

Deux immeubles de loge conçus par



Début 2015, la ZAC Clichy-Batignolles, dans le XVII^{ème} arrondissement de Paris, a vu s'ériger deux immeubles de logements sociaux niveau passif. Un chantier exemplaire aux nombreuses contraintes et exigences.

« **L**a ZAC Clichy-Batignolles se veut un éco-quartier disposant des équipements les plus performants possibles, pose Nathalie Tchang, directrice du bureau d'études Tribu Energie, chargé de la maîtrise d'œuvre de ce projet. À Paris, chaque parcelle de terrain est très précieuse car très rare ! L'aménageur a accepté de vendre ses parcelles mais sous certaines conditions : dans l'acte de vente, les futurs maîtres d'ouvrage s'engageaient à respecter des performances énergétiques beaucoup plus élevées que les exigences réglementaires nationales. » La première question qui s'est posée au duo bureau d'études/architectes (Antonini-Darmon) a été de savoir s'il fallait concevoir une barre de 50 logements ou plutôt deux plots de 23 et 27 logements. C'est la seconde option qui a été retenue et qui a sans doute fait la différence au moment de remporter le concours. « L'architecture est de loin le premier critère décisif dans ce genre de projet », souligne Nathalie Tchang. Et pourtant, bien d'autres éléments rendent ce chantier exemplaire dans son utilisation de solutions innovantes et performantes.

Le chantier de construction s'est déroulé d'août 2012 à janvier 2015. L'opération visait – et a atteint – un triple objectif de performance : labellisation BBC Effinergie via une certification Habitat et Environnement, option Performance, délivrée par Cerqual (voir encadré) ; respect du Plan Climat de la Ville de Paris (50 kWh/m².an sans modulation géographique) ; respect du Cahier des Prescriptions Environnementales et de Dévelop-

pement durable (CPEDD) de la ZAC de Clichy-Batignolles.

Systèmes performants et financièrement justifiés

Afin de répondre à ces exigences, c'est une réflexion globale qui a été conjointement menée, en misant sur l'addition de plusieurs facteurs d'optimisation : réduction des besoins par une isolation et une étanchéité à l'air poussées, limitation des

Habitat et Environnement : une certification haute performance

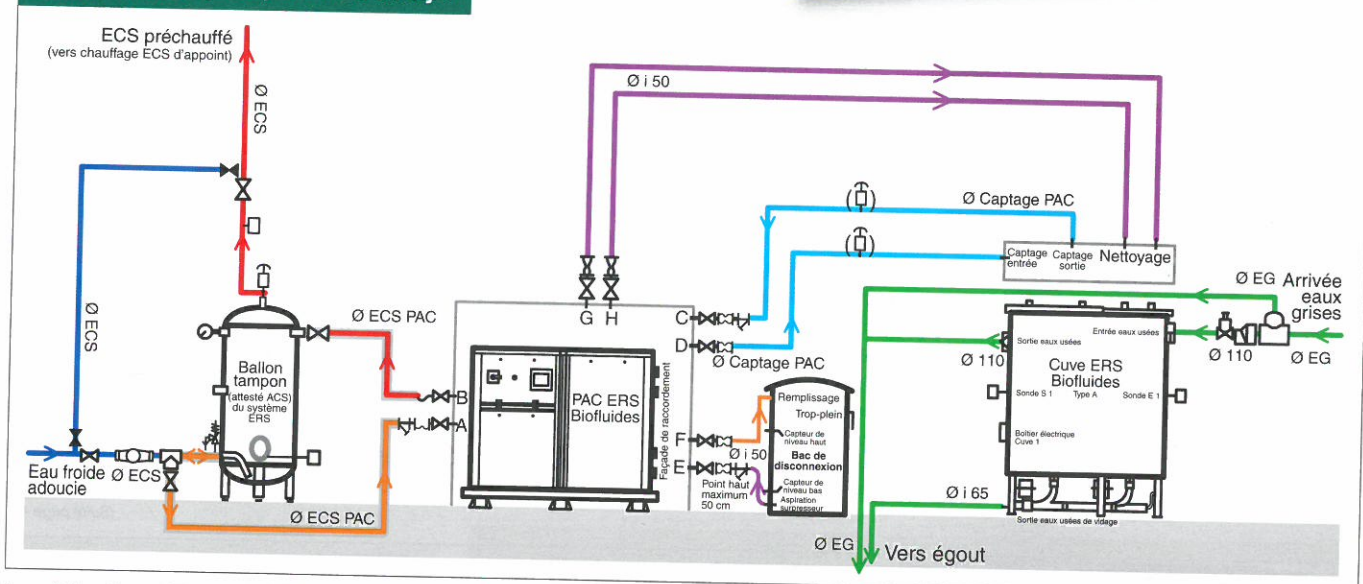
Cette opération était soumise à la RT 2005 et a fait l'objet d'une labellisation BBC Effinergie. C'est l'option « Performance » de la certification Habitat et Environnement, correspondant à l'échelle la plus haute en termes d'ambitions, qui a été choisie. Les sept thèmes du référentiel sont obligatoires : Management environnemental, Chantier propre, Energie/réduction de l'effet de serre, Filière constructive/choix des matériaux, Eau, Confort et santé, Gestes verts. En parallèle, chaque logement de l'opération doit obtenir des notes minimales sur différentes rubriques : acoustique, choix des matériaux, confort visuel, économies d'eau, consommations électriques... Sur cette opération, certaines exigences ont été obtenues avec une marge conséquente :

