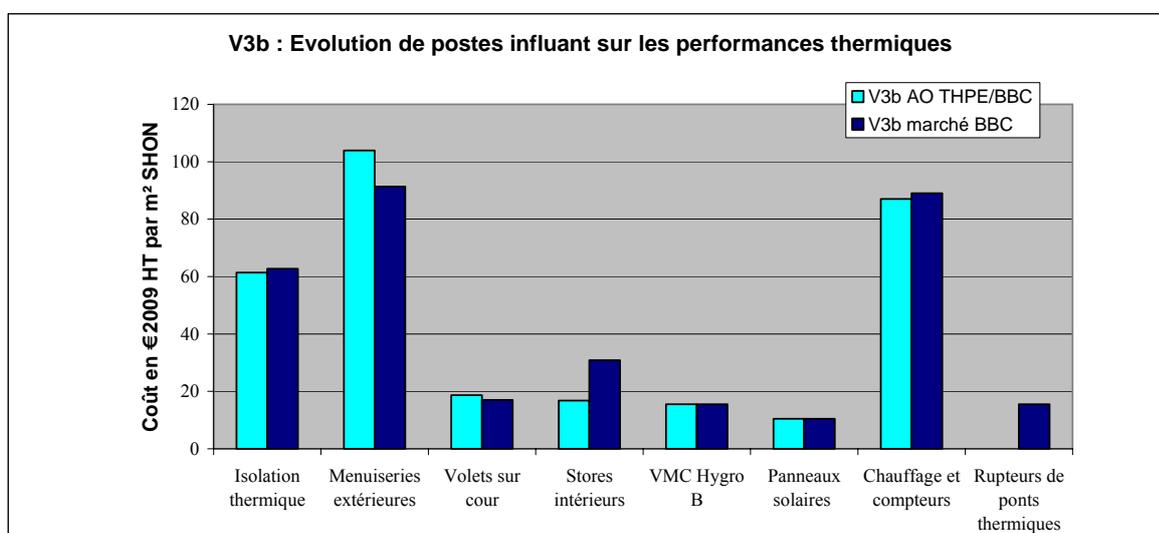


Figure 5.1 – Evolution des coûts des principaux composants influant sur les performances énergétiques de l'opération.

Unité : en € HT 2009 par m² de SHON

AO THPE/BBC : avant adaptations du marché. Le niveau de performances était proche du BBC

BBC : marché final avec substitutions et négociations

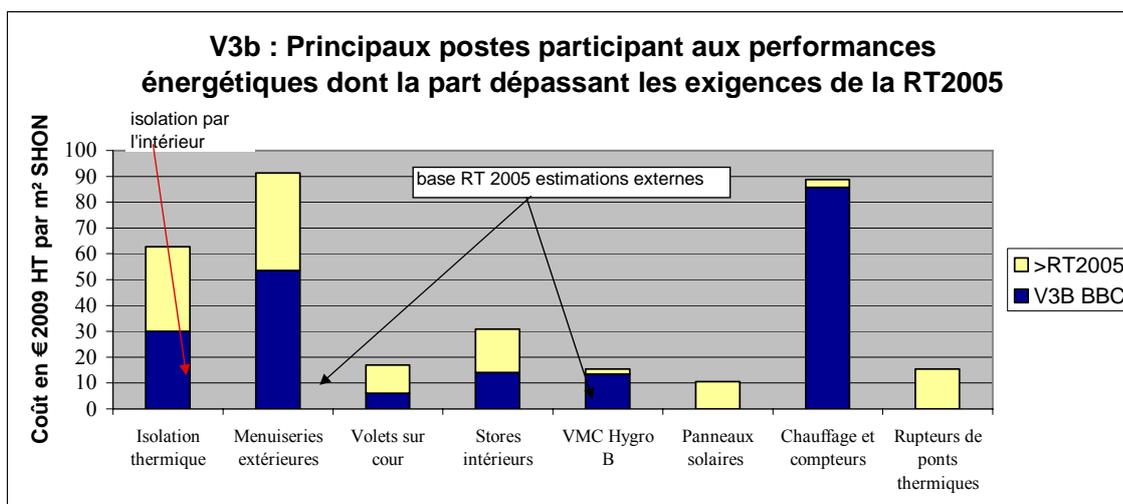


Figure 5.2 – Ordre de grandeur des surcoûts des lots ayant une incidence sur les performances énergétiques de l'opération par rapport aux exigences de la RT2005 (par différentiel avec les coûts de base).

Unité : en € HT par m² de SHON.

6 – LIMITES DE L'EXPERIENCE

6.1 DES RESULTATS D'ETUDES THERMIQUES DIFFICILES A INTERPRETER

Les études thermiques sont réalisées à plusieurs stades du projet :

- en phase de consultation, pour certains (le cas de V3b) ;
- en phase de permis de construire ;
- en phase de projet au moment de l'élaboration du DCE pour les entreprises pour l'appel d'offre marché ;
- postérieurement au dossier marché pour évaluer l'impact des modifications apportées, positif, neutre ou négatif sur les performances thermiques de l'ensemble du bâtiment.

Cette diversité des périodes de réalisation de ces études peut expliquer des variations dans les surfaces prises en compte, avec des effets possibles non négligeables sur les principaux résultats attendus (calcul de la consommation prévisionnelle en énergie primaire ou Cep et des performances de la façade : Ubât).

6.1.1 Une incertitude sur les hypothèses de calcul des études thermiques

L'entreprise Eiffage-Construction considère avec prudence les résultats des études thermiques proposées avec les projets. Certaines se limitent à quelques feuillets, avec des données agrégées inexploitable. D'autres comprennent des erreurs importantes qui faussent les résultats.

Par ailleurs, l'entreprise constate que les données de base des études thermiques portant sur le même projet peuvent être très différents : au niveau des surfaces prises en compte, dans les estimation de résistance des matériaux et de déperditions thermiques. Certaines différences peuvent être dues à des erreurs d'inattention, qui n'auront pas été repérées par les bureaux d'études thermiques ni par les bureaux de contrôle. La présentation des résultats est très standardisée et les BET sont souvent sous pression. Ces derniers n'ont pas le temps de tout vérifier, ou « n'ont pas les ordres de grandeur dans la tête » lorsqu'ils lisent une étude thermique. Du point de vue de l'entreprise, une meilleure conception du rendu des études thermiques serait nécessaire.

Engagée sur les résultats de label BBC-Effinergie, Eiffage-Construction a fait refaire l'étude thermique par le BET ATPS, qui travaille régulièrement avec elle, afin de prendre en compte les aménagements proposés du projet et d'en déduire la viabilité par rapport aux objectifs de résultat. ATPS a remis en cause la possibilité d'atteindre le label BBC-Effinergie avec les seules préconisations retenues à la suite des études thermiques précédentes (COTEC, LEAU, seconde étude thermique de COTEC en octobre 2009, intégrant les améliorations apportées mais non la pose de rupteurs de ponts thermiques).

Des mesures variables selon les auteurs des études

Pour un même bâtiment, les estimations de surfaces de parois et de linéaires de liaisons entre planchers et parois susceptibles d'engendrer des ponts thermiques varie fortement entre les études, comme le montre l'exemple de V3b.

V3 b		surfaces			transmission surfacique				
		unité	COTEC08	COTEC 09	ATPS 10	unité	COTEC 08	COTEC09	ATPS 10
Parois verticales opaques	A1	m ²	2 606	2 711	1 741	W/m ² .K	0,22	0,28	0,4
planchers haut et toiture	A3	m ²	657	1 096	574	W/m ² .K	0,13	0,16	0,16
Plancher bas	A4	m ²	615	615	568	W/m ² .K	0,20	0,20	0,26
Portes	A5	m ²	72	72	0	W/m ² .K	0,13	0,13	0
Parois vitrées résidentiel	A7	m ²	916	894	728	W/m ² .K	1,8	1,8	1,84
						Psi			
Liaisons plancher bas avec mur	L8	ml	194	184	113	W/m.K	0,56	0,55	0,28
Liaisons planchers intermédiaires	L9	ml	781	781	1 459	W/m.K	0,63	0,63	0,4
Liaisons plancher haut	L10	ml	327	327	213	W/m.K	0,72	0,72	0,5
Autres ponts thermiques		ml	1 425	0	2 284	W/m.K	0,43	0,31	0,22
Total surfaces déperditives		m ²	4 866	5 388	3 611				
Surface des façades		m ²	3 594	3 677	2 469				
Surfaces déperditives hors plancher bas		m ²	4 251	4 773	3 043				
Ensemble liaisons et ponts thermiques		ml	2 727	1 292	4 070				

Tableau 6.1 - V3b - variation entre les mesures de parois et de liaisons entre les différentes études thermiques

Une interprétation de la SHON de référence variable selon les BET

Cette remise en cause des résultats peut aussi s'expliquer notamment par la difficulté d'interprétation de la SHON par les BET thermiques.

Dans le cas de cette opération, la SHON prise en compte pour le calcul de la Cep a varié entre l'étude thermique réalisée pour le permis de construire (SHON retenue avant réduction des 5 m² pour handicapés physiques soit 4 987 m²) et la SHON retenue lors de la nouvelle étude thermique, réalisée après modification du dossier marché pour atteindre le niveau BBC (SHON administrative)²².

Sur la base de la SHON administrative qui sert de référence pour la RT2005, la consommation corrigée serait estimée à 71 kWh/m².SHON.an (pour un Cepref de 89,21 kWh/m².SHON.an²³) au lieu de 62 kWh/m².SHON.an.

Ce flou dans la prise en compte de la SHON a une incidence importante sur les résultats des calculs de consommation d'énergie primaire et d'estimation de leur décomposition. Des différences d'interprétation de la SHON n'ont pas d'incidence sur les gains de consommations relatifs par rapport à un bâtiment de référence (l'économie sur les consommations reste de 20 % pour un label THPE). En revanche, elles peuvent fausser les comparaisons entre consommations estimées en valeur absolue.

	PC 2007	Etude COTEC 2008	Etude COTEC 2009	Etude ATPS 2010
Surface habitable (m ²)	3 873	3 928	3 865	3 957
SHON brute S'a (m ²)	4 977			
SHON administrative (m ²)	4 439	4 897	4 439	4 439
Consommations kWh		315 265	276 949	270 773 »
Cep kWh/m ² .an		62,23	62	61
Cep corrigée kWh/m ² .an		71	so	so

Tableau 6.2 - Comparaison des variations de l'interprétation de la SHON sur le calcul de Cep

Selon l'entreprise Eiffage-Construction, ces écarts entre les surfaces prises en compte seraient fréquents : lors des réunions entre BET et entreprise, les discussions portent sur des ratios incertains, car les positions divergent sur les surfaces réglementaires à prendre en compte. Parfois la surface habitable est confondue avec la SHON.

L'effet de la réduction forfaitaire pour handicapés physiques

La SHON administrative a cependant des effets pervers sur l'estimation des consommations d'énergie primaire en valeur absolue, qui doit être inférieure à 65 kWh/m².SHON.an en BBC en zone H1. En cas de petits logements (cas des immeubles à vocation d'investissement locatif prédominant), la SHON « administrative » peut être artificiellement réduite du fait du nombre de logements appliquant cette réfaction conventionnelle, rendant inaccessibles les objectifs de consommation labellisés. En prenant l'ensemble de la SHON avant abattement de 5 m² par logement, les niveaux de performances seraient pourtant validés²⁴.

Les consommations sont pourtant proportionnelles aux surfaces effectivement chauffées. Cela peut expliquer les divergences des pratiques entre BET thermiques. On rappellera que l'arrêté du 24 mai 2006 renvoie à la définition de la SHON qui intègre ces m² forfaitaires pour handicapés physiques depuis le décret du 1^{er} janvier 2007 (décret modificatif). Cet abattement se cumule avec l'autre abattement de 5 % pour prendre en compte l'impact de l'isolation thermique par l'intérieur.

Le cumul de ces deux abattements permet de construire davantage de SHON réelle en fonction du COS ou des plafonds de SHON autorisée par l'article 14 du règlement de POS/PLU. Une remise à plat des calculs de SHON à prendre en compte se justifierait pour éviter les effets pervers de ces abattements.

La réglementation thermique 2012, met fin au débat en définissant une SHONrt qui est la SHON brute avant le double abattement de 5 % (pour isolation thermique) puis de 5 m² par logement (handicapés physiques).

Une valorisation prudente des rupteurs de ponts thermiques

La prise en compte de la pose des rupteurs de ponts thermiques proposée dans les calculs de déperditions thermiques et de l'Ubât est différente selon les BET chargés des études thermiques.

Alors que le BET COTEC ne les valorise pas pour V3b (maximum 1 W/m.K pour la RT2005 de base), le coefficient de transmission Ψ (Psi) moyen pour les liaisons planchers intermédiaires L9 étant de 0,63 W/m.K, l'étude ATPS, réalisée en mars 2010, les valorise : la valeur du Psi des liaisons L9 principales, en comprenant, est limitée à 0,15 W/m.K, ce

²² R 112-2 du code de l'urbanisme : après déduction des 5 m² pour handicapés physique par logement.

²³ Voir rapport du COSTIC.

²⁴ Les consommations sont au numérateur de la fraction, la SHON au dénominateur. Toute réduction du dénominateur accroît les consommations et inversement.

qui ramène le Psi moyen à 0,4 W/m.K. Sans rupteurs de ponts thermiques, cette valeur monte à 0,99 W/m.K. Selon le COSTIC, la valeur d'un rupteur de pont thermique W/m.K est de l'ordre de 0,2 W/m.K²⁵.

