

# NANTES HABITAT

## RETOUR D'EXPERIENCE

« DE LA PROGRAMMATION A LA CONCEPTION »

OPERATION DE 30 LOGEMENTS BEPOS

EXPERIMENTATION BEPOS

PUCA



# SOMMAIRE

|                      |   |           |
|----------------------|---|-----------|
| <b>1</b>             | <b>INTRODUCTION.....</b>                                | <b>3</b>  |
| 1.1                  | L'expérimentation BEPOS : contexte et enjeux.....       | 3         |
| 1.2                  | Un bâtiment BEPOS inséré dans un quartier existant..... | 4         |
| <b>2</b>             | <b>PLANNING DE L'OPERATION .....</b>                    | <b>5</b>  |
| <b>3</b>             | <b>HISTOIRE.....</b>                                    | <b>6</b>  |
| 3.1                  | Une volonté politique forte .....                       | 6         |
| 3.2                  | Un programme ambitieux .....                            | 6         |
| 3.3                  | Choix de la maîtrise d'œuvre.....                       | 8         |
| 3.4                  | Conception.....   | 10        |
| <b>4</b>             | <b>VOLET ECONOMIQUE.....</b>                            | <b>17</b> |
| <b>5</b>             | <b>CONCLUSION ET RETOUR D'EXPERIENCE .....</b>          | <b>18</b> |
| <b>ANNEXES .....</b> | <b>19</b>   |           |
|                      | Annexe 1 : Fiche technique .....                        | 19        |
|                      | Annexe 2 : Détails de la programmation.....             | 20        |
|                      | Annexe 3 : Volet économique (estimation).....           | 21        |

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 L'EXPERIMENTATION BEPOS : CONTEXTE ET ENJEUX

En mars 2012, le PUCA lance, en partenariat avec l'ADEME et le soutien de l'USH, l'appel à candidatures « Vers des bâtiments à énergie positive » auprès de collectivités territoriales, d'aménageurs et de maîtres d'ouvrages (bailleurs sociaux, promoteurs...) afin de mener un programme expérimental sur le bâtiment à énergie positive.

Cet appel à candidature fait suite à l'appel à idées CQHE lancé en 2007 dans le cadre du PREBAT<sup>1</sup> et qui consistait à développer et à étudier des concepts de bâtiments à haute performance énergétique voire à énergie positive situés dans un environnement urbain dense, dans une perspective à 20 ans.

Pour poursuivre la réflexion développée lors de l'appel à idées CQHE, dans le cadre du PREBAT2, un groupe projet « Vers des bâtiments à énergie positive » est organisé en 2011. Présidé par Michel Macary, architecte, et avec la participation du PUCA, de l'ADEME et du CSTB, ce groupe explore lors de différents ateliers les nouvelles questions que posent l'exigence du bâtiment à énergie positive à l'horizon 2020 (élaboration du programme, montage, conception et réalisation). Ce travail permet de mettre en exergue certains points de blocage liés au BEPOS (définition du niveau d'exigence, critères à prendre en compte...) et de définir une « charte d'expérimentation » permettant de lancer l'appel à candidatures de l'expérimentation BEPOS en mars 2012.



L'enjeu de cette expérimentation BEPOS est la conception d'opérations innovantes comportant un ou plusieurs bâtiments de logements neufs ou en réhabilitation dépassant le niveau de performance énergétique de la RT 2012 pour aller « vers le BEPOS » et qui répondent aux exigences de qualités urbaines, architecturales et d'usage et de coût maîtrisé.

Suite à l'appel à candidatures, 5 maîtres d'ouvrage prêts à participer à l'expérimentation « vers des bâtiments à énergie positive » ont été sélectionnés.

Parmi les 5 projets retenus, le projet de 30 logements du Grand Carcouët de Nantes Habitat présenté ici. Il s'agit d'une opération en conception-réalisation, à un stade plus avancé que les autres lauréats (chantier débuté alors que les autres opérations sont au stade programmation).

<sup>1</sup> Programme de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans le Bâtiment

## 1.2 UN BATIMENT BEPOS INSERE DANS UN QUARTIER EXISTANT

L'opération du Grand Carcouët de Nantes Habitat concerne la construction de 30 logements BEPOS au nord ouest de Nantes en lieu et place de 4 logements de fonction existants à démolir.

Le bâtiment s'insère dans un quartier existant à proximité d'équipements publics (crèche, école maternelle et élémentaire, collège, lycée, piscine municipale) et très bien desservi par les transports en commun (2 lignes de bus qui rejoignent les tramways et le centre-ville). Le site est également proche de circulations douces (trame verte le long de la vallée de la Chézine) qui permettent de rejoindre le centre ville ainsi que des équipements en périphérie de la ville (centres commerciaux, zénith, ...).

Des espaces boisés classés sont présents tout autour du site. Le terrain est en pente, exposé Sud.