- niveau BBC Effinergie : Cep \approx 38 kWh/m².an (avec seulement 12 kWh/m².an de photovoltaïque déduits), pour une exigence à 65 kWh/m².an ;
- étanchéité à l'air à 0,35 m³/h.m², pour une exigence BBC Effinergie à 1 m³/h.m² sous 4 Pa.

ments niveau passif Tribu Energie

Cette réalisation a concouru aux Trophées de l'Ingénierie Performante CFP-ICO 2015. Elle n'a finalement pas été retenue dans le dernier carré des lauréats, ce qui n'enlève rien aux mérites de cette réalisation exemplaire.

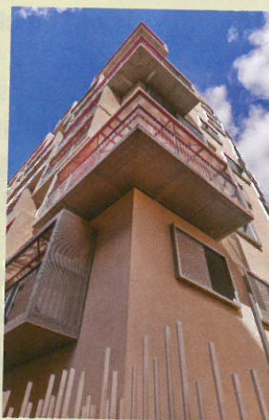
Schéma hydraulique équivalent à Clichy 1



Crédit : Biofluides Environnement

Le préchauffage de l'eau chaude sanitaire est effectué par la récupération thermodynamique de chaleur sur les eaux usées : le système ERS (Energy Recycling System). Le complément se fait par le réseau de chaleur.

Crédit photo : Antonini-Darmon



Parmi les exigences de résultat imposées par l'aménageur, l'objectif de consommation de 35 kW/m².an, pour les deux usages de chauffage et d'ECS réunis, a été atteint. Les balcons sont constitués de planchers collaborants insérés à la structure cœur de béton. Les fixations sont effectuées par accroches ponctuelles de manière à limiter les ponts thermiques.



ponts thermiques, traitement bioclimatique pour le confort d'été et compensation des consommations par des énergies renouvelables (ici du photovoltaïque). «C'est la qualité environnementale de l'ensemble du bâtiment qui a été étudiée, précise Nathalie Tchang, en prenant en compte les économies d'eau, le traitement des déchets, la qualité sanitaire de l'air et des matériaux, la végétalisation des espaces...» Tout en mettant en œuvre des systèmes ultra-performants mais financièrement justifiés. «Nous avons eu la chance d'avoir un maître d'ouvrage qui a su nous faire confiance et mettre les moyens pour qu'on lui fournisse un bâtiment de qualité. Il nous a toujours soutenus dans nos décisions techniques, y compris face à l'aménageur qui imposait certaines obligations avec lesquelles nous n'étions pas forcément d'accord.» Typiquement le photovoltaïque, la ventilation double-flux et le raccordement au réseau de chauffage urbain, ou encore l'interdiction du solaire thermique. Des exigences de moyens, donc, en plus des exigences de résultat. Tribu Energie a ainsi développé trois principales solutions de conception : la double isolation intérieur/exté-

rieur, la récupération thermodynamique de la chaleur sur les eaux usées, et la conception optimisée du réseau de bouclage ECS.

Isolation répartie

Peu courant en France, notamment pour des questions de coût, le concept de double isolation intérieur/extérieur présente pourtant un certain nombre d'avantages. Le premier est le traitement des ponts thermiques de plancher intermédiaire – grâce à l'isolation extérieure – mais aussi de plancher bas – grâce à l'isolation intérieure combinée à l'isolation sous chape – et de plancher haut (retour sur acrotère par l'isolant extérieur). «Ce concept permet également d'atteindre un coefficient de transmission thermique (Up) exceptionnel, sans avoir recours à des épaisseurs trop importantes de chaque côté, commente Nathalie Tchang. Si tout l'isolant avait été extérieur, une épaisseur de 25 centimètres aurait été nécessaire, sortant ainsi des épaisseurs traditionnelles maîtrisées par les entreprises.» Par rapport à une isolation extérieure seule, ce concept permet de maîtriser les surcoûts. «Le traitement traditionnel de l'électricité dans le doublage intérieur est réalisable avec