Liaisons principales	ml	PSI Liaison W/m.K	poinds dans Ubat %
L8	75,4	0,25	1
L9	414,4	0,15	2
L10	72,2	0,84	2
Mur façade avec refend	256,9	0,5	4

Tableau 6.3 - V3b : Etude ATPS, longueur des liaisons principales et Psi moyen des liaisons principales après prise en compte des améliorations thermiques

Avec les améliorations complémentaires apportées, le calcul de la Cep en 2010 montre que les performances attendues du bâtiment seront cohérentes avec l'objectif BBC-Effinergie, sous réserve de la concrétisation des hypothèses retenues pour le calcul. Le COSTIC a calculé que sans rupteurs de ponts thermiques, le bâtiment n'aurait pas pu respecter les objectifs (consommation Cep majorée de 4,7 kWh/m².SHON.an).

Voir : ANNEXE 8.5 : rapport du COSTIC. Analyse des consommations prévisionnelles de projets exemplaires (2.2).

6.1.2 Une insuffisante coordination entre intervenants au stade de la conception

Une seconde limite est l'insuffisance du travail en commun entre les différents acteurs au stade de la conception du projet : l'entreprise générale intervient très en aval de cette conception. Elle refait fréquemment les études thermiques, car soit le projet a évolué, soit les études thermiques n'étaient pas suffisantes ou étaient irréalistes, alors qu'elle s'engage sur un résultat.

Selon le maître d'ouvrage, travailler en amont du projet avec une entreprise pour trouver les solutions les plus adaptées aurait été préférable (procédure de conception-réalisation). En effet, en associant les entreprises en amont du projet, il est possible de débattre d'emblée des bonnes options en confrontant les logiques d'approche des problèmes. Cependant une entreprise n'acceptera de se plier à cette démarche que dans la mesure où elle est certaine d'obtenir le marché. Le maître d'ouvrage ne souhaite pas non plus se lier dès le début du projet. Néanmoins, le promoteur avait interrogé les entreprises qu'il connaissait dès le stade du permis de construire, afin de tester si le projet avait des chances de passer dans le coût d'objectif. Cela demande en outre d'avoir des chefs de projet compétents en BBC ou en énergie positive, ce qui est encore rare en France, et qu'il existe dans l'entreprise des acteurs bien formés à la thermique.

Les architectes ne travaillent pas systématiquement au niveau du concours ou de la conception du projet avec des thermiciens, ce qui leur permettrait de faire tout de suite les bons choix correspondant à leur projet. Dans le cas de cette opération, LAN Architecture avait pourtant travaillé le projet au niveau du concours avec Franck Boutté, architecte et thermicien, lequel n'a pas été retenu pour l'affinement du projet.

Le pilotage du projet en vue d'une optimisation des décisions entre architecte, BET et entreprise a mis en évidence les difficultés d'un dialogue et d'une pratique de travail en commun des différents acteurs d'un projet de construction.

L'intervention de l'AMO environnementale LEAU lors du passage en BBC-Effinergie

L'AMO environnementale est désormais un nouvel acteur appelé à participer à la conception d'un immeuble performant dans un quartier où le développement durable est privilégié. Le BET LEAU est intervenu relativement tardivement dans ce projet. Nacarat lui a confié cette mission après avoir décidé d'obtenir le label BBC-Effinergie au lieu du label THPE, au stade du dossier de demande de permis de construire. L'AMO environnementale n'a donc pas travaillé sur le projet dès son origine, sa mission a commencé après que le DCE ait été diffusé. Pour le niveau THPE, les compétences et l'expérience de COTEC étaient suffisantes.

LEAU a été choisi en raison de son expérience HQE et de sa bonne connaissance du monde des certificateurs (il assure la formation des certificateurs CERQUAL). Il serait ainsi en capacité de proposer des solutions qui seraient comprises par CERQUAL et qui permettraient de satisfaire aux critères du label BBC.

²⁵ Source Schöck.

Ce contexte d'intervention très en aval du projet explique que l'AMO ait davantage recherché des solutions cohérentes avec les logiciels de calcul et les éléments valorisés par la certification existante (objectif de résultat administratif) plutôt que de rechercher des solutions optimales pour ce projet particulier. L'objectif de sa mission était de gagner quelques kWh à la marge et non de remettre en cause le projet.

6.1.3 Des choix techniques qui ne font pas consensus

L'isolation par l'intérieur se révèle moins efficace que l'isolation par l'extérieur

L'entreprise Eiffage-Construction considère qu'une isolation par l'intérieur, même si elle permet d'avoir une image plus qualitative, est nettement moins performante que l'isolation par l'extérieur, du moins à la période où le projet a été conçu. La compensation par la pose d'indispensables rupteurs de ponts thermiques le long des coursives et balcons ne suffit pas à rattraper une insuffisante isolation :

- En effet, il n'est pas certain que les rupteurs de ponts thermiques soient la solution la plus efficace pour assurer une bonne performance thermique du bâtiment. Même s'ils sont posés en continu sur l'ensemble du linéique concerné, ces rupteurs ne font gagner qu'environ 30 % des déperditions thermiques linéiques de dalle. Il ne s'agit donc que de l'une des solutions par défaut pour atteindre l'objectif.
- Sans rupteurs de ponts thermiques, le Ψ (Psi) de L9 (liaisons mur de façade / planchers intermédiaire) varie dans une fourchette de 0,9 à 1 W/m².K. Avec rupteurs de ponts thermiques, la valeur pour les seules parties traitées est réduite à 0,15 W/m².K selon l'étude thermique, niveau cohérent avec les performances annoncées par le fournisseur. Cette amélioration des parties traitées permet de réduire la valeur moyenne du Ψ de L9, ramené dans une fourchette variant entre 0,5 et 0,4 W/m².K en moyenne (réduction de moitié par rapport à une situation sans rupteurs).

Le choix de l'isolation par l'extérieur offre plusieurs avantages : une forte inertie, la limitation des ponts thermiques. Le gain de performance varie entre 30 et 40 % pour un coût inférieur à celui des rupteurs de ponts thermiques. Elle nécessite cependant une bonne pratique des entreprises.

Le type d'isolants est très important pour garantir l'atteinte des objectifs de performance. Ainsi, pour ce qui concerne un marché récent obtenu par Eiffage-Construction sur la ZAC Cardinet (Paris 17^e arrondissement), la pose de 30 cm d'isolant en laine de verre assure une bonne performance thermique pour un coût raisonnable. La limite est qu'on ne dispose encore que de peu de retour d'expérience sur la durabilité de ce type de matériau. Pour ce qui concerne le produit retenu pour V3b, le STO Therm minéral 2, la durabilité peut être estimée entre 10 et 20 ans.

Pour un niveau BBC il est souhaitable que les murs extérieurs atteignent une résistance de 10 m² K/W.

L'isolation par l'extérieur est cependant pénalisée par le mode de calcul actuel de la SHON

L'isolation par l'extérieur nécessite une épaisseur supérieure de l'isolant (entre 10 et 30 cm selon le niveau d'isolation en fonction des matériaux disponibles sur le marché). Efficace sur le plan des performances énergétiques et pour une limitation des ponts thermiques, peu coûteux, ce type d'isolation se trouve cependant pénalisé par le mode de calcul de la SHON administrative dès lors que l'épaisseur des murs qui en résulte dépasse le quota de 5 % pris en compte pour le calcul de cette dernière. Le rendement de plan (SHAB/SHON) est moins favorable du fait de l'épaisseur des murs.

Pour obtenir le même niveau de performance en isolation par l'intérieur, il serait nécessaire de renforcer sensiblement l'épaisseur de l'isolant (12 à 14 cm, soit une épaisseur totale de la façade de 20 à 30 cm) réduisant d'autant une surface habitable déjà limitée.

Cependant, les techniques évoluent rapidement : depuis l'obligation de réaliser des logements atteignant le niveau BBC, les techniques et les produits industriels s'améliorent rapidement. On commence à trouver sur le marché des produits d'isolation mince par l'intérieur qui assurent un niveau de performance satisfaisant.

Certains éléments architectoniques ne sont pas adaptés au label BBC

La conception de coursives filantes soulignant chaque changement de niveau n'est par conséquent pas adaptée à un objectif de performance BBC (alors qu'elle ne pénalisait pas la possibilité d'atteindre le niveau de performance contractuel THPE). Dans les projets conçus directement dans l'objectif d'atteindre le label BBC-Effinergie, la plupart des balcons reposent sur des structures porteuses désolidarisées de la façade, limitant au minimum la pose des rupteurs de ponts thermiques, en complément d'une isolation par l'extérieur.

Une conception d'ensemble résultant d'un équilibre entre plusieurs paramètres

Dans la conception d'un bâtiment passif, l'optimum peut résulter de compromis entre différentes alternatives. Il est nécessaire de jouer avec tous les paramètres en tenant compte des apports thermiques internes, des réseaux et de l'environnement des réseaux. N'ayant pratiquement pas de besoins de chauffage, un simple radiateur électrique suffit.

Le maître d'ouvrage regrette que les BET chargés de réaliser les études thermiques se limitent à proposer des solutions conventionnelles acceptées par les logiciels qu'ils utilisent. Peu acceptent de réaliser des simulations permettant de tester des alternatives possibles dans les solutions à développer.

6.2 UNE ABSENCE DE RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES DISPOSITIFS INNOVANTS

6.2.1 Une absence de recul sur l'évolution des caractéristiques des matériaux

Actuellement, l'une des limites majeures pour la réalisation de bâtiments à haute performance énergétique (du BBC à énergie positive) est le manque de retour d'expérience sur les produits nouveaux. Lorsqu'ils préconisent certains matériaux, les BET ou les maîtres d'œuvre s'appuient sur les notices fournies par les fabricants, parfois ces matériaux ne sont pas encore diffusés sur le marché. Leur performance effective n'est pas encore connue par un retour d'expérience suffisamment étendu dans la durée.

Les prescripteurs ne savent pas non plus comment les nouveaux matériaux, comme les produits d'isolation par l'extérieur, vont évoluer dans le temps du point de vue de leur durabilité et des coûts de gros entretien à prévoir. Par ailleurs, la manière de poser les isolants est très importante et demande un savoir faire des entreprises, alors que ces produits sont encore trop récents pour être bien maîtrisés.

6.2.2 Les risques pris par l'entreprise avec les produits innovants

Ces incertitudes face à des approches et des matériaux nouveaux peuvent entraîner des pertes financières pour les entreprises qui s'engagent sur des performances à atteindre dans le cadre d'un marché forfaitaire. Les entreprises «apprennent sur le tas», avec le risque de le faire aux dépens de leurs marges. Cette incertitude peut justifier de marges de sécurité élevées et un gonflement des prix par précaution.

La réalisation de bâtiments BBC se généralise en 2011, portée par l'éco-fiscalité qui se concentre sur ces exigences, moins favorable aux opérations n'obtenant pas cette certification. Cependant, la profession annonce des surcoûts de 15 à 20 % par rapport à un bâtiment se limitant à la RT2005 de base. L'analyse des bâtiments exemplaires montre que chaque bâtiment représente un cas spécifique, et qu'atteindre la performance BBC-Effinergie n'induit pas de surcoûts systématiques par rapport à d'autres projets moins performants.

L'amélioration progressive des produits avec la généralisation de cette certification, l'acculturation des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et des entreprises devrait permettre de contenir l'évolution des prix.

6.2.3 Peu de retour d'expériences sur l'efficacité de l'étanchéité à l'air

Les avis technique n'ont pas encore de retour d'expérience sur l'étanchéité à l'air. Cette approche est encore très neuve. Il n'existe pas de procédures de test d'étanchéité à l'air appliquées dans le collectif qui soient clairement définies. La technique de l'échantillonnage trouve rapidement ses limites, de nombreuses fuites se produisant dans les parties communes. Pour ce qui concerne le bâtiment V3b, Eiffage-Construction pense qu'il n'aura pas de problème pour que le coefficient de perméabilité de l'air reste en dessous de 1 m³/h.m². En 2005, 65 % des immeubles prétendant au label BBC respectaient cette limite. Les progrès sont tels depuis, qu'il ne semble pas très difficile à Eiffage-Construction d'atteindre le niveau BBC.

L'entreprise a le sentiment de progresser de chantier en chantier, lui permettant de soumissionner aux prochains chantiers complexes de la ZAC. Pour la ZAC Cardinet (Paris 17^e), l'entreprise réalise pour le bailleur social Paris Habitat 66 logements sociaux avec une crèche. L'indice de perméabilité à l'air est de 0,8 m³/h.m².

Il faudrait que les différents acteurs s'approprient des problématiques nouvelles. Selon l'entreprise, les fuites d'air peuvent être évitées par une bonne préparation du chantier.

6.2.4 Une difficulté à encadrer les procédures d'auto-contrôle

Les différents corps de métier ne sont pas encore rodés pour travailler en équipe autour d'un projet commun. Chaque sous-traitant a tendance à intervenir sans prendre en compte les interférences avec les autres corps de métier. Cette

coordination au niveau des détails pour les parties de bâtiment où interviennent plusieurs corps de métier est fondamentale pour assurer les performances énergétiques requises au niveau élevé.

6.3 DES FREINS CULTURELS A LA REALISATION D'UN HABITAT PERFORMANT

6.3.1 Des critères de certification qui ne valorisent pas une conception bioclimatique

Le label BBC-Effinergie se réfère à un objectif de consommation et non à une référence relative. Il est donc moins souple que le label THPE de la RT2005. La prise en compte de la SHON est plafonnée en BBC RT2005 à 120 % de la surface habitable pour ne pas améliorer artificiellement le niveau de consommation établi par m² de SHON. A défaut, un rendement de plan défavorable serait plus avantageux au regard du ratio de consommation Cep.

Par ailleurs, le maître d'œuvre, qui réalise des constructions dans des pays plus avancés que la France en matière de performances énergétiques, regrette que la certification BBC-Effinergie RT2005 repose sur des approches relativement limitatives, excluant ou ne prenant pas en compte certains partis architecturaux ou certains techniques ou procédés de mise en œuvre.