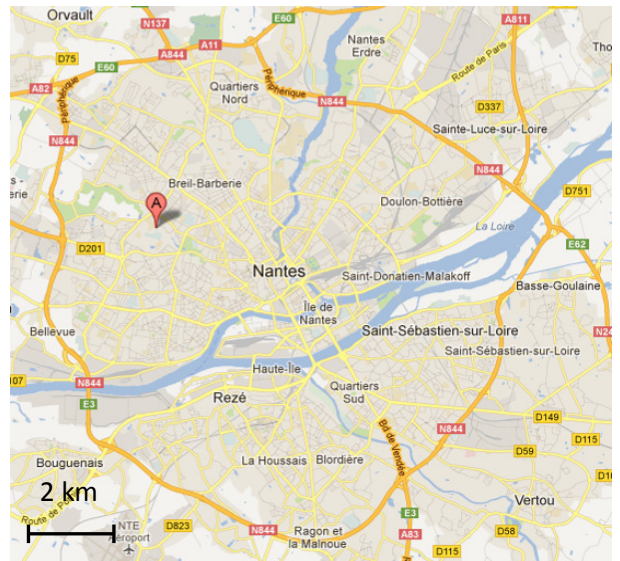
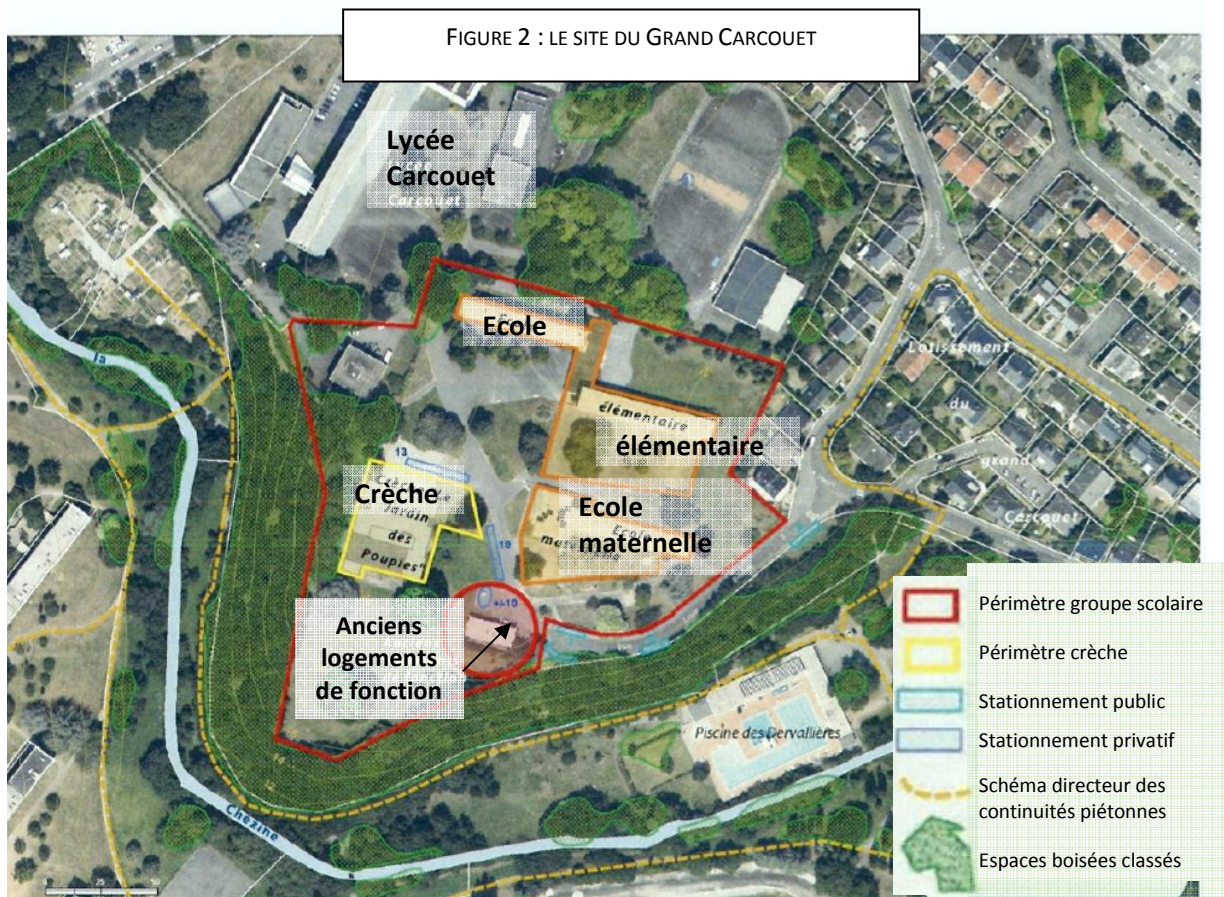


FIGURE 1 : LOCALISATION DE L'OPERATION BEPOS DU GRAND CARCOUËT A NANTES  
(FONDS DE CARTE : GOOGLE MAPS)





## 2 PLANNING DE L'OPERATION

La figure suivante permet de mettre en perspective le planning de l'opération BEPOS du Grand Carcouët.