Frédéric Cosquer, responsable Energie ICF Habitat La Sablière «Maîtriser les charges locatives»

«Le choix des systèmes a été fait en essayant d'avoir une maîtrise des charges locatives. Il nous fallait des équipements dont on sait qu'ils permettent d'obtenir de bons résultats sans alourdir la facture énergétique des locataires mais qui soient également simples à exploiter, sans surcoût de maintenance, et ne représentant aucune gêne pour les occupants. Nous travaillons de plus en plus sur les énergies fatales des bâtiments, comme l'air extrait de la ventilation des logements ou les fumées des chaudières, l'avantage étant que la température du fluide qui est récupéré est constante tout au long de l'année. Aujourd'hui nous travaillons plutôt sur des systèmes de couplage de mini-cogénération qui produit une électricité auto-consommée par une pompe à chaleur : cela nous permet de nous affranchir de l'électricité dont les tarifs déjà élevés vont fluctuer à la hausse dans les années à venir.»

cette technique. Il aurait de toute façon fallu le faire avec, par exemple, un parement plâtre.» La pose de l'isolant intérieur ne représente pas de surcoût. «Seul le matériau de doublage isolant introduit un très léger surcoût.»

La mise en œuvre de cette technique nécessite toutefois de s'assurer que les problématiques de migration de vapeur d'eau soient correctement traitées et que l'humidité éventuellement contenue dans le béton ne soit pas condamnée à rester bloquée à l'intérieur de la paroi. Pour ce faire, Tribu Energie a utilisé le logiciel Wufi. «Les résultats montrent que, malgré

la présence d'isolants à l'intérieur et à l'extérieur du béton, la teneur en eau du béton et de la paroi est sur une pente déclinante très légère : la paroi s'assèche très doucement mais ne retient pas ni ne confine la vapeur d'eau.» Ce résultat a donc permis de confirmer la présence de pare-vapeur et les enduits hydrauliques initialement prévus.

Récupération de chaleur sur les eaux usées

«Le système de récupération de chaleur sur les eaux usées est le premier que nous proposons en maîtrise d'œuvre mais nous

(Suite page 46)



Le système de récupération de chaleur sur eaux usées (ERS) est composé d'une cuve d'échange thermique et d'une pompe à chaleur eau/eau. Les eaux grises sont recueillies à une température moyenne de 29 °C et traversent la cuve où sont immergés des échangeurs de chaleur. Cette solution innovante présente, entre autres, l'avantage d'obtenir des COP de production élevés et constants toute l'année.



Chiffres clés

Surface habitable : 3 310 m².

Coût du chantier : 7,2 millions d'€, soit 2 172 € HT/m² habitable (surface de plancher non calculée sur ce projet).

Surface de panneaux photovoltaïques polycristallins : 357 m², représentant 55 kWc.

Objectif de consommation chauffage + ECS : 35 kW/m² par an.

Objectif de production d'électricité : 40 MWh, soit 29 MWhep/m².an.

Les acteurs

Aménageur : ZAC Clichy-Batignolles/ Ville de Paris.

Maîtrise d'ouvrage : bailleur social ICF Sablière.

Maîtrise d'œuvre : Tribu Energie.

Architectes : Antonini-Darmon.

Entreprise : Stefco (filiale de Rabot-Dutilleul).

Crédit photo : Biofluides Environnement

Équipements techniques

- **Chauffage** : réseau urbain de la Ville de Paris.
- **Émetteurs de chauffage** : radiateurs équipés de robinets thermostatiques hyperréactifs (variation temporelle = 0,40 K). Conduits de distribution très isolés (gain de 2 kWhep/m².an).
- **Eau chaude sanitaire** : système ERS de récupération de chaleur.
- **Ventilation** : double flux collective : récupération de chaleur sur air extrait > 80 % ; caisson collectif en toiture terrasse ; ventilateurs à faible consommation d'énergie ; échangeur bi-passable pour le confort en été et mi-saison ; respect des normes incendie avec extracteur C4 bi-passable ; étanchéité du réseau aéraulique classe C.

avons déjà monté des dossiers de prise en compte du titre V dans la RT 2005 pour le secteur industriel, indique Nathalie Tchang. Nous avons eu accès à tous les suivis d'instrumentation des opérations déjà installées et nous n'avons pas d'inquiétude : ça fonctionne ! En outre, le maître d'ouvrage connaissait cette technique, qu'il avait déjà mise en œuvre.» Sur les précédentes installations, les COP mesurés avaient été très satisfaisants et même supérieurs aux attentes.