Pour le maître d'œuvre, les solutions apportées pour atteindre l'objectif de performance BBC-Effinergie ne sont que d'ordre conventionnel, le critère de sélection reposant sur la prise en compte ou non dans le référentiel de calcul du label et non sur l'efficacité réelle du dispositif :

- La réglementation thermique 2005 ne valorise pas les volets coulissants (ils ne comptent pas pour le calcul de U_w) alors que les volets roulants sont admis avec des gains estimés pour le jour et pour la nuit (meilleur coefficient plus favorable pour les déperditions thermiques). L'entreprise Eiffage-Construction conforte cette position, les coffres de ces volets roulants constituant un point faible de l'isolation de la façade.
- De même, dans les critères HQE Qualitel, sur les vingt solutions proposées pour du BBC-Effinergie, une seule est agréée pour de l'isolation par l'extérieur. Les autres solutions ne rentrant pas dans ces critères, le gain thermique effectif n'est pas pris en compte ce qui ne permet pas d'obtenir le niveau du label alors que la consommation effective sera réduite.
- Les systèmes de ventilation double flux sont privilégiés en France alors qu'ils ne sont qu'une des solutions possibles dans d'autres pays. L'entreprise Eiffage-Construction abonde dans ce sens : le moteur de la ventilation augmente considérablement la consommation électrique intervenant dans le calcul de la Cep. Elle préconise une ventilation simple flux.
- Les panneaux photovoltaïques ne sont pas non plus une solution évidente. Beaucoup de personnes craignent des radiations. D'autres conséquences sont à craindre : quelle assurance en cas de problèmes d'étanchéité en toiture en cas de panneaux de ce type.

Le caractère « administratif » des labels en France pose pour les architectes qui travaillent à l'international un problème de prise en compte des innovations techniques dès lors qu'elles ne sont pas reconnues par la réglementation, laquelle est elle-même en retard sur les avancées industrielles.

La recherche sur la compacité et l'optimisation des apports solaires semble au maître d'œuvre une voie plus efficace pour atteindre ces objectifs. Par ailleurs, le travail sur l'enveloppe de la façade est déterminant pour accroître les performances énergétiques. Il faut cependant pouvoir préserver des caractéristiques de façades légères.

Un problème d'assurance

Cette approche administrative de la certification est confortée par la position des assurances qui demandent une certification préalable des procédés mis en œuvre. Les avis technique du CSTB incitent les entreprises et les maîtres d'ouvrage à les utiliser prioritairement. Sans avis technique, ces produits ne sont pas assurables, ce qui dissuade leur diffusion. Ce frein à la diffusion pourrait s'expliquer par une forme de protectionnisme des industriels français pour assurer des débouchés aux produits qu'ils fabriquent alors que certains produits et matériaux étrangers pourraient convenir. Ces derniers peuvent néanmoins solliciter un avis technique du CSTB pour une utilisation en France.

De plus, travailler avec des industriels sur des produits novateurs implique des surcoûts en « assurance maître d'ouvrage », il faut également prévoir la garantie décennale. Le maître d'ouvrage doit être vigilant sur les conséquences en termes juridiques de ces dispositifs innovants.

Cette conjonction de freins à l'innovation a pour corollaire un retard sur les techniques en permanente évolution et amélioration. Certaines dérogations sont cependant prévues (ATEX et titre V qui permettent de déroger aux critères pris en compte par la RT2005).

6.3.2 Les bâtiments passifs ne sont pas non plus valorisés

Selon l'entreprise Eiffage-Construction, les logiciels pour concevoir des bâtiments passifs, couramment utilisés en Suisse et en Allemagne, ne sont pas validés pour la France et ne peuvent être admis pour la certification BBC. Ainsi, le moteur de calcul utilisé pour la certification de l'habitat passif « PHPP » est simple à utiliser (tableur Excel) et peu coûteux. Il constitue une aide pédagogique à la conception de bâtiments passifs pour les concepteurs et pour les maîtres d'ouvrage. Son utilisation à tous les stades de la conception permettrait pourtant aux architectes et bureaux d'étude de réaliser des études plus fiables et plus pertinentes, de concevoir de meilleurs bâtiments. Les possibilités de simulations permettent de mieux caler la conception bioclimatique du bâtiment, d'arbitrer entre isolation par l'extérieur ou par l'intérieur. L'atteinte des objectifs du BBC dépend en effet d'un équilibre complexe entre les différents choix faits pour la conception et pour les composants du bâtiment. La non reconnaissance de ce logiciel encouragerait le monopole des BET thermiques sur la production des études.

Les moteurs de calcul des études thermiques ne valorisent pas non plus les réseaux de chaleur (coefficient 1) ni la géothermie.

Cette insuffisance des moteurs de calcul pour les bilans thermiques réglementaires a également été ressentie par le BET COTEC. Une bonne expérience dans la façon de travailler avec cet outil permet de pallier partiellement ces insuffisances. La RT2012 pourrait apporter une réponse à ces limites, dans la mesure où elle valorise désormais les bâtiments à énergie positive (Bepos)²⁶.

6.4 UN NIVEAU DE PERFORMANCE ETROITEMENT DEPENDANT DE LA CONCEPTION INITIALE

6.4.1 La difficulté de renforcer les objectifs de performance en cours de projet

Cette expérience met également en évidence les arbitrages nécessaires et les compromis difficiles à trouver entre architecture, maîtrise des coûts et performance énergétique lorsque un bâtiment conçu en fonction d'un objectif de performances donné est « poussé » pour obtenir le niveau de performances supérieur.

Le projet tel qu'il est en cours de réalisation dépasse les objectifs du CPTe sur le plan des performances énergétiques sur lesquels le promoteur s'est engagé en signant l'acte de cession du terrain (THPE).

Selon le maître d'ouvrage, passer du niveau de performance THPE au niveau BBC dépend de beaucoup de facteurs difficiles à isoler. La performance d'un bâtiment dépend avant tout de sa conception d'ensemble. L'adaptation demande de travailler sur plusieurs postes à la fois : choix du type d'isolation, nature et épaisseur de l'isolant, valorisation des apports solaires avec différents arbitrages se compensant les uns les autres.

Il est également nécessaire de bénéficier d'une certaine stabilité dans la commande, car la conception est adaptée aux objectifs initiaux recherchés figurant dans le cahier des charges de la consultation. Revenir dessus est toujours coûteux en temps. C'est en effet au niveau de la conception que se détermine l'essentiel du projet.

L'architecte qui a conçu le projet n'était pas favorable à ce passage du THPE au BBC. Si la commande initiale avait été pour du BBC, il aurait conçu l'immeuble autrement. La recherche de meilleures performances non contractuelles est délicate : l'enveloppe financière devant rester sensiblement la même, le travail sur le projet consiste dans ce cas à rechercher des économies sur les prestations visibles pour améliorer les composants ayant une incidence sur les performances énergétiques valorisés par les moteurs de calcul, au détriment d'une cohérence d'ensemble.

6.4.2 Des solutions techniques incompatibles avec l'image architecturale

Le cas étudié montre à quel point une conception initiale cohérente pour un objectif donné est complexe à modifier. Pour s'assurer de la certification BBC plusieurs solutions techniques avaient été proposées, assurant l'atteinte de l'objectif BBC-Effinergie (voir supra 5.2.1). L'architecte a refusé ces solutions techniques qui remettaient en cause l'image du projet : il voulait préserver une façade lisse et épurée. Il a été soutenu par la SAEM et l'architecte-urbaniste coordonnateur du Trapèze.

²⁶ Le moteur de calcul de la RT2012 n'était pas encore présenté lors de l'achèvement de cette recherche.

6.5 UNE MOINDRE QUALITE D'USAGE POUR CERTAINS LOGEMENTS

6.5.1 Des options techniques altérant la qualité d'usage de certains logements

La modification du projet pour répondre aux contraintes d'équilibre financier de l'opération a entraîné une perte de qualité d'usage de certains logements.

- Une perte d'ensoleillement des logements sur cour du fait de la réduction de la hauteur de la faille.
- Du fait du découpage du bâtiment et de la suppression des logements traversants, une majorité de logements deviennent mono orientés²⁷. Cette option a cependant été confortée pour le maître d'ouvrage par une vente très rapide des petits logements malgré leur exposition nord (dont des ventes à investisseurs).
- La restructuration des logements traversants a également contraint à multiplier les cuisines en second jour pour les trois pièces mono-orientés et les grands logements en angle sud-est. Cette pratique devient cependant fréquente dans la promotion du fait des normes de la réglementation « handicapés physiques ». Toutefois, le maître d'ouvrage n'apprécie pas les cuisines en second jour plus difficiles à commercialiser pour des logements familiaux. Les acquéreurs préfèrent en majorité des cuisines indépendantes pour les 3 pièces et 4 pièces, avec un éclairage direct sur le balcon ou à l'air libre. Certains acquéreurs ont demandé en travaux modificatifs une séparation entre la cuisine et la pièce à vivre.
- Le remplacement des volets coulissants sur la façade nord par des volets roulants, dont la conception n'est pourtant pas tout à fait satisfaisante, ne permet plus aux occupants des logements sur cour de réguler les vis-à-vis très proches (5 m) et de préserver leur intimité, sans perdre de luminosité.
- Les stores intérieurs pour pallier l'impossibilité de poser des volets roulants à cause des profilés extra plats des menuiseries extérieures. Ils sont moins confortables en été que les volets roulants et plus fragiles. Ces stores intérieurs ont été remplacés par des stores extérieurs dans le projet final.
- L'absence de placards prévus dans les chambres. Il est cependant volontaire. Selon la commercialisation, à ce niveau de prix, les ménages auraient des exigences spécifiques et préféreraient les réaliser par eux-mêmes.
- Pour ne pas altérer la façade, le projet initial prévoyait des descentes d'eaux pluviales dans des gaines traversant les chambres. Ce détail d'exécution n'était pas réalisable, entraînant des risques de nuisances phoniques, sans compter la gêne provoquée par le passage de soffites dans les logements.

6.5.2 Des espaces de prolongement du logement limités par les règles du PLU

Cette architecture sobre a été bien accueillie par les candidats acquéreurs. Cependant plusieurs contraintes du programme, découlant de l'application des règles du PLU, ont été soulignées :

- L'absence de grands balcons : quelques séjours ou chambres se prolongent par des balcons de 80 cm de profondeur entourés par des boîtes en aluminium. Ce parti est directement contraint par le PLU. En zone UAa, zone d'extension du centre ville, les balcons donnant sur la rue Yves Kermen ne peuvent pas excéder 80 cm de profondeur (voies de plus de 20 m).
- Les coursives qui soulignent chaque niveau n'ont ainsi qu'une fonction décorative (40 cm de profondeur sur les façades est et ouest, 50 cm de profondeur sur la façade sud-ouest. Elles occasionnent pourtant d'importants ponts thermiques qu'il faut traiter de façon coûteuse.

Cette absence de balcons vraiment appropriables, du fait de la localisation en milieu urbain dense, a constitué un frein à la commercialisation. Les autres programmes de la ZAC, dans d'autres zones PLU, bénéficient en effet de balcons d'une profondeur pouvant atteindre 1,5 m. On notera que l'architecte de l'immeuble V3a a orienté les séjours sur l'espace de cœur d'îlot, qui ont pu être prolongés par de grands balcons, améliorant la valeur d'usage des logements.

Seuls les duplex sur le toit bénéficient de grandes terrasses privatives ainsi qu'un logement de 5 pièces (prolongé par une terrasse de 2,5 m de profondeur). Quelques logements en rez-de-chaussée bénéficient de jardins privatifs donnant sur la cour intérieure.

²⁷ Néanmoins, avec les nouvelles règles techniques propres aux performances BBC-Effinergie, la ventilation naturelle, permise par les logements traversants, devient de moins en moins recherchée car elle crée d'importantes déperditions thermiques. La VMC assure un meilleur contrôle des flux.

7.1 UNE ACCULTURATION PROGRESSIVE DES DIFFERENTS PARTENAIRES

7.1.1 Apprendre à travailler ensemble

L'importance d'une bonne coordination entre maître d'ouvrage, architecte, BET et entreprises tout au long de la conception et de la réalisation du projet revient dans les réflexions des différents acteurs rencontrés sur le déroulement du projet.

Les relations entre l'entreprise, les BET et le maître d'ouvrage ont été soutenues. Les impératifs d'équilibre financier du projet exigeant des compromis, il fallait trouver des économies sur l'architecture pour atteindre l'objectif BBC (suppression de boîtes en aluminium encadrant certaines fenêtres, volets roulants au lieu de volets coulissants, etc.). Par ailleurs, la typologie des logements a été retravaillée pour l'ouvrir et l'adapter aux contraintes de commercialisation, compte tenu des spécificités du projet²⁸. Il en est résulté davantage de logements de types intermédiaires et des surfaces plus petites.

Ce projet était le premier immeuble performant réalisé par le maître d'ouvrage : aussi bien THPE que BBC. Il n'avait donc pas conscience des impacts à tous les niveaux d'une modification dans l'équilibre obtenu entre éléments et composants pour obtenir le label THPE. Le bâtiment constitue un système dans lequel les différents composants et les choix techniques interfèrent. Un délicat dosage doit être recherché.

Le projet initial de LAN Architecture dépassait largement les exigences contractuelles de performance énergétique THPE. Le maître d'ouvrage ayant souhaité atteindre le niveau de performances BBC-Effinergie pour lequel il n'avait pas été conçu, les négociations entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'oeuvre ont été parfois difficiles, les points de vue ayant du mal à converger (volonté de préservation de l'image du côté du maître d'oeuvre, souci d'atteindre l'objectif BBC sans dépassements de coûts pour le maître d'ouvrage). Le maître d'ouvrage a donc retravaillé le projet avec le BET et l'AMO pendant 6 mois pour pouvoir réaliser certains détails d'architecture. D'autres modifications ont eu lieu pour prendre en compte les retours du bureau de vente (typologie des logements par la réunion ou la division d'appartements). La SAEM et l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze, soutenant le parti architectural retenu à l'issue du concours, ont fait pression pour éviter un « déshabillage du projet ».