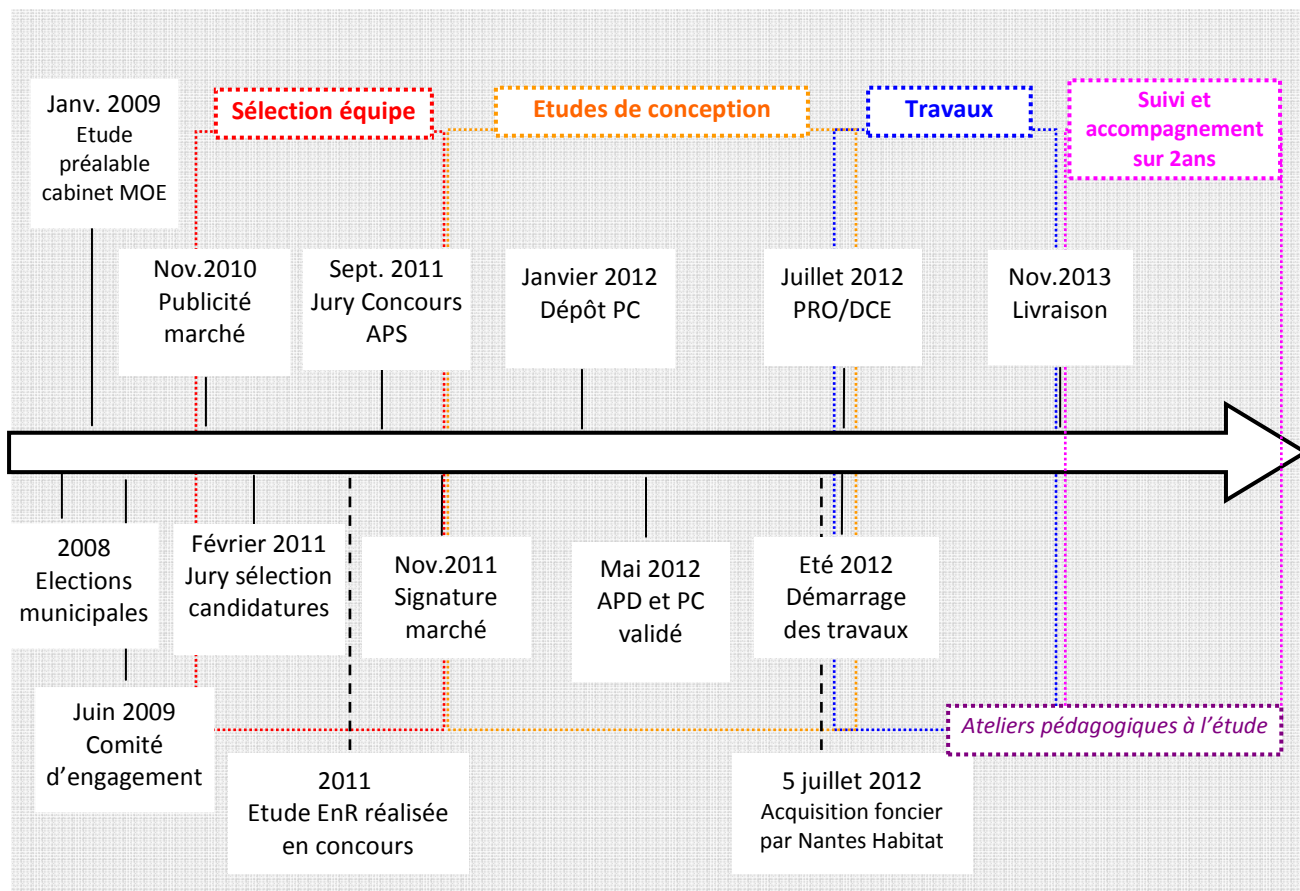


FIGURE 3 : PLANNING DE L'OPERATION

## 3 HISTOIRE

### 3.1 UNE VOLONTE POLITIQUE FORTE

Lors de la campagne municipale de 2008, une volonté politique forte de mettre en œuvre des projets de logements performants est affichée.

Par ailleurs, Nantes Habitat souhaitait depuis quelques temps déjà réaliser un projet innovant anticipant la réglementation thermique à venir en 2020 et développer un retour d'expériences sur des techniques et des usages (par une instrumentation des logements pour un suivi des performances et un accompagnement aussi bien des locataires que des services de maintenance de Nantes Habitat).

Début 2009 Nantes Habitat missionne un cabinet de maîtrise d'œuvre TOPOS Architecture pour réaliser une étude de faisabilité sur le devenir de la parcelle des logements de fonction du Grand Carcouët. Trois scénarios sont envisagés : la requalification du bâtiment de logements de fonction existant avec la construction de logements supplémentaires, la démolition du bâtiment existant et la construction de 20 à 25 logements, la démolition du bâtiment existant et la construction de 25 à 30 logements. C'est le 3<sup>e</sup> scénario qui est retenu en juin 2009 par le comité d'engagement. Ce comité définit alors les grandes lignes directrices de l'opération : économie des charges pour le locataire, exemplarité en matière de développement durable (site boisé), construction en filière sèche.

Ce sont les caractéristiques du site (cadre exceptionnel, bonne desserte en transports etc...) particulièrement propice pour accueillir un projet innovant, qui ont décidé Nantes Habitat vers une orientation programmatique entre BBC et BEPOS pour leur opération de logements.

### 3.2 UN PROGRAMME AMBITIEUX

En 2011, Nantes Habitat fait appel à TOPOS Architecture en amont des études de programmation pour valider la faisabilité de l'opération puis à l'AMO généraliste AURIS pour faire et rédiger le programme de 30 logements collectifs locatifs à usage social (cf. annexe 2 pour le détail des typologies de logements) ainsi que les annexes et les pièces marché. Nantes Habitat a choisi de se faire accompagner d'un AMO pour la programmation étant donné qu'il s'agissait de leur 1<sup>ère</sup> opération en conception réalisation. Le recours à un AMO programmation est peu fréquent pour Nantes Habitat (autres cas : réalisation d'EHPAD). L'AMO est intervenu sur la phase programmation et l'analyse des propositions jusqu'au jury.