Ce système est principalement composé d'une cuve d'échange thermique et d'une pompe à chaleur eau/eau. Les eaux usées grises sont recueillies à une température moyenne de 29 °C et traversent ensuite une cuve où sont immergés des échangeurs de chaleur. Ce sont ces échangeurs, dans lesquels circule un fluide caloporteur, qui vont alimenter en calories la pompe à chaleur du système. Celle-ci produit une eau chaude sanitaire à 45 °C. Les eaux usées grises traitées sont ensuite rejetées



Entre autres obligations de moyens exigées par l'aménageur, ce projet met en œuvre une ventilation double flux (avec récupération de chaleur sur air extrait > 80 %) et une surtoiture photovoltaïque en toiture terrasse (357 m² de panneaux polycristallins au total, représentant 55 kWc).

Crédit photo : Tribu Energie

à une température moyenne de 9 °C dans le réseau d'assainissement. Outre la valorisation d'une énergie qui serait perdue autrement, ce système est intéressant à bien des égards : il permet la concomitance de la production d'eau chaude sanitaire avec sa consommation (à la différence du solaire par exemple) et l'obtention de COP de production très élevés (jusqu'à 4,20) et constants toute l'année (à la différence d'une PAC air/eau). Le système est prévu pour fonctionner de base : il permet de préchauffer l'eau froide de sa température initiale à 45 °C environ. Le complément permettant d'atteindre la température de stockage, aux alentours de 55 °C, est effectué par un échangeur de chaleur relié au réseau de chaleur urbain. «Ce choix a toutefois une incidence sur la conception, note Nathalie Tchang. Il faut prévoir un local au R-1 en aplomb des réseaux d'eaux usées et de collecter les eaux usées d'une part et les eaux vannes et eaux de pluie par ailleurs.» Par ailleurs, un travail important a été réalisé pour l'optimisation du circuit de bouclage de l'ECS. «Les pertes en ligne sont malheureusement trop

souvent sous-estimées et catastrophiques pour un bâtiment ambitieux de ce type, déplore Nathalie Tchang. À titre d'exemple, sur ce projet, sans traitement particulier, elles auraient représenté environ 35 % des consommations totales d'ECS !»

Conception optimisée du circuit de bouclage ECS

Plusieurs points ont été traités avec une attention particulière, et notamment la limitation du nombre de colonnes montantes avec le rapprochement des points de puisage dans le respect de la réglementation sur les légionelles. C'est un principe de colonnes montantes par gaine technique desservant deux logements qui a été mis en place, de manière à optimiser les réseaux. «La distribution en gaine palière n'est pas satisfaisante car les réseaux hydrauliques sont longs et coûteux. En outre, vis-à-vis des utilisateurs, les circuits encastrés non isolés participent notablement à l'inconfort d'été et le temps d'attente pour avoir de l'eau chaude est trop important.» Autre point particulièrement travaillé : la surisolation du circuit de bouclage. Une classe 5 a été retenue, permettant des pertes inférieures à 8 W/ml. Selon Nathalie Tchang, bien souvent, les pertes sur un calorifuge traditionnel sont à 20 voire 25 W/ml : «De telles pertes sont inacceptables car dans le cas d'un bouclage ECS, elles ont lieu 24h sur 24 et 365 jours par an».

Les choix de conception sur cette opération ont généré des économies financières et énergétiques. Si le suivi des consommations n'a pas été mis en place, Tribu Energie peut toutefois fournir un bilan RT 2005 avec prise en compte du titre V faisant état de consommations réglementaires finales de 17,03 kWhep/m².an pour le bâtiment 1 et de 12,65 kWhep/m².an pour le bâtiment 2.

Un bureau d'études «Énergie et Développement durable»

Créé en 2002, Tribu Energie est parmi les pionniers de l'énergie positive. Ce BE conçoit des bâtiments et des zones urbaines plus économes en énergie et respectueux de démarches environnementales globales dans une perspective d'innovation technologique constante. Ses missions vont des calculs énergétiques à la définition de stratégies énergétiques complexes pour des industriels ou des collectivités. L'équipe dirigée par Nathalie Tchang compte 23 personnes, majoritairement de formation ingénieur, répartis sur les trois implantations de Paris, Rennes et Lyon. Se positionnant comme acteur majeur dans le domaine de la réhabilitation énergétique en raison de sa maîtrise des risques de pathologies, Tribu Energie est également consultant auprès des pouvoirs publics pour la mise en place des différents dispositifs réglementaires liés à l'énergétique des bâtiments. Parmi ses références récentes, on compte la conception d'une installation de photovoltaïque en garde corps de toiture terrasse de deux immeubles collectifs à Sarcelles ou encore la réhabilitation énergétique de l'Hôtel des impôts de Paris.