Les entreprises et les BET sont en cours d'apprentissage pour des approches aussi innovantes. Certains détails d'exécution doivent alors être suffisamment travaillés et réalistes pour que les entreprises et les BET les comprennent et apprennent à les mettre en œuvre.

7.1.2 La constitution de groupes de travail internes à la maîtrise d'ouvrage

Le fait de développer des bâtiments exemplaires semble avoir des effets sur la transformation de la pratique des maîtres d'ouvrage dans leurs relations avec les BET et les entreprises. Le promoteur Nacarat a mis en place un groupe de travail interne pour analyser les remontées d'expérience sur les programmes en cours locaux et réalisés dans les autres régions, et assurer ainsi des transferts de savoir-faire sur d'autres projets : « Comment faire du BBC à moindre coût ? ». Cependant, il se réunit encore insuffisamment, faute de temps.

L'ensemble de la production en Ile-de-France comme en région sera faite désormais avec la certification BBC-Effinergie associée au label Habitat et environnement. L'habitat passif est l'objectif à terme.

En revanche, la certification Qualitel associée au BBC est jugée trop contraignante et rigide. Il suffit en effet de la remise en cause de la certification pour un seul logement, notamment sur plainte d'un acquéreur, pour que l'ensemble de l'opération soit déclassé et ne puisse plus bénéficier du label BBC-Effinergie. Le maître d'ouvrage est tenu de mettre à niveau le logement concerné à ses frais, sauf si l'entreprise assume cet engagement, pour ne pas perdre la certification sur l'ensemble du programme.

²⁸ Par exemple, pour se vendre, de grands logements de 100 m², T4 ou T5, doivent donner sur une terrasse ou un grand balcon. Les coursives non accessibles (limitation de la largeur par le PLU) rendaient leur commercialisation difficile.

Nacarat étoffe ses services et ses réseaux d'entreprises et de BET pour pouvoir répondre à cet enjeu de production de bâtiments performants. Un poste de directeur scientifique a été créé pour suivre les évolutions rapides dans les techniques et les nouveaux matériaux que les industriels mettent sur le marché.

7.1.3 L'importance de l'encadrement du projet urbain

Du point de vue de la maîtrise d'œuvre, l'équipe de suivi des projets, constituée par la SAEM Val de Seine Aménagement et l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze (AAUPC), est particulièrement performante à Boulogne-Billancourt. Elle apporte un réel soutien aux concepteurs dans les nécessaires compromis à réaliser pour respecter les enveloppes financières des projets. Les trois groupes mis en place par la SAEM: groupe technique, groupe de suivi de chantier et équipe de suivi de l'architecture se complètent pour préserver la qualité architecturale et urbaine du projet.

Garante des choix fait lors des concours d'architecture, la SAEM fait en effet passer la qualité architecturale des projets avant la technique et les économies sur les matériaux pour préserver l'esprit du projet retenu. Ce soutien peut aller parfois à l'encontre de la position du maître d'ouvrage et des entreprises. La SAEM valide ou non les modifications envisagées lors de la mise au point finale du projet. Ces arbitrages en faveur du projet de LAN Architecture pour V3b ont également concerné les couleurs des immeubles sur l'îlot. Ceci a permis de préserver la couleur anthracite retenue initialement pour la façade Sud et Est.

Ce dispositif de suivi est plus important que dans le cadre de l'expérience que suit le même architecte à Hambourg. Sur ce dernier site, les arbitrages en faveur des solutions techniques se font au détriment de l'esprit du projet architectural, le point de vu des techniciens, des BET extérieurs généralement, emportant les décisions.

LAN Architecture contrairement à ce qui se passe dans les autres macro lots n'est pas mandataire sur l'îlot V. Il n'intervient que sur le lot V3b. Malgré la limitation de sa mission, il est tenu de présenter son projet et les évolutions retenues à l'urbaniste coordinateur du Trapèze qui supervise l'ensemble des projets sur cet îlot.

Le point de vue du maître d'ouvrage sur ce pilotage par la SAEM est plus réservé : la priorité accordée par cette dernière à l'image architecturale des bâtiments prendrait trop le pas sur la recherche de performances énergétiques ambitieuses, qui sont pourtant également l'une des priorités sur la ZAC. Le souci de préserver les profilés minces et l'isolation par l'intérieur risquent de compromettre l'objectif d'atteindre une certification BBC (voir infra).

L'encadrement par les différents cahiers des charges annexés à celui de la cession du terrain lui-même, qui touchent les aspects urbanistiques, environnementaux et performanciers, est également jugé très lourd et demande beaucoup d'attention. Ces différents cahiers des charges se superposent avec celui spécifique au promoteur. Certaines contradictions peuvent en résulter qui demandent des arbitrages.

7.1.4 Un suivi des projets dans la durée

Le rapport général « Approche transversale » développe plus largement le système de gouvernance mis en oeuvre pour la ZAC Seguin Rives de Seine, pilotée par la SAEM Val de Seine aménagement. Seules quelques aspects spécifiques complémentaires, concernant tout particulièrement le bâtiment étudié, sont repris ci-dessous.

Le contrôle des prototypes

La SAEM impose la présentation de prototypes pour les matériaux et les éléments de façade : deux réunions sont prévues en cours de réalisation du projet :

- La première, au moment de la demande de permis de construire,
- la seconde, en cours de chantier.

Ainsi, en début décembre 2010, Eiffage-Construction a préparé des échantillons de lasure pour les parties isolées par l'intérieur sur le bâtiment V3b pour les présenter à la SAEM et à l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze qui choisiront. Ce suivi permet également de réorienter le projet en cas de problèmes (non-conformité au projet, faillite d'un sous-traitant).

Un suivi par la SAEM : le système de management environnemental²⁹

La SAEM a mis en place un dispositif de suivi de la mise en oeuvre des projets une fois le permis de construire accordé. Pour alimenter l'outil SEDI³⁰, le maître d'ouvrage est tenu de communiquer à la SAEM le permis de construire, le

²⁹ Voir sur ce point le rapport de présentation général de la ZAC, « Approche transversale », 2.3.4.

dossier marché avec ses plans, les résultats des études thermiques, les rapports du certificateur H&E et Qualitel et/ou CERQUAL.

Par ailleurs, l'AMO environnementale LEAU assure le suivi et le compte rendu à la SAEM du suivi des exigences du CPTe. Il remplit à cet effet les grilles d'analyse HQE demandées par la SAEM, comportant une série d'indicateurs mis à jour en fonction des résultats des études thermiques ainsi que plusieurs autres fiches, notamment sur les matériaux employés³¹.

L'alimentation du SEDI par l'ensemble des plans du projet (ceux de l'architecte et ceux de l'entreprise) et des pièces du dossier marché est jugé très contraignant. L'architecte s'acquiesce de ses obligations (gestion des travaux par la SAEM, coordination) mais trouve le dispositif très administratif. Toutefois, ces acteurs se plient aux règles du jeu.

7.2 DES COÛTS MAITRISES

7.2.1 Des coûts de construction modérés

La promotion privée estimait les « surcoûts » de construction liés aux exigences de performances énergétiques BBC entre 10 et 15 % en 2008. Ils étaient chiffrés en mars 2010 à 6-8 % du prix de vente. La Fédération du bâtiment a annoncé en fin 2010 des majorations des coûts de construction liés à l'application de la RT2012 de l'ordre de 15 à 20 % par rapport à la RT2005. Il ressort des études menées qu'il est difficile d'estimer des surcoûts potentiels faute de pouvoir simuler les effets de la prise en compte de tel ou tel procédé sur le même bâtiment.

La baisse des coûts de construction, le développement de nouveaux produits plus performants, l'amélioration des pratiques des entreprises limitant l'incertitude et de ce fait les marges de précaution, la généralisation du label BBC, tous ces facteurs devraient contribuer à un lissage des prix sans fortes majorations.

Le BET COTEC et l'AMO LEAU ont travaillé avec l'entreprise pour finaliser le dossier marché. Il fallait trouver des solutions techniques moins onéreuses que dans le projet initial pour équilibrer financièrement l'opération V3b. Les prix du marché de ce programme (1 600 € HT par m² de SHON, dont 1 300 € pour les seuls travaux de superstructure) est sensiblement comparable voire moins cher que d'autres opérations réalisées sur la ZAC, pourtant moins performantes du point de vue énergétique.

Au moment où l'appel d'offres a été lancé pour les deux bâtiments, l'entreprise avait son carnet de commandes bien rempli. Elle n'a pas fait de proposition à « prix cassé ». Si elle avait soumissionné en 2010, le marché aurait été plus bas, Eiffage-Construction devant trouver du travail dans un marché plus difficile. Les baisses sur les coûts de main d'œuvre sont plus importantes que les hausses du prix des matériaux. Les marchés V3b et V3a peuvent donc être considérés comme un reflet de prix de marché normaux. Ce prix serré tient cependant compte d'un marché globalisé incluant d'autres projets, permettant d'obtenir de meilleures offres (effet d'échelle).

L'imbrication des facteurs de coûts, notamment les coûts spécifiques au renforcement des performances énergétiques, des matériaux employés pour la façade, la complexité architecturale du bâtiment, les options architecturales coûteuses, explique ce paradoxe. Il n'y a donc pas d'effets mécaniques dans la croissance des coûts avec celle des exigences performancielles. Il s'agit plutôt de concevoir autrement. La limite de la solvabilité de la clientèle pousse à rechercher d'autres méthodes plus performantes et moins coûteuses.

Toutefois, la décomposition des coûts par grands postes de travaux (corps d'état), telle qu'elle a été réalisée sur ce bâtiment à partir du DQE, n'est qu'indicative : elle reflète moins fidèlement la répartition réelle des coûts en entreprise générale. Les rabais commerciaux contribuent également à brouiller la pertinence de répartitions fines. Cette décomposition ne donne que des ordres de grandeur. En revanche le coût total est fiable.

7.2.2 Une demande de certification BBC structurée par la fiscalité verte

En 2009, le BBC n'était pas une demande des acquéreurs de ce programme. Selon la personne en charge de la commercialisation, les acquéreurs potentiels s'intéressent à l'image du bâtiment, aux m² de surface habitable et au prix.

³⁰ *Système d'échanges de données informatisées. Serveur alimenté par les différents intervenants sur un projet.*

³¹ *Voir en annexe : Grille de suivi SAEM complétée avec les informations disponibles recueillies lors de l'étude.*

Ils ne posent pas de question d'eux-mêmes et n'acceptent pas de payer plus cher pour un logement moins consommateur d'énergie.

La modification du dispositif de défiscalisation Scellier, limitant à partir de 2011 la réduction d'impôts de 25 % du prix plafonné du logement aux seuls logements certifiés BBC-Effinergie transforme ce comportement³². En devançant cette exigence, le promoteur rendait son programme plus attractif par rapport aux autres offres sur la ZAC.

Enfin le promoteur a mis le premier en avant la possibilité de bénéficier d'une TVA à taux réduit, étant dans le périmètre de 500 m autour d'une zone ANRU. Les autres promoteurs avaient timidement développé cet argument, moins flatteur pour l'image à donner à l'opération.

Cette réaction des futurs utilisateurs est différente en Allemagne : les architectes sont amenés à travailler les projets avec les futurs habitants sensibles aux économies d'énergie à attendre. Avec l'installation de capteurs thermiques et une architecture bioclimatique, 80 % des charges d'ECS et de chauffage peuvent être économisées.

7.2.3 Des charges prévisionnelles attractives comme argument de vente

L'obtention de la certification BBC est présentée comme un point fort du programme dans la plaquette de communication remise aux acquéreurs ainsi que dans le descriptif sommaire. Une simulation de la consommation d'un logement dans l'immeuble est proposée et comparée aux consommations analogues d'un immeuble respectant la réglementation thermique 2005 de base.

Un exemple est donné pour un appartement de trois pièces de 64 m². La consommation de chauffage est ramenée de 95 kWef³³ par m² par an en RT2005 à 22 kWef par m² et par an dans cet immeuble. Les charges annuelles de ce même logement sont réduites de 532 € par an à 310 € (chauffage, ECS, ventilateurs, éclairage et auxiliaires).

« Une exemplarité environnementale »

Le recours aux énergies renouvelables est mis en avant (panneaux solaires pour l'eau chaude sanitaire) en même temps que les certifications promises qui figurent parmi les meilleures proposées sur la ZAC : H&E : confort et respect de l'environnement, exigé par le CPTe, ainsi que la certification Qualitel avec label BBC-Effinergie.

Le promoteur veut se démarquer par rapport à la concurrence de DBS en affichant des exigences renforcées en matière d'économies d'énergie par rapport aux autres promoteurs, tout en proposant une architecture sobre et élégante.

« Énergies maîtrisées, confort acoustique et thermique, qualités des ambiances intérieures, panneaux solaires afin de réaliser une valorisation énergétique encore plus importante, la résidence décline sa démarche de développement durable jusque dans ses moindres détails » (plaquette de présentation).

Pour le même prix qu'un logement situé sur le reste du périmètre de la ZAC, le programme propose des logements économes en énergie. Cet avantage concurrentiel est important pour le promoteur, car il ne dispose pas de la même force d'image que celle mise en scène dans le pavillon de vente DBS. Ce pavillon regroupe l'ensemble des programmes des différents promoteurs du consortium, disponibles à la vente, avec une maquette du quartier.

Restera à produire un guide de sensibilisation des usagers de ces logements pour leur apprendre à se servir d'un logement BBC : ne pas ouvrir les fenêtres n'importe quand ni n'importe comment, au risque compromettre l'efficacité de la ventilation. En effet, selon le COSTIC, dans le BBC, l'atteinte des objectifs dépend principalement des comportements des usagers. La règle des 7 % de consommations supplémentaires pour une consigne de chauffage de 1°C de plus ne s'applique plus en BBC. L'augmentation de la facture est de l'ordre de 15 % pour 1°C de plus.