La définition du programme et des pièces marchés a par ailleurs été plus longue que pour des projets classiques et a duré environ 6 mois (soit ¼ de temps en plus), du fait notamment de l'enjeu fort de définition d'un programme figé pour la conception réalisation (surcoûts importants si modifications ultérieures).

Différents services de Nantes Habitat ont été consultés pour la réalisation du programme, notamment le service exploitation et la direction de proximité, ainsi que les services de la Ville de Nantes et notamment le service urbanisme.

Les atouts du site (localisation, desserte en transports en commune, cadre...) incitent Nantes Habitat à y développer un projet innovant dont les enjeux énergétiques ne doivent pas primer sur la qualité architecturale et la qualité d'usage. Différentes exigences sont ainsi définies :

#### **Performance énergétique**

Nantes Habitat n'a pas souhaité imposé le BEPOS dans son programme, l'enveloppe budget étant primordiale. Un niveau de consommation énergétique inférieur à 50 kWh Ep /m<sup>2</sup> SHON/an avec l'obtention du label BBC-EFFINERGIE est exigé. La performance énergétique doit être comprise entre le BBC et le BEPOS. Afin d'être sûr que les efforts soient fait en priorité sur une enveloppe performante, Nantes Habitat demande à ce que l'atteinte du label se fasse sans emploi de panneaux photovoltaïques (mais n'est pas opposé au PV pour atteindre le BEPOS).

Une exigence de compacité forte est imposée au-delà de la qualité de l'enveloppe et de la conception bioclimatique du bâtiment et ce afin de limiter les déperditions énergétiques et les coûts (car avant de chercher à compenser les consommations par du renouvelable, il faut les réduire au maximum). Une réflexion sur les apports passifs est souhaitée. Le confort d'été (à savoir limitation des surchauffes estivales) doit être atteint sans utilisation d'appareil de climatisation.

Un suivi des consommations au cours des deux premières années d'exploitation est demandé (mise en place de sondes et capteurs permettant un suivi des consommations des occupants) avec accompagnement des locataires pour s'approcher de la performance exigée (guide d'usage pratique du logement conçu par l'entreprise et rencontre des locataires plusieurs fois par an) et les impliquer dans la maîtrise de l'énergie.

Une obligation de résultats est formulée par Nantes Habitat : tous les écarts de consommation devront être justifiés et des mesures correctives proposées (amélioration des équipements et installations, pratiques et usages des locataires). Un barème de pénalités est prévu selon les écarts non justifiés et non dus à l'usage (5 000 € HT par tranche de 5 kWhep/m<sup>2</sup>SHON d'écart) : la mise en place de ce barème a plus une visée pédagogique que de sanction. Le but est d'inciter à la fois à une mise en œuvre soignée, un suivi précis (instrumentation suffisante notamment), un accompagnement du locataire et des équipes d'entretien-maintenance de Nantes Habitat et un réglage des systèmes qui s'affine tout au long du suivi.

### **Qualité architecturale**

Nantes habitat souhaite qu'une attention particulière soit portée à l'intégration paysagère des bâtiments et la minimisation de l'impact visuel des stationnements avec notamment la conservation au maximum des espaces boisés classés sur ce site.

### **Qualité d'usage**

Nantes Habitat souhaite privilégier des logements traversant avec une réflexion sur la fonctionnalité des espaces, la durabilité et l'adaptabilité de l'ouvrage.

L'usage futur du véhicule électrique doit être anticipé, notamment en rendant possible l'installation ultérieure de prises de rechargement des véhicules électriques pour chaque emplacement en sous-sol (pour les voitures comme pour les 2 roues).

Par ailleurs, la ville souhaite que les parkings soient intégrés au bâti et qu'aucune place privative ne soit aérienne, dans un souci de préservation des espaces extérieurs de qualité (espaces boisés classés).

Concernant la qualité de l'air intérieur, une attention particulière devra être accordée au choix de matériaux sains limitant au maximum les émissions de COV.

### **Autres exigences de développement durable**

- **Gestion de l'eau** : une réduction de la consommation en eau potable est demandée via par exemple l'utilisation d'équipements hydro économes (réducteur de pression à l'entrée des logements, douchettes à venturi ou à turbulence, robinets thermostatiques, mousseurs autorégulés sur éviers et lavabos, WC double commande 3/6l,...). Une réflexion sur la récupération des eaux pluviales (arrosage des espaces extérieurs...) permettant la mise en œuvre ultérieure de jardins partagés ainsi que sur l'infiltration dans le sol naturel est demandée.
- **Respect des écosystèmes et du site**
- **Gestion des déchets** : prédispositions pour le tri des déchets ménager et le réemploi sur la parcelle (compost...).
- **Réduction des pollutions et des nuisances sur le chantier** avec l'application d'une charte chantier propre.
- **Insertion professionnel de public en difficulté** (3500 heures à minima).