Le maître d'ouvrage a sécurisé son produit en demandant une marge de manœuvre importante pour s'assurer de l'obtention du label : la consommation prévisionnelle se cale volontairement sur 61 kWh/m².an au lieu des 65 kWh/m².an requis dans la zone H1. Ne pas obtenir la certification risquerait de lui coûter trop cher (dédommagement des clients investisseurs qui ne pourraient pas bénéficier de la fiscalité verte).

³² Réduction d'impôts de 25 % au titre de la loi Scellier, dans la limite de 300 000 € d'investissement par logement soit 75 000 € au total au maximum par logement, répartis sur neuf ans ou sous certaines conditions 111 000 € sur 15 ans.

³³ Ef : énergie finale.

7.3 LES CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DU PROJET

7.3.1 Le choix d'une entreprise générale expérimentée HQE

Le maître d'ouvrage, ayant encore peu d'expérience des chantiers complexes avec engagement performanciel, préférerait confier le marché de travaux à une entreprise générale. Il est en effet plus difficile de passer par des entreprises en corps d'état séparés (CES), du fait de la complexité du chantier. Un pilote de projet est indispensable pour gérer une pluralité d'entreprises qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble. Or, dans le cas de la recherche d'une certification BBC-Effinergie, les contrôles de la mise en œuvre doivent être permanents.

Par ailleurs, l'entreprise générale s'engage sur des délais. Même si le promoteur n'a pas de contraintes de pénalités de retard vis-à-vis de la SAEM (la tolérance sur les délais est relativement large, un ou deux trimestres d'écart ne sont pas pénalisés), il doit respecter ses engagements vis-à-vis des acquéreurs qui ont déjà réservé un logement.

Depuis le début de cette recherche (2009), les entreprises ont réalisé d'importants progrès. Selon le maître d'ouvrage, toutes les entreprises générales sont devenues en 2011 compétentes pour réaliser des immeubles avec certification BBC-Effinergie.

L'appel d'offres pour le marché de travaux a été gagné par l'entreprise générale Eiffage-Construction, moins disante sur ce projet BBC, tout en répondant aux conditions de références en matière de performance énergétiques de bâtiments résidentiels. Elle était déjà acculturée à cette démarche, ce qui est important pour garantir la qualité des résultats. Le maître d'œuvre a de plus travaillé sur un autre programme avec cette entreprise, facilitant la réalisation du projet.

Il y a donc eu un réel travail de collaboration autour de la recherche de solutions entre le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise pour la mise en œuvre du projet.

7.3.2 Un contrôle du processus de construction en continu

Les ajustements du marché sont complétés par des dispositifs de suivi et de contrôle tout au long de la durée du chantier :

- Fiches d'auto-contrôle par corps de métier et type de produit : Eiffage-Construction a conçu des fiches d'autocontrôle pour les différents travaux de gros œuvre : façade, pose des rupteurs de ponts thermiques. L'entreprise exige de ses sous-traitants des dispositifs de contrôle analogues.
- Par ailleurs, des tests d'étanchéité à l'air seront organisés dès que les logements auront leurs menuiseries extérieures : porte soufflante avec fumigènes, de façon à repérer les fuites d'air. Ces tests sont d'autant plus importants que la note thermique justifiant l'obtention du label BBC fait l'hypothèse d'un coefficient de perméabilité à l'air relativement bas ($0,6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$).

Voir : ANNEXE 8.5 - rapport du COSTIC. Analyse des consommations prévisionnelles de projets exemplaires.

7.3.3 Une maîtrise d'ouvrage forte

Le maître d'ouvrage reconnaît l'importance de sensibiliser les entreprises sous-traitantes (entreprises générales comme les entreprises en corps d'état séparés) sur les conditions fabrication d'un immeuble BBC. Plus que le prix des matériaux, c'est une nouvelle organisation du travail, le temps passé aux procédures de contrôle renforcées aux différentes étapes de la construction, qui entraînent des surcoûts par rapport à un bâtiment respectant la RT2005. Cela demande de changer les pratiques actuelles. Il faut expliquer à toutes les entreprises travaillant sur le bâtiment, les interactions entre tous les métiers et l'importance des détails de la mise en œuvre sur le résultat très sensible du label BBC, notamment le contrôle de l'étanchéité à l'air du bâtiment. Parmi les points sensibles : la pose de joints spéciaux aux fenêtres, la pose des boîtiers électriques, qui occasionnent souvent des défauts d'étanchéité à l'air.

Le maître d'ouvrage doit aussi être bien informé sur les nouveaux matériaux et sur leur mise en œuvre. Il doit mettre en place une direction technique compétente et formée pour pouvoir discuter avec les BET thermiques et les entreprises.

Le maître d'ouvrage doit par ailleurs être en capacité de négocier avec le maître d'œuvre pour assurer des compromis entre qualité architecturale et maîtrise des coûts. Il est également nécessaire de recourir à une maîtrise d'œuvre d'exécution en plus de la maîtrise d'œuvre.

Les études thermiques devraient être renouvelées pour dépasser les solutions conventionnelles adaptées aux moteurs de calcul de la RT2005 mais pas nécessairement les plus efficaces pour le bâtiment. Le maître d'ouvrage demande des simulations et des modélisations par logement pour tester les variations de la Cep en fonction des partis retenus pour les différents facteurs sensibles (type d'isolation, compacité, nombre d'étages, mode de chauffage, etc.). Il estime régler la moitié des problèmes sur la base de ces simulations.

7.3.4 L'importance d'un nouvel acteur : l'AMO environnementale

Enfin, le maître d'ouvrage estime nécessaire de pouvoir s'appuyer sur une AMO environnementale de qualité qui devrait intervenir en appui au maître d'œuvre dès la conception du projet. Il en attend trois apports essentiels :

1/ dans le cadre de la certification H&E : l'AMO assiste le maître d'ouvrage dans le déroulement de l'audit. Elle assiste aux entretiens, rédige les documents demandés. Cette AMO aide le maître d'ouvrage à analyser les études thermiques, donne des conseils pour une amélioration des performances thermiques, pour le choix des matériaux, s'assure que les solutions proposées par le BET thermique sont efficaces, contrôle sur le chantier la bonne mise en œuvre des préconisations. Même si le coût de cette assistance est relativement élevé, elle constitue une sécurité pour le maître d'ouvrage pour des programmes complexes. De plus, il est possible de faire mieux et moins cher en s'y prenant bien dès la conception. Les prix de vente sont pour leur part limités par la solvabilité des acquéreurs³⁴.

2/ dans le cadre du label H&E « chantiers propres » : elle sensibilise les entreprises, rédige les documents nécessaires pour le dossier de consultation des entreprises (DCE) de l'appel d'offres.

3/ pour répondre aux exigences fortes du label BBC-Effinergie : elle accompagne l'entreprise générale dans la formation des différents sous-traitants (corps d'état séparés), participe activement aux tests de performances d'étanchéité à l'air, vérifie in situ que la mise en œuvre des différents composants est correcte.

Dans le cas de l'opération V3b, l'AMO a assisté au premier test d'étanchéité à l'air. Les résultats moins favorables que prévu ont permis de prendre les mesures nécessaires pour atteindre les objectifs. De nouveaux tests seront faits sur trois logements supplémentaires. Son intervention permet de comprendre les difficultés rencontrées par les entreprises pour la mise en œuvre et d'ajuster les prescriptions en fonction des besoins.

7.4 REPRODUCTIBILITE DE LA DEMARCHE

7.4.1 La certification NF Logement HQE comme avantage concurrentiel

En 2009, la volonté d'atteindre l'objectif BBC-Effinergie était avant tout un objectif commercial du maître d'ouvrage :

- L'opération V3b était la seule à proposer des performances énergétiques à ce niveau sur la ZAC alors que le prix de vente était à peine supérieur à celui des autres programmes en cours de commercialisation, qu'ils relèvent de la RT2000 (immeubles en accession de l'îlot B2) que de la RT2005 (comme l'îlot B3). Les immeubles THPE n'étaient pas encore commercialisés sur l'îlot D3a. Les immeubles BBC n'étaient pas encore à l'ordre du jour sur les terrains DBS, les promoteurs du consortium cherchant davantage à faire une pause dans les exigences de la SAEM.
- Atteindre ce niveau avec une architecture de cette qualité conférerait une image très positive au maître d'ouvrage. Le groupe Nacarat avait l'ambition de développer ses parts de marché en région Ile-de-France. Il apportait ainsi un avantage concurrentiel réel.
- En fin 2009, il était déjà question d'une fiscalité verte limitée à l'investissement locatif BBC³⁵, ce qui rendait ce programme encore plus attractif.

³⁴ Ainsi, le maître d'ouvrage développe de nouveaux programmes avec du chauffage bois en collectif, limitant les panneaux solaires et permettant de continuer à réaliser de l'isolation par l'intérieur, moins coûteuse que l'isolation par l'extérieur, qui demande plus de soin et de temps dans la mise en œuvre (10 % de plus). Nacarat développe également des programmes passifs avec structures en bois avec des parements en bois massif compressé.

³⁵ Ce projet a été différé en 2011 sous la pression de la promotion.

Ces différents avantages attendus compensaient les efforts nettement plus importants à fournir pour obtenir la certification. Avec la nouvelle « fiscalité verte », cette approche s'est depuis généralisée à l'ensemble de la production des promoteurs³⁶.

L'immeuble sera le premier bâtiment résidentiel de la ZAC à obtenir le label BBC-Effinergie. Pour continuer à se démarquer des autres promoteurs, Nacarat travaille désormais sur des programmes passifs et à énergie positive. Les équipes de travail doivent alors être fortement renforcées et structurées, compte tenu de la complexité des solutions à mettre en œuvre. Les architectes doivent être en mesure de faire la synthèse des informations détenues par les différents partenaires.

L'expérience acquise à Boulogne-Billancourt lui confère de bonnes références pour se positionner sur des éco quartiers en périphérie de Paris ou en province. Le travail prenant compte des exigences de développement durable est maintenant acquis par les différents acteurs. Cette approche est devenue indispensable, les collectivités locales le réclament.

Pour conforter son image, Nacarat a demandé la certification NF HQE Logement BBC. Il demandera systématiquement les labels Habitat et environnement de CERQUAL. Dans ce cadre, le groupe s'engage à avoir recours à une AMO environnementale.

7.4.2 Une réflexion plus générale sur la compacité des immeubles de logements

L'épaisseur du bâtiment était une contrainte forte du site et des règles du PLU (immeuble d'angle sur un lot irrégulier). Cependant, cette contrainte a permis au maître d'œuvre d'engager un travail qu'il estime intéressant sur la compacité et son traitement. LAN Architecture travaille actuellement sur une ZAC à maîtrise d'ouvrage privée (Bègles près de Bordeaux) avec une réflexion centrée plus particulièrement sur la compacité variable et la flexibilité d'usage des logements. Les architectes ont notamment conçu de grandes loggias fermées en hiver et complètement ouvertes en été (les panneaux de fermeture étant replié vers l'extérieur) permettant d'optimiser les apports solaires.

7.4.3 Une meilleure valorisation de ce projet dans le cadre de la prochaine RT2012³⁷

S'il avait été évalué en fonction de la prochaine réglementation thermique RT2012, applicable aux permis de construire à partir du 1^{er} janvier 2013, sauf en zone ANRU (dès octobre 2011) ce qui est le cas sur le site étudié, le projet de LAN Architecture aurait vraisemblablement été mieux valorisé, certaines préconisations des BET allant même à l'encontre des principes de cette nouvelle réglementation.

- Valorisation des apports solaires et de l'éclairage naturel : les généreuses surfaces vitrées du projet auraient contribué à la note thermique, alors qu'il avait été demandé de les réduire au seuil admis pour du BBC (16,6 % de la surface habitable). Le maximum acceptable est devenu le plancher admis.
- Prise en compte de la conception bioclimatique et de la compacité.

Le maître d'ouvrage estime cependant que l'isolation par l'extérieur est actuellement davantage compatible avec les exigences de traitement des ponts thermiques de la RT2012 pour obtenir une certification BBC-Effinergie. Si pour l'opération étudiée, en ce qui concerne la façade isolée par l'intérieur, la pose de rupteurs de ponts thermiques a pu compenser les déperditions occasionnées notamment par les coursives pour obtenir le label BBC-Effinergie selon la RT2005, le coefficient linéique rendrait l'obtention de cette certification plus difficile à atteindre dans le cadre de la RT2012³⁸.

Cette évolution renforce l'importance d'une AMO environnementale et de pouvoir s'appuyer sur des BET performants pour trouver des solutions.

³⁶ Voir supra, 3.1.2.

³⁷ Ces différents points sont développés dans l'annexe 8.5.

³⁸ Voir aussi : *Cahiers pratiques du Moniteur des travaux publics n° 5605. RT2012, impacts et solutions innovantes en construction. 29 avril 2011 (cahier détaché n°2, bureau Veritas).*

7.5.1 La gestion de la mixité sociale dans l'îlot V

Bien que la mixité sociale et fonctionnelle soit l'un des axes forts mis en avant par le projet de développement durable sur le nouveau quartier, l'îlot V ne prévoit pas de mélange des différents statuts d'occupation des logements dans le même immeuble³⁹. Les 29 logements sociaux prévus sur l'îlot sont construits dans un immeuble mitoyen, sous maîtrise d'ouvrage du groupe immobilier 3 F. Le bailleur social préfère en effet une gestion individualisée de ces types de logements.