### Exigences économiques et gestion du patrimoine.

- **Gestion du bâtiment** : la complexification excessive des systèmes doit être évitée afin de garantir des coûts liés à l'entretien et la maintenance maîtrisés.
- **Maîtrise des charges** : un suivi des consommations sur 2 ans est demandé avec garantie de résultats.
- **Budget** : l'enveloppe de l'opération est de 5,5 M € HT (inclus travaux de démolition, études et construction) soit 1 800 € HT / m<sup>2</sup> SHAB. Les coûts globaux doivent être maîtrisés (investissement + exploitation + maintenance).
- **Accompagnement** : les locataires et les représentants techniques de Nantes Habitat doivent être informés des bonnes pratiques comportementales liées aux spécificités de l'opération.

### 3.3 CHOIX DE LA MAITRISE D'ŒUVRE

La publicité pour le marché de conception réalisation est lancée en novembre 2010. Les équipes ont alors 1 mois pour se constituer et candidater. Nantes Habitat reçoit 16 candidatures. En février 2011 le jury se réunit et sélectionne 5 candidats admis à concourir sur la base de leurs références (3 références de moins de 5 ans pour les entreprises et les BET, 3 références de moins de 3 ans pour les architectes) et des moyens dont ils disposent pour répondre aux enjeux de l'opération.

Les dossiers de consultations sont transmis aux candidats mi avril 2011. Les 5 groupements admis à concourir ont ensuite 10 semaines pour remettre leur offre de niveau APS (jusqu'à fin juin). La prime attribuée pour le Concours est de 38 000 € HT par candidat. Elle correspond à une rétribution de niveau APS dans un marché classique.

Afin de justifier de la qualité environnementale, Nantes Habitat demande à ce que soient intégrés à l'offre des candidats notamment les documents spécifiques suivants :

- Une étude d'ombrage faisant apparaître la course du soleil sur les nouveaux bâtiments et les ombres portées.
- Une notice énergétique justifiant du choix du système constructif au regard des objectifs de performance énergétique à atteindre dans une notice avec croquis précisant le traitement des points particuliers.
- Une simulation thermique dynamique
- Une notice technique justifiant le choix des équipements et matériaux en fonction de leurs caractéristiques environnementales.
- Une étude de faisabilité énergétique (analyse en coût global des solutions d'approvisionnement énergétique proposées).
- Une note sur le traitement des eaux pluviales sur le projet.
- Une note précisant le mode d'organisation du chantier à faibles nuisances.
- Des plans de pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur d'un logement à rez-de-chaussée et d'un logement au dernier niveau.
- Un tableau détaillé des surcoûts permettant d'atteindre un niveau de performance supérieur au BBC Effinergie.
- Une note précisant la méthode et les moyens techniques et humains prévus pour le suivi des consommations réelles du bâtiment et l'accompagnement des locataires et du personnel de Nantes Habitat jusqu'à deux ans après réception.



Afin de s'assurer de la cohérence des équipes, les critères de jugement des offres retenus sont les suivants :

- Qualité et expression architecturale (25%)
- Qualité environnementale et respect des exigences énergétiques indiquant le rapport coût/performance énergétique (20%)
- Prix global et forfaitaire réparti par les différents membres du groupement affectés à ce programme (séparant les parties conception et réalisation) (20%)
- Caractéristiques techniques et qualité de la réponse apportée au programme (15%)
- Capacité à optimiser les délais (10%)
- Performance en matière d'insertion professionnelle des publics en difficulté (10%)

Le jury était composé de représentants de Nantes Habitat, d'un quorum d'architectes (dont l'architecte conseil de la ville de Nantes et un architecte désigné par le CAUE) et d'un représentant de la ville de Nantes. Il s'est réuni fin septembre 2011.

L'équipe de conception réalisation lauréate est composée d'In Situ Architecture Environnement, du BE Pouget Consultants (Thermicien) et de l'entreprise générale Quille Construction et de CMB (ossature bois). L'équipe s'est constituée par connaissance et suite à des travaux déjà réalisés ensemble, dans le cadre d'un marché classique.

L'équipe de conception a ressenti la phase concours comme un exercice intense demandant beaucoup de mobilisation (nombreuses réunions de travail réunissant toute l'équipe) avec beaucoup de pression sur l'équipe (1 seule audition donc pas de seconde chance contrairement au dialogue compétitif où plusieurs rencontres sont prévues avec possibilité de modifier le projet).

Leur projet a été retenu sur les critères d'un aspect architectural fort, le caractère ambitieux des loggias, l'engagement jusqu'au BEPOS en respectant le budget (et même un peu en-dessous), les charges de fonctionnement réduites (réflexion sur un seul ascenseur, parties communes et parking éclairés naturellement), le travail en synergie de l'équipe visible dans leur proposition. Les autres projets ne proposaient pas des niveaux de performances allant jusqu'au BEPOS. Les solutions d'usage étaient intéressantes, mais techniquement moins adaptées.

Le suivi sur deux ans est prévu dans le marché de travaux ainsi que l'accompagnement des futurs locataires et du personnel de Nantes Habitat.

### **Spécificité du montage de la procédure conception/réalisation**

Ce projet permet à Nantes Habitat d'expérimenter la Conception Réalisation sur une opération de taille moyenne. Le bailleur cherchait notamment à s'assurer du caractère optimisé de la conception, au regard de l'ambition du projet, mais également à gagner du temps (assurance sur la durée des travaux) et à s'assurer de la viabilité de l'entreprise. Il s'inquiétait néanmoins d'un affaiblissement de l'architecte et d'une « prise de pouvoir » par l'entreprise. Cela n'a pas été le cas ici. L'une des critiques faite au marché de conception réalisation est de favoriser les grandes entreprises, cet effet a été modéré car l'entreprise générale s'est faite accompagnée d'une entreprise locale CMB pour l'ossature bois.

Par ailleurs, la conception réalisation lorsqu'elle est bien menée conduit à une plus grande garantie sur le respect des engagements financiers (enveloppe prix plus affinée sur laquelle l'équipe de conception réalisation s'engage). L'un des avantages mis en avant par Nantes Habitat est que la qualité est maintenue tout au long du projet alors que dans un projet classique, du fait d'une enveloppe budget plus difficilement estimable, on peut parfois noter une certaine tendance à « déshabiller » le projet au fur et à mesure de son avancement. Le fait de travailler en équipe dès le début permet également de ne pas pénaliser la performance. Un contrôleur technique (SOCOTEC) et un chef de projet économique (membre d'AURIS) ont également été associés à la réflexion dès le début du projet, afin d'atteindre les objectifs tout en respectant les budgets.

### 3.4 CONCEPTION

Le projet qui est actuellement en phase chantier (livraison prévue pour novembre 2013) se veut exemplaire d'un point de vue énergétique mais sans négliger sa qualité architecturale ni son insertion dans l'environnement (espaces boisés). La qualité d'usage et la qualité architecturale priment même sur la performance énergétique.

#### Stratégie énergétique

L'opération comprend 2 bâtiments compacts légèrement en décalage avec un accès commun (bâtiment d'accès en R+2 puis R+4), un seul ascenseur et le maximum de circulations extérieures.



FIGURE 4 : PERSPECTIVE (SOURCE : IN SITU)

Le choix constructif s'est porté sur une structure béton (réfends régulier tous les 6m et dalle en béton) et des façades en panneaux de bois avec en bardage des lames de bois verticales. L'isolation des murs est extérieure (320 mm d'isolant dont une partie passe devant les nez de dalles pour traiter le pont thermique). De larges baies au Sud permettent d'optimiser les apports solaires. Des espaces tampons permettent de réguler ces apports et la diffusion vers le logement.

Le confort d'été est assuré par les occultations extérieures, l'inertie de béton et la ventilation naturelle.

Un objectif d'étanchéité à l'air de  $0,8 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  est visé afin d'optimiser les performances énergétiques (supérieur à l'objectif d'étanchéité à l'air du label BBC fixé à  $1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  en logement collectif).

Toutes les parties communes sont éclairées naturellement. Le parking semi enterré bénéficie également de l'éclairage et de la ventilation naturelle.

Les solutions techniques permettant de répondre aux enjeux énergétiques sont les suivantes :

#### ▪ Pour le chauffage

Le chauffage est individuel électrique.

La distribution se fait par panneaux rayonnants (sèches serviettes pour salles d'eau et salles de bain). Des détecteurs de présence (type sonde de mouvement) permettent de détecter une absence prolongée et de commander une diminution progressive de la température de consigne à  $16^\circ\text{C}$ . Des sondes de température intégrées aux panneaux permettent de couper le chauffage quand une fenêtre est ouverte. Une programmation centrale permet d'abaisser les températures de consigne suivant les scénarios d'occupation, sur une ou plusieurs zones du logement.

La ventilation est simple flux de type hygroréglable B (plus souple et plus simple en maintenance que la double flux non souhaitée par Nantes Habitat du fait de mauvais retours d'expérience de son service exploitation en rapport avec sa complexité : mal réalisée, mal comprise par le locataire, mauvais fonctionnement).

Le chauffage électrique a été mis en avant pour sa souplesse, sa réactivité, son économie et ses avantages en matière de bilan carbone. En effet, le mode de chauffage devait être compatible avec la façade légère très vitrée et donc

#### Quelques indicateurs

- Cep  $\sim 40 \text{ kWhep}/(\text{m}^2\text{SHON} \cdot \text{an})$  hors PV
- Cep  $\sim 1 \text{ kWhep}/(\text{m}^2\text{SHON} \cdot \text{an})$  avec PV
- Système power pipe : économie de l'ordre de  $2 \text{ kWhEP}/(\text{m}^2\text{SHONRT} \cdot \text{an})$
- Coefficients  $U_{\text{bât}} \sim 0,4 \text{ W}/\text{m}^2$ ,
- Perméabilité à l'air : objectif maximum  $0,8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$  (ambition du label BBC Effinergie dépassée),
- Emission de moins de  $2 \text{ kgEqCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{an}$  pour les deux bâtiments (calcul étiquette DPE).

répondre rapidement aux variations de température de confort (meilleure réactivité des panneaux rayonnants par rapport aux radiateurs à eau chaude). Le chauffage électrique est également simple, pratique pour l'utilisateur et sans maintenance (ou presque).

Etant établies les faibles consommations de chauffage (pas de multiplication d'abonnement, coût encore modéré pour des consommations faibles), ses avantages technico économique par rapport à une solution gaz ont également été avancés ainsi que les faibles émissions de CO<sub>2</sub> associés à l'électricité entraînant un bilan carbone plutôt favorable.