Pourtant, malgré un niveau de prix de vente élevé (7 000 par m² de surface habitable, parking compris), une mixité sociale de fait s'est développée dans l'immeuble :

- Les petits logements se sont vendus le plus facilement, bénéficiant du dispositif de défiscalisation Scellier pour l'investissement locatif. Une partie des logements sera louée à des niveaux de loyers plafonnés (21 € par m² de surface habitable pour du logement neuf, ce qui est un peu inférieur au marché pour de petites surfaces sur la commune).
- Quelques accédants à la propriété ont pu bénéficier de la TVA à taux réduit (5,5 %) du fait de la localisation dans un périmètre de 500 m de la zone ANRU du quartier du Pont de Sèvres (sous condition de plafonds de ressources PLS, sans plafond de prix de vente). Les plafonds de ressources sont suffisamment élevés pour pouvoir supporter le niveau de prix auquel sont vendus les logements. Par ailleurs, la certification BBC-Effinergie permet de bénéficier d'une déduction des intérêts d'emprunt majorée.
- Ce type de programme attire également des acquéreurs familiaux : 4 et 5 pièces. Les duplex ont été rapidement vendus bien que ce soit les logements les plus chers, les grandes terrasses étant très attractives.

Les incidences du cycle de l'immobilier

Le prix de vente du programme a été révisé à la baisse du fait de la conjoncture lors de sa mise en vente. Il était initialement prévu entre 7 500 et 8 000 € par m² de surface habitable avec parking. Le passage de THPE au niveau BBC a été fait quasiment au même niveau du prix du marché (rabais commerciaux consentis, voir supra).

En janvier 2011, un nouveau programme BBC de 92 logements réalisé par un autre promoteur était en cours de commercialisation sur le triangle entre la place de Bir Hakeim et le parc de Billancourt (ancien parc), à 50 m de cette résidence. Le prix moyen y était de l'ordre de 8 500 à 9 000 € par m² avec parking.

7.5.2 Une première expérience d'usufruit social

La difficulté de commercialisation au cours de l'année 2009 a incité le maître d'ouvrage à céder une vingtaine de logements sur les 58 du programme à un bailleur social (RLF). Ce dernier acquiert l'usufruit social de logements à financement PLS⁴⁰. Le nu propriétaire ne finance que 60 % du prix de l'immeuble en TVA réduite (5,5 %) pour un usufruit d'une durée de 15 ans. Cette quotité est limitée à 50 % si l'usufruit porte sur une période de 20 ans. Ces logements étant intégrés dans le décompte des logements sociaux de la ville, le maire y est favorable.

Dans la mesure où ce type de produit s'adresse à des investisseurs et à des gestionnaires de fortune (grandes banques), il est distribué par des réseaux spécialisés et n'est pas proposé par le bureau de vente du programme. Ce type de logements ne rentre pas dans l'assiette d'ISF des nu-propriétaires. L'usufruit rejoint la nue propriété au terme du contrat.

Le contrat avec le bailleur social était au minimum de 10 logements, avec un projet d'écouler 20 logements au total. Le premier seuil était atteint avec 16 réservations acquises en fin mars 2009. En 2010, tous ces logements avaient trouvé preneur. Les logements seront loués à des fonctionnaires dont les ressources n'excèdent pas le plafond PLS (150 % du plafond de ressources pour accéder à un logement locatif social PLUS).

Signant une convention avec l'Etat, le bailleur social a demandé un équilibre dans la typologie des logements réservés en usufruit social : des grands comme des petits logements. Ils sont regroupés dans une seule cage d'escalier pour en faciliter la gestion. L'organisme HLM gestionnaire est soumis au régime de la copropriété durant la durée de l'usufruit.

³⁹ Voir la fiche B3g

⁴⁰ Voir rapport général « Approche transversale », annexe 7. 2007-2010.

RLF a bénéficié de conditions d'acquisition en bloc. Il n'a pas eu recours à des subventions publiques. Seul le prêt PLS a été garanti par la Ville. Cette dernière bénéficie en contrepartie de quatre réservations de logements. Ces logements démembrés sont décomptés dans les logements sociaux au titre de la loi SRU sur la durée de l'usufruit social et pendant les cinq ans suivant son extinction.

Cette forme de mixité sociale comprend quelques limites :

- Elle n'est que temporaire (15 à 20 ans).
- Le problème du relogement à l'issue de la période d'usufruit peut constituer un obstacle à la diffusion de cette forme de mixité sociale. L'usufruitier est en effet tenu de reloger les occupants, sous réserve que les revenus de ces derniers soient encore inférieurs aux plafonds de ressources PLS. Les occupants locataires peuvent toutefois rester dans le logement s'ils acceptent la réévaluation de leur loyer au niveau du marché local.

Malgré ces réserves, cette formule semble intéressante au promoteur : il a trouvé lui-même le bailleur social, les investisseurs ayant été repérés par le réseau spécialisé. Le site de Boulogne est en effet très recherché par les investisseurs institutionnels, de plus l'opération est bien située, près du métro, à proximité du centre ville.

Pour être reproductible, cette expérience doit respecter un certain nombre de conditions : le programme doit être bien localisé, à Paris ou en première couronne, dans des villes importantes, à proximité des transports en commun et des équipements collectifs. Ce type de commercialisation peut concerner les grandes opérations, sans toutefois pouvoir excéder le tiers d'un programme⁴¹. Le produit proposé doit être de bonne qualité, de standing plus élevé que le niveau PLUS, puisque les loyers sont plus chers que dans le parc locatif social aidé. Les loyers sont compris entre les loyers PLUS et les loyers intermédiaires ainsi que ceux du dispositif de défiscalisation SCELLIER (plafonnement des loyers).

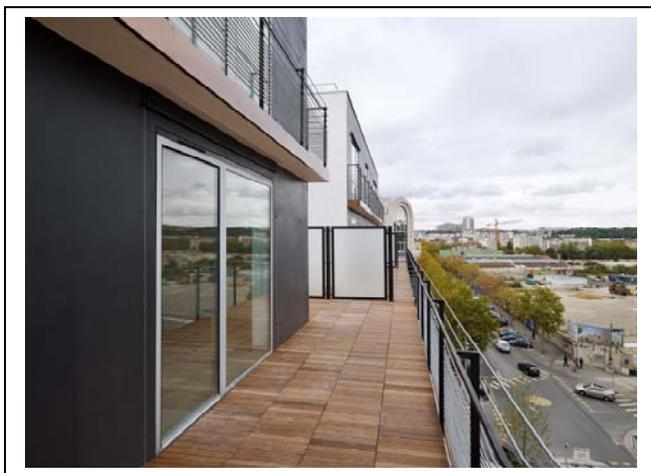
7.5.3 Une tentative de mixité des espaces libres privés

Les concepteurs de la ZAC ont voulu compenser la forte densité globale du projet par l'importance des espaces libres publics et privés. Dans le cas de l'îlot V, la densité est maintenue alors que les espaces libres sont beaucoup plus limités que dans les autres îlots.

Pour pallier la rareté des espaces libres dans cet îlot, la volonté de l'urbaniste coordonnateur du secteur du Trapèze et du paysagiste Thierry Laverne était de préserver une transparence visuelle entre l'allée Robert Doisneau et les espaces verts privatifs des deux immeubles V3b (accession) et V3a (locatif social), en évitant toute clôture entre ces derniers, dans un objectif de mixité des espaces libres.

Les maîtres d'ouvrage des deux immeubles de statut d'occupation différent ont d'un commun accord assuré un traitement homogène de l'ensemble des espaces verts de cœur d'îlot, en prolongement du traitement de l'allée piétonne publique. Ils ont cependant préféré aménager une clôture entre les deux parcelles de façon à préserver l'indépendance de leur gestion. Cette clôture sera rendue invisible par des haies. Chacun « reste chez soi », tout en profitant visuellement d'un espace vert partagé.

Il sera important de suivre comment les habitants du bâtiment V3b s'approprient la densité. Cela d'autant plus que les prolongements des logements vers l'extérieur y sont restreints, ne permettant pas de vivre en dehors de son logement sauf pour les logements en attique disposant de vastes terrasses.



7.1 – Les terrasses en attique
Copyright: Julien Lanoo

⁴¹ A titre d'information, la société PERL a été la première à monter ce type de produit. Elle doit trouver à la fois les bailleurs sociaux et les investisseurs acceptant d'acquérir des biens en nue-propriété. Cependant certains grands bailleurs sociaux ne passent pas par cette filière, la durée du conventionnement étant trop brève et les prix de vente pratiqués étant jugés trop élevés.

8.1 LA METHODE D'APPROCHE DE LA RECHERCHE

Le suivi du projet a été réalisé en croisant approche qualitative et méthode quantitative :

- des entretiens avec la SAEM, le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, et, pour ce qui concerne les études thermiques et la certification de la performance énergétiques, avec le BET thermique COTEC et l'AMO environnementale (LEAU, Jean Lattanzio) ;
- une visite de chantier avec entretien complémentaire avec l'entreprise Eiffage-Construction a permis de préciser les options retenues pour atteindre l'objectif du label BBC ;
- le dossier de permis de construire et ses pièces annexes ont été dépouillés au service foncier de la mairie ;
- l'étude des plans et du dossier marché, ainsi que l'exploitation du DQE (devis quantitatif estimatif) et des avenants en cours de finalisation du dossier marché et de construction ;
- Le COSTIC a été spécifiquement chargé de l'analyse et l'évaluation des études thermiques produites pour ce bâtiment (voir rapport intermédiaire spécifique du COSTIC).

Le dossier marché et ses pièces annexes (études thermiques du COTEC, analyses complémentaires de l'AMO environnemental LEAU), permettent déjà de suivre l'évolution des caractéristiques techniques du bâtiment entre l'appel d'offres pour le marché de travaux, sur la base d'un objectif contractuel de certification THPE (CCTP initial) à la modification du CCTP et du DQE pour atteindre la certification BBC (modifications apportées, en plus et moins value) avant l'engagement des travaux. Une étude thermique réalisée après la signature du marché de travaux par ATPS sur demande de l'entreprise générale chargée du chantier a débouché sur des améliorations du projet.

Les travaux ayant commencé en janvier 2010, le gros œuvre est en cours d'achèvement en fin décembre 2010. Les avenants principaux sont maintenant connus.

Les analyses relatives aux caractéristiques thermiques du bâtiment et aux performances énergétiques souhaitées sont développées par le COSTIC (Voir en annexe du rapport intermédiaire général).

Une fiche de synthèse rassemblant les principales données et plans ou coupes complète cette monographie.

Bâtiment V3b

Personnalités ayant contribué à la recherche :

Maître d'ouvrage : NACARAT, promoteur (SCCV LA TRAVERSE DE BOULOGNE sous gérance)

Monsieur Alain Lagon, Directeur d'agence, région Ile de France.

Monsieur Lionel Guibert, Directeur de programmes.

Monsieur Antonio Polimeni, Directeur technique.

LAN ARCHITECTURE, maîtrise d'œuvre (Umberto Napolitano)

Sebastian Niemann, chef de projet.

BET : COTEC. Monsieur Mootosamy.

AMO environnementale : Jean Lattanzio (LEAU) et M. Rousseau..

Entreprise Eiffage-Construction : Monsieur Fezans

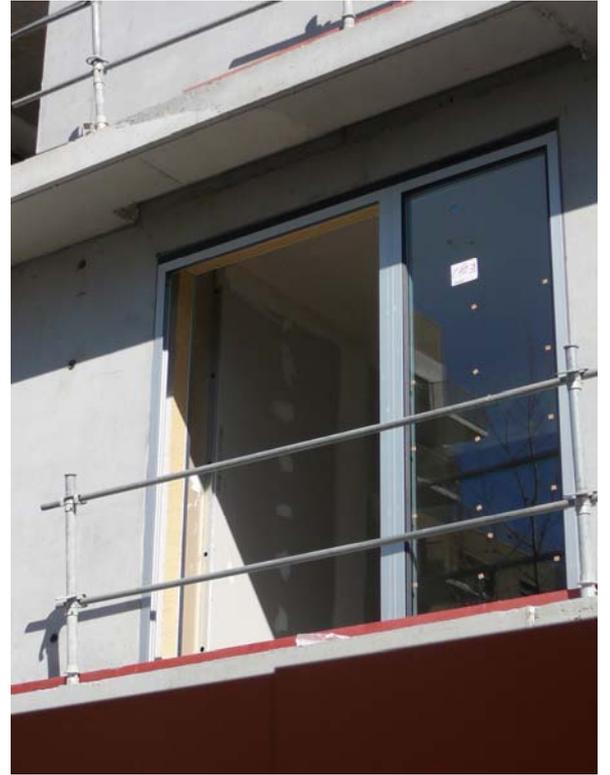
8.2 LISTE DES PRINCIPAUX SIGLES UTILISES

- AFL : Association Foncière Logement.
AFUL : Association foncière urbaine libre.
AG : assemblée générale.
APL : aide personnalisée au logement.
APS : avant projet sommaire.