▪ Pour l'eau chaude sanitaire

La production d'ECS des 2 bâtiments est réalisée par une solution centralisée collective HELIOPAC® (moquette solaire) couplant 50 m<sup>2</sup> de capteurs solaires non vitrés à une pompe à chaleur eau-eau.

L'installation est complétée par un système passif de récupération d'énergie sur les eaux grises de type Power-Pipe (en résumé l'eau chaude des douches sert à préchauffer directement l'eau froide du réseau dans le ballon de stockage, grâce à des tubes en cuivre sur la chute). Ce système permet une économie complémentaire de 25% sur le poste ECS.

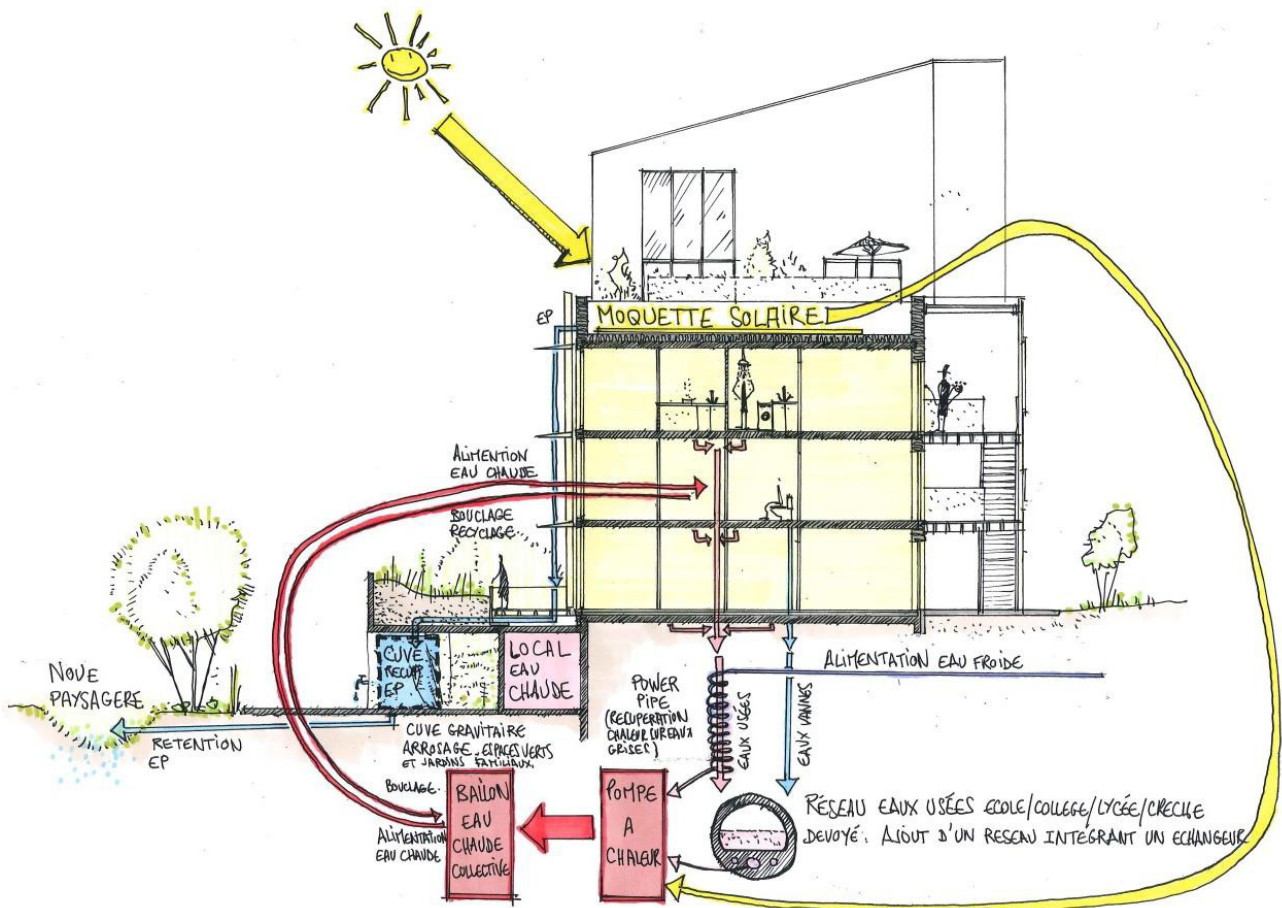


FIGURE 5 : CROQUIS DES SYSTEMES DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE : MOQUETTE SOLAIRE HELIOPAC COUPLEE SUR RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISSES POWERPIPE (SOURCE : IN SITU ARCHITECTE)

Ces équipements permettent d'atteindre une consommation moyenne sur les deux bâtiments de 40 kWhEP/m<sup>2</sup>Shon/an soit 20% en dessous du niveau BBC (en phase avec le futur label THPE de la RT2012).