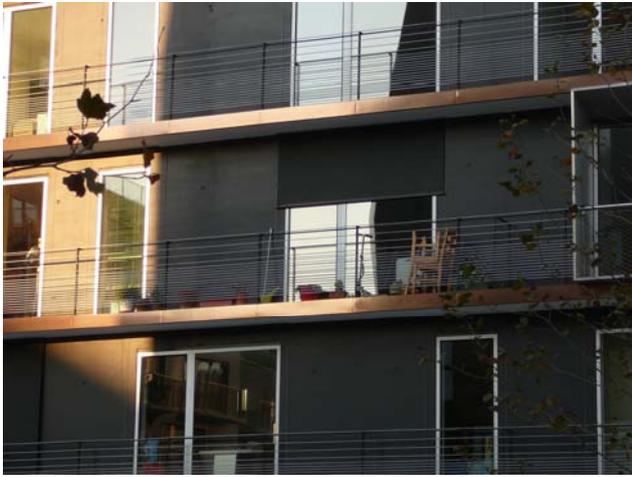
APD :	avant projet détaillé
BBC :	bâtiment basse consommation.
CCCT :	cahier des charges de cession de terrains
CCTP :	cahier des clauses techniques particulières (lots techniques).
Cep :	consommation d'énergie primaire.
CPTE	cahier des prescriptions techniques et environnementales
CPPI :	cahier des prescriptions des programmes immobiliers.
CPAUP :	cahier des prescriptions architecturales, urbanistiques et paysagères.
DCE :	dossier de consultation des entreprises.
DQE :	devis quantitatif estimatif.
ECS :	eau chaude sanitaire
EnR :	énergies renouvelables
Ep :	énergie primaire
H&E :	Habitat et environnement.
HPE :	haute performance énergétique (Cep ref – 10 %).
ISF :	impôt de solidarité sur la fortune.
PLH :	Programme local de l'habitat
PLU :	Plan local d'urbanisme
GPSO :	Communauté d'agglomération Grand Paris Sud Ouest.
RT :	réglementation thermique (2005, 2012).
SHON :	surface hors oeuvre nette
SEDI	Système d'échanges de données informatisées (outil de suivi de la SAEM Val de Seine Aménagement).
SRU :	(loi) solidarité et renouvellement urbains.
THPE :	très haute performance énergétique (Cep ref -20 %).
VEFA :	vente en l'état futur d'achèvement



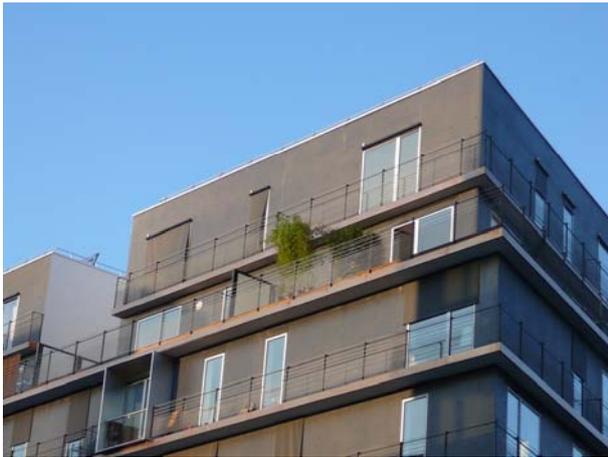
8.3.1 - Façade est et raccordement à l'immeuble V3a



8.3.2 – Pose des profilés (mars 2011)



8.3.3 – L'occupation des coursives (novembre 2011)



8.3.4 – Coursives et terrasses (novembre 2011)



8.3.5 – La cour et la clôture de séparation avec V3a

Photos GERU

8.3 LA CONCEPTION DE L'IMMEUBLE

Les arguments donnés par le concepteur dans la plaquette de présentation du concours sont ainsi les suivants :

*Le langage souhaité pour les façades des rues Yves Kermen et Emile Zola est de dessiner un immeuble d'angle, affirmer une « élégance discrète », créer une animation, **rythmer les façades** par des épisodes, rendre la masse légère. Le projet propose un bâtiment sur rue au dessin simple et lisible.*

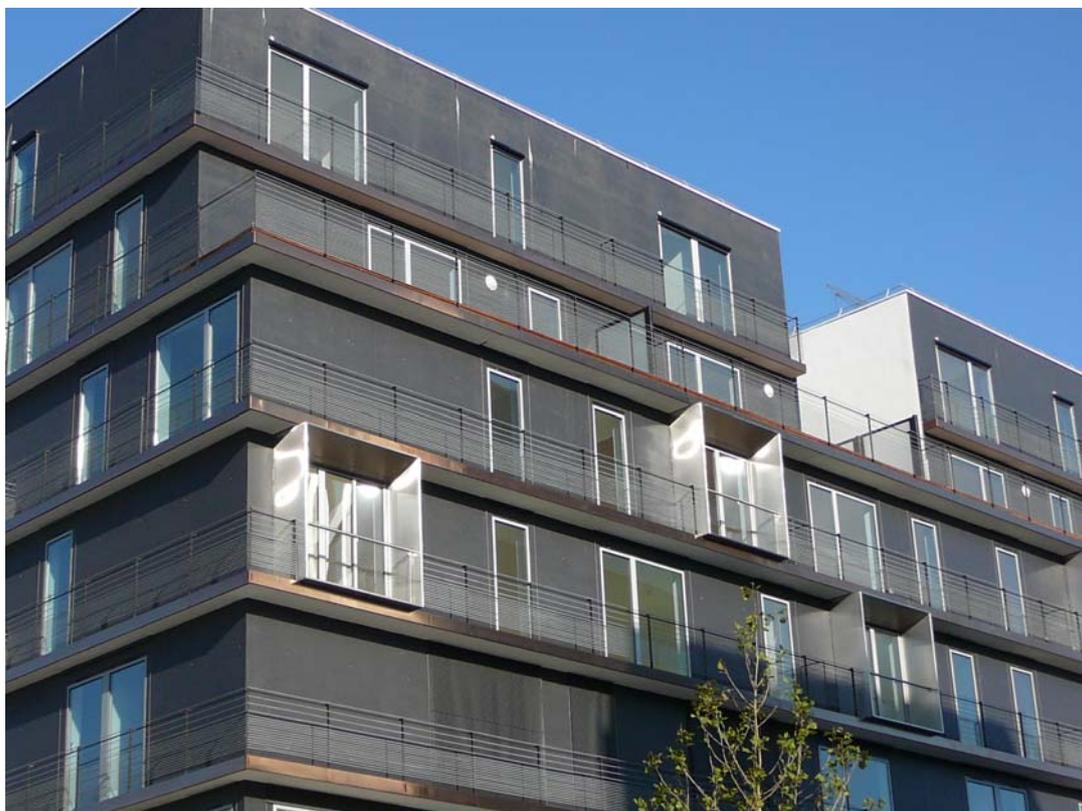
*Les façades exposées respectivement au Sud et à l'Est (voire à l'Ouest) sont pourvues de nombreuses et larges ouvertures, prolongeant l'intérieur des logements **vers les coursives filantes le long du bâtiment**. De larges balcons viennent s'intercaler dans ce linéaire, en saillie par rapport aux coursives.*

Les éléments sortants (boîtes en aluminium encadrant les fenêtres donnant sur les balcons plus profonds) et les bandes filantes entre les étages donnent à la construction un effet de bloc effilé sur les rues Yves Kermen et Emile Zola.

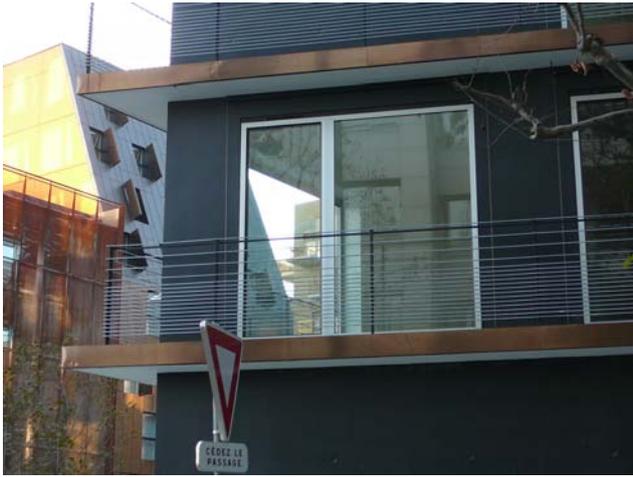
Le bâtiment remplit son rôle « d'angle » d'îlot et crée ainsi une séparation nette avec les bâtiments environnants.

Le langage choisi pour la cour et la Grande traverse traduit l'intention de réverbérer la lumière, d'amplifier par la réflexion la présence du végétal, et de favoriser une ambiance calme et sereine.

Voir fiche V3b.2 – situation



8.3.6 – Jeux de lumière sur les boîtes en aluminium et le cuivre des coursives qui rythment la façade
Photo GERU (novembre 2011)



8.3.7 - Traitement des balcons



8.3.8 - Prototype pour le choix des lasures de la façade rue (décembre 2010).



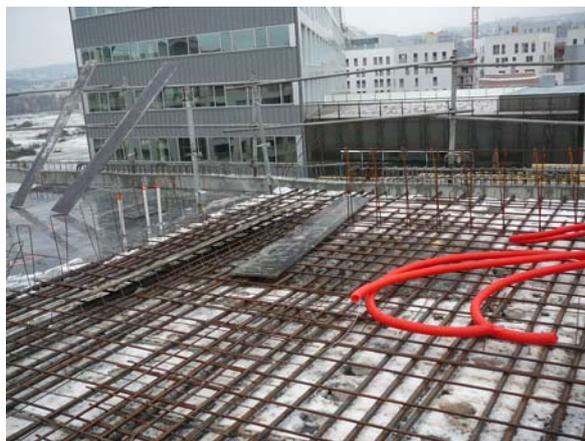
8.3.9 - Les coursives, façade sur rue et béton à lasurer (décembre 2010)



8.3.10 – Traitement des raccords avec V3a

Photos GERU

8.3.12- Toiture (photo de droite)



8.3.11 - Vue depuis l'allée Robert Doisneau sur la cour intérieure, immeuble en U.
Distance des façades : 5 m.

8.3.13 - Isolant extérieur 14 cm finition RPE (3 types)
STO therm minéral 2. Façade sur cour.



8.3.14 - Menuiserie extérieure : le profilé initialement prévu



8.3.15- Profilé proposé par Eiffage-Construction
Bois-aluminium $U_w 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} / h=2,28 \text{ m}$

Rupteur de pont thermique

Plaque coupe feu (sur le dessus du rupteur)

ferrailages

Pose :
flèche à orienter vers l'intérieur du bâti

Butons de compression



8.3.16 - Pose de rupteurs de ponts thermiques le long des coursives

Après la pose du doublage intérieur les rupteurs de ponts thermiques ne seront plus visibles

Rupteur de pont thermique

coursive

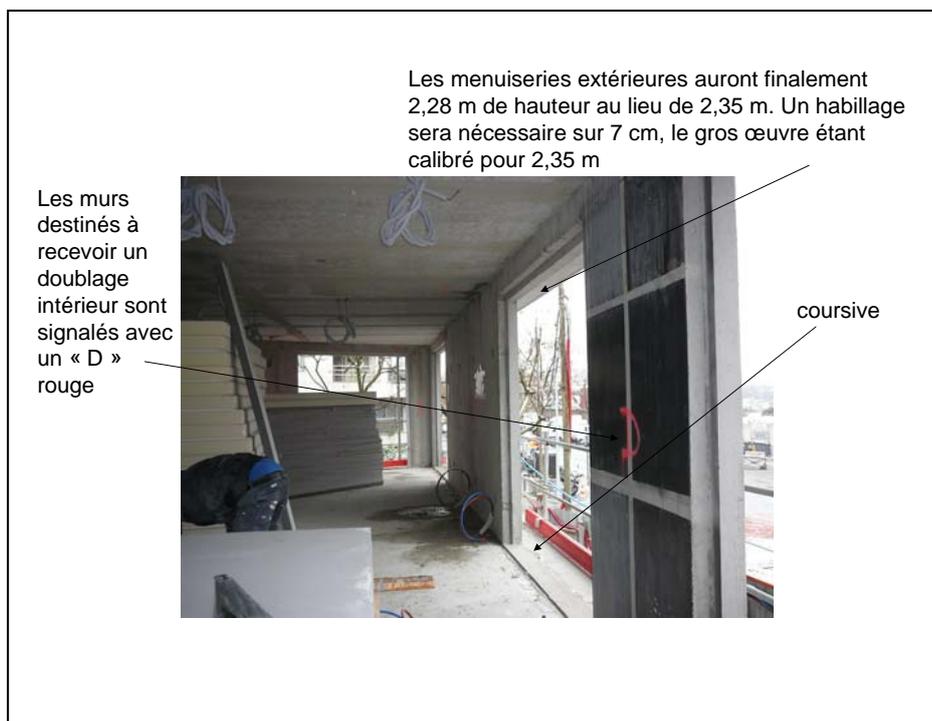
Isolation par l'intérieur



8.3.17 - Les rupteurs de ponts thermiques tout au long des coursives.



8.3.18 - Doublages d'isolation par l'intérieur



8.3.19 - Mise en œuvre de l'isolation par l'intérieur après la pose des rupteurs de ponts thermiques

Photos du chantier GERU : visite avec Eiffage Construction, 7 décembre 2010

8.4 COMPLEMENTS D'ANALYSE ECONOMIQUE DU PROJET

8.4.1 Un choix de compléments de travaux nécessaire

Le COSTIC a analysé les deux études thermiques du COTEC et celle réalisée par ATPS sur demande d'Eiffage-Construction à la suite des options prises.

Voir note du COSTIC en annexe 8.5.

Plusieurs observations sont faites :

Même si la SHON est équivalente, les surfaces déperditives prises en compte par les deux études varient très sensiblement, sans pouvoir en expliquer les causes par défaut de notes détaillées sur l'étude COTEC. Ainsi, les différences sur les parois verticales sont de l'ordre de 36 %, celle relative aux toitures terrasses excède 40 %. Le total des surfaces déperditives accuse une différence de 33%, les surfaces ATPS étant nettement en dessous des estimations du BET COTEC.

Pourtant, malgré des écarts importants dans les surfaces déperditives, les déperditions estimées par les deux études sont voisines. Le COSTIC montre que si les surfaces ATPS sont plus faibles, l'Ubât est plus important (0,771 W/m².K contre 0,65 W/m².K).

Les consommations prévisionnelles Cep sont donc très proches : respectivement 62,39 kWh/m² (COTEC) pour 61 kWh/m² estimés par ATPS. Dans les deux cas, les consommations prévisionnelles sont inférieures à celles exigées par la certification BBC Effinergie (65 kWh/m²).

L'analyse de l'étude ATPS montre que les consommations ont été estimées sur la base de la pose de rupteurs thermiques (valeur du Psi de 0,15 W/m.K). Cette étude thermique prend pour base 820 ml concernés.

Une simulation du COSTIC montre que, sans la pose de rupteurs de ponts thermiques, donc sur la base d'un Psi de 0,99 W/m.K, et en prenant en compte le même linéaire de 829 m, les besoins énergétiques supplémentaires seraient estimés à 713 kWh par an et par logement, soit un surcoût d'énergie de 43 € par logement et par an par rapport à la pose de rupteur de pont thermique (sur la base des hypothèses retenues). De plus, la surconsommation rapportée à la surface serait de l'ordre de 9 kWh/m².an. Ceci signifie que la Cep en résultant atteindrait 70 kWh/m².an dépassant largement le seuil d'exigence du Label BBC.

Ces estimations devraient cependant être confortées par un nouveau calcul RT2005 effectué sans rupteurs de ponts thermiques toutes choses étant égales par ailleurs.

Enfin, cette analyse du COSTIC montre que trois postes de pertes de l'enveloppe sont particulièrement importants : les menuiseries extérieures, les ponts thermiques et l'air neuf (ventilation).

C'est donc sur ces trois postes que devraient se concentrer les efforts d'amélioration de la performance énergétiques des bâtiments, renvoyant sur leur mise en œuvre et sur les procédures d'autocontrôle à respecter pour sécuriser les résultats.

Dans l'hypothèse complémentaire où 430 ml de rupteurs de ponts thermiques sont posés au lieu des 820 ml pris en compte par l'étude thermique ATPS, le surplus de Cep serait de l'ordre de 4 à 5 kWh/m².an, atteignant juste le niveau requis pour la certification BBC. On est bien dans la logique du «juste nécessaire ». La marge d'erreur est alors faible et nécessite une mise en œuvre contrôlée.

8.4.2 La méthode d'analyse des prix

Méthode d'estimation des coûts «Logement »

Parmi l'ensemble des coûts, seuls les postes relatifs aux logements ont été retenues, en distinguant les coûts d'infrastructure (répartis au prorata des places de parking) et les coûts de superstructure.

L'entreprise, qui a répondu sur les appels d'offre des deux bâtiments V3b et V3a, a proposé pour chacun un prix tenant compte d'éventuels effet d'échelle.

AVERTISSEMENT : le coût total est celui acquitté par le maître d'ouvrage.

La ventilation des coûts par corps de métier est moins fiable puisque les entreprises générales répartissent leurs coûts selon les lots en chargeant les postes installation de chantier et de gros œuvre pour améliorer la trésorerie du chantier.

Les décompositions par postes détaillées ont néanmoins été maintenues à titre d'ordre de grandeur. Ces estimations peuvent cependant être biaisées par l'imputation globale de rabais commerciaux sur certains postes.

Les coûts d'infrastructure (parkings) et de fondations spéciales, ainsi que ceux imputables au aménagement des espaces extérieurs ont été isolés dans des postes séparés.

En effet, les coûts d'infrastructure dépendent fortement du nombre de niveaux de sous-sol, qui, en raison de la proximité de la nappe phréatique, peuvent sensiblement varier si on les rapporte au m². Le programme a subi d'importants surcoûts (non intégrés dans l'estimation) du fait du rabattement de la nappe nécessitée par la construction de trois niveaux de sous-sol, de travaux de cuvelage. Ces difficultés n'ont pas été rencontrées pour le bâtiment V3a qui se limite à deux niveaux de sous-sol.

8.4.3 Evaluation des surcoûts générés par le dépassement de la RT2005

Dans l'explication de la méthodologie⁴² nous avons signalé la difficulté d'isoler les surcoûts des dispositifs mis en œuvre qui permettent d'améliorer les performances énergétiques au-delà des exigences de la RT2005 (ici THPE puis BBC), tant les facteurs sont multiples et imbriqués.

Pour ce qui concerne par exemple l'isolation thermique, tous les bâtiments pour atteindre le niveau de performance exigé par la RT2005 doivent respecter une isolation thermique minimale et prévoir une ventilation simple flux hygroréglable classe A (parfois classe B). L'estimation de ce surcoût est indicative. Lorsqu'une prestation est assurée qui va au-delà de la RT2005, une estimation du montant nécessaire pour respecter la RT2005 de base est déduite.

Il ne s'agit là que d'une estimation par défaut. En effet, pour mesurer les surcoûts réels, il aurait fallu chiffrer les marchés pour tous les corps de métier, selon les différents niveaux de performance : RT2005, THPE, BBC.

Ces réserves étant faites, pour pouvoir interpréter les résultats, ce surcoût concernerait ainsi les principaux postes suivants:

1 - Un renforcement de l'isolation thermique de l'enveloppe :

- L'isolation par l'intérieur représente la référence minimale pour satisfaire aux exigences de la RT2005 : on peut en estimer le coût par m² de surface de paroi. Ce coût dans l'exemple du lot V3b comprend le ragréage du béton + la lasure + l'isolant intérieur (compris pour ce dernier dans le lot cloisons-doublage). L'isolation par l'intérieur demande dans ce cas un bon ragréage de la face extérieure du béton qui ne supportera qu'une simple lasure⁴³. Il faut de plus un béton fin avec le moins de gravier possible, ce qui demande un dosage adapté des matériaux du béton. Ce coût représente, pour cette opération, 60 € HT par m² de paroi.
- L'effet THPE peut s'apprécier par le supplément de coût, par référence à une isolation par l'intérieur, pour la surface des parois qui supporte une isolation par l'extérieur. Il est nécessaire de travailler sur plusieurs registres : sur la nature de l'isolant, sur son épaisseur, sur sa résistance. Dans le cas du lot V3b, qui utilise un isolant avec RPE, la finition de l'isolation par l'extérieur consiste en un enduit projeté sur le matériau isolant, plus souple que le béton. Il a l'aspect d'un enduit fini, avec l'avantage d'une relative souplesse et une plus grande durabilité. L'isolant est bien protégé.
- L'effet du passage du niveau THPE à BBC dans ce cas, s'apprécie par le supplément à prévoir par rapport au stade antérieur : davantage de surface couverte par l'isolation par l'extérieur, accroissement de 12 à 14 cm de l'épaisseur de cette isolation (poste ravalement, majoration de 10 € par m² soit + 4 700 € HT). L'isolation par l'extérieur demande comme pour l'isolation par l'intérieur un bon ragréage de la paroi intérieure du logement (enduit et ponçage pour lisser la paroi, lui donner un bon aspect).
- Tous les immeubles ont une isolation de la sous face du plancher bas du rez-de-chaussée : le surcoût pour une amélioration de la performance doit ne prendre en compte que le renforcement de cette isolation de base.
- La toiture terrasse était traitée dans le projet du concours par une végétalisation qui devait permettre d'améliorer l'isolation thermique de l'enveloppe tout en favorisant une récupération des eaux de pluies pour l'arrosage du jardin collectif. Cependant, en fait, la toiture végétalisée n'apporte qu'une protection de confort d'été, n'ayant qu'une faible incidence sur l'isolation thermique. Pour passer en BBC, des panneaux solaires thermiques se substituent aux toitures végétalisées.

⁴² Voir : Rapport général « Approche transversale », 7.1.2.

⁴³ Relativement transparente, la lasure laisse apparaître le grain et les défauts du béton.

2 - Le choix des menuiseries extérieures et des occultations :

- Les menuiseries extérieures en aluminium comprennent toutes aujourd'hui des rupteurs de ponts thermiques. Elles peuvent être utilisées en RT2005. Le renforcement de l'isolation thermique se traduit dans le programme V3b par leur remplacement par des menuiseries mixtes bois/aluminium plus performantes thermiquement. L'imputation du différentiel des coûts a été estimée de la manière suivante :

Etape 1 : calcul du différentiel de coût pour les mêmes cotes des profils entre aluminium (initial) et bois-aluminium. On peut déjà constater que les performances thermiques sont meilleures pour un coût moins important.

Etape 2 : réduction des surfaces de vitrage pour gagner sur les déperditions thermiques. Pour préserver l'image architecturale du projet, cette réduction a été moins importante qu'elle ne l'était préconisée dans les études thermiques. La part de surface vitrée dans la surface habitable devrait tendre vers un maximum de 16,7 % pour valider le label BBC. La réduction de la surface vitrée a été limitée à 23 % de la surface habitable. Par ailleurs, les châssis coulissants ont été remplacés par des ouvrants à la française.

Etape 3 : déduction d'un coût de menuiseries extérieures de base. Une première méthode a consisté à partir d'une source extérieure issue d'exemples de cas d'opérations réalisées par le GERU en RT2000 ou RT2005 sans label (soit 30 € HT par m² de SHON, soit, pour cette opération : 133 k€ HT). Une seconde méthode plus fine a consisté à prendre en compte les menuiseries extérieures d'une opération de la ZAC pour un niveau RT2005 : soit 330 € par m² de paroi vitrée (soit pour cette opération : 240 k€ HT). La dernière solution a paru plus fiable.

- Le remplacement des volets coulissants par des volets roulants se révèle efficace du point de vue des gains thermiques :
 - Les volets coulissants prévus lors du concours étaient en acier à lamelle. Ils étaient prévus de couleur blanche pour se fondre dans la façade. Une « niche » (renforcement) était prévue latéralement par rapport aux fenêtres en position ouverte. L'épaisseur de l'isolant thermique derrière le volet coulissant était à cet effet réduit de 12 à 8 cm, pour ménager un espace suffisant, l'épaisseur du volet coulissant étant elle-même de 4 cm. Ce type de volet est esthétique, il permet une animation des façades sur cour, tout en apportant un confort d'usage : les volets peuvent coulisser partiellement pour atténuer la proximité des vis-à-vis sans faire perdre de luminosité dans la pièce. Ils présentent cependant plusieurs inconvénients : ils n'assurent aucune isolation thermique, ils peuvent être par ailleurs difficiles à ouvrir et à fermer, ils se dérèglent enfin plus facilement que des volets roulants. La RT2005 n'oblige pas à réaliser des volets roulants.
 - Les volets roulants en PVC ont en revanche de bien meilleures performances thermiques que les volets coulissants. Certains volets en aluminium sont montés avec couche de mousse isolante dans chaque lamelle. Très efficaces, ils sont cependant onéreux. Ils sont en général à commande électrique. Dans le cas de ce bâtiment, ils sont placés au droit des vitres. L'isolant thermique des parois a été renforcé, passant de 12 cm à 14 cm. Après étude thermique, Eiffage-Construction a renforcé l'isolation des coffres à volets roulants, qui sont le point faible de l'isolation de cette paroi.

3 - Une amélioration du rendement du réseau de chaleur

Le chauffage de l'immeuble est assuré par la société IDEX, concessionnaire du réseau de chaleur (par délégation de service public en 2005). Ce distributeur d'énergie va prochainement remplacer la part du gaz prévue pour l'alimentation de ce réseau par la géothermie superficielle (35 % de l'énergie distribuée). Le branchement à un réseau de chaleur n'induit pas de surcoût particulier par rapport à un logement se limitant à la RT2005.

Voir : ANNEXE 8.5 - Rapport du COSTIC. Analyse des consommations prévisionnelles de projets exemplaires.

En revanche, les panneaux solaires thermiques peuvent être pris en compte dans l'évaluation des surcoûts. On notera que l'étude de l'AMO propose de majorer leur importance à concurrence de 82 m² pour contribuer à atteindre l'objectif BBC pour une hypothèse de 75 m² suffisants pour le label THPE (soit 1,4 m² par logement au lieu de 1,3). Néanmoins ces panneaux étant fournis par le distributeur de chaleur, seuls les supports de panneaux solaires et le dispositif de stockage de l'ECS seront chiffrés au titre de ces surcoûts (mixte solaire- réseau de chaleur). Le dispositif de réchauffage de l'ECS par des panneaux solaires est combiné avec l'apport du réseau de chaleur.

Cependant, comme le confirme le COSTIC, ces panneaux solaires, prévus avant cette évolution, deviendront inutiles dès l'introduction de la géothermie partielle dans le réseau de chaleur.

La ventilation VMC (hygroréglable de type B) relève de la RT2005 comme du BBC. Il n'était plus possible de transformer les logements pour y installer une ventilation double flux (voir supra).

Nous avons pris comme base de coût RT2005 celui estimé pour l'opération B3g soit environ 480 € HT par logement (hygroréglable de type A).

	V3b AO THPE/BBC	V3b marché BBC
Isolation thermique	61	63
dont > RT2005	32	33
Menuiseries extérieures	104	91
dont > RT2005	50	38
Volets sur cour	19	17
dont > RT2005	19	11
Stores intérieurs	17	31
dont > RT2005	17	17
VMC Hygro B	15	15
dont > RT2005	2	2
Panneaux solaires	11	11
dont > RT2005	10	10
Chauffage et compteurs	87	89
dont > RT2005	3	3
Rupteurs de ponts thermiques	0	15
dont > RT2005	0	15

Tableau 8.3.3 – Détails de l'évolution des coûts des principaux composants ayant une incidence sur la performance énergétique de l'opération V3b.

En € 2009 HT par m² de SHON.

Rappel du calcul par différentiel : isolation thermique = coût de l'isolation par l'intérieur + coût de l'isolation par l'extérieur, ce dernier décomposé en deux sous ensembles : l'équivalent du coût d'une isolation par l'intérieur (minimum RT2005) et le supplément de coût qui représente la part au-delà du minimum RT2005.

Le coût estimé AO THPE/BBC : reconstitution du prix au niveau DCE (appel d'offres) après réintégration des éléments supprimés et suppression des éléments substitués sur la base des unités et des prix unitaires du DQE (isolation et menuiseries extérieures).

Le prix « marché » est celui signé après les modifications apportées après négociation.

8.5 RAPPORT DU COSTIC : ANALYSE DES CONSOMMATIONS PREVISIONNELLES V3B

INSERER LE RAPPORT DU COSTIC DANS SA MISE EN PAGE A CETTE PLACE