- **Pour l'électricité :**

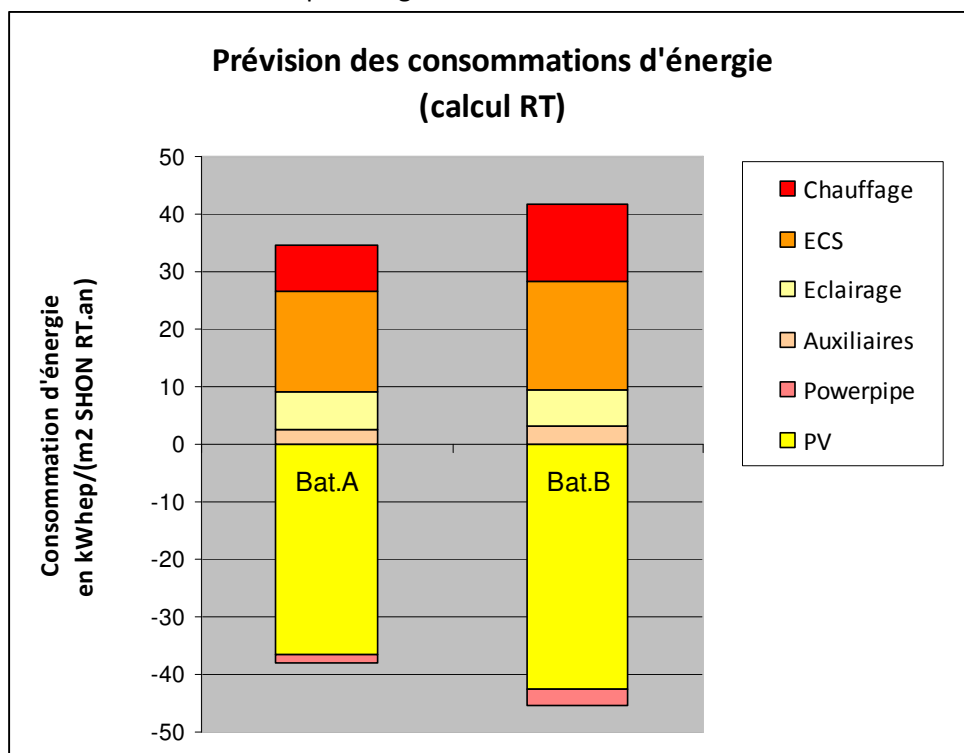
375 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques sont intégrés en toiture, soit une puissance installée de 47kWc, ce qui permet d'atteindre le BEPOS.

Le tarif d'achat de l'électricité d'origine photovoltaïque distingue plusieurs niveaux de tarifs qui dépendent à la fois de critères liés au bâtiment (logements, tertiaire etc.), de critères liés à la nature de l'équipement photovoltaïque (intégré au bâti, intégration simplifiée) et de la puissance installée. Le tarif est plus intéressant pour une installation dont la puissance est inférieure ou égale à 36 kWc (17,04 c€/kWh<sup>2</sup> en intégration simplifiée). Entre 36 et 100 kWc, le tarif d'achat est plus faible (16,19 €/kWh en intégration simplifiée).

Nantes Habitat décide de revendre la totalité de l'électricité produite. Il est par contre envisagé qu'une part de la production photovoltaïque alimente les batteries de vélos électriques (cf. paragraphe sur la mutualisation des usages p15).

Nantes Habitat considère la production photovoltaïque comme « un bonus » et n'a pas encore décidé si ce revenu profiterait au bailleur et/ou directement aux locataires du bâtiment.

Le graphique ci-après permet de visualiser la contribution de chaque poste aux consommations d'énergie selon les résultats du calcul RT réalisé par Pouget.



- **Comptage, affichage des consommations et incitation à un comportement vertueux**

Le suivi des consommations est prévu mais pose la question de l'intrusion dans la vie des locataires. Nantes Habitat et l'équipe de conception réalisation sont actuellement en réflexion sur ce sujet. Le comptage et l'affichage des consommations ne se feront pas sans un accompagnement pédagogique des locataires.

**Comptage et analyse**

Le contrat de Conception/Réalisation prévoit un suivi durant deux ans du bâtiment et la justification des écarts par rapport aux études menées durant la phase de conception. Pour cela, le groupement a proposé que chaque logement soit équipé de sondes et d'instruments de suivi des consommations afin que les

<sup>2</sup> Tarifs en vigueur en octobre 2012 (tarifs du 1<sup>er</sup> trimestre 2013 non encore connus à la date de rédaction du document)



consommations individuelles soient mesurées par poste (chauffage, prises, éclairage, électrodomestique...). Celles-ci sont ensuite analysées par le groupement (architecte, BE fluide, entreprise) afin de déceler et corriger les éventuels dysfonctionnements ou usages énergivores, soit par une intervention technique, soit par un accompagnement particulier du locataire, au regard de l'usage fait du logement et des équipements privés.

### **Affichage des consommations et pédagogie**

Nantes Habitat n'a pas encore décidé des modalités d'affichage des consommations dans les logements. D'autre part, l'une des pistes envisagée à ce jour est une communication mensuelle de Nantes Habitat avec explication pédagogique plutôt sous forme d'entretien que papier.

Les radiateurs prévus disposent d'un code couleur affichant la température de chauffage à 19°C comme vertueuse (dépassement de cette température affiché en rouge).

### **Qualité architecturale :**

La ligne directrice est claire : il s'agit d'assurer un cadre de vie au quotidien agréable et ensuite d'être performant.

Un soin particulier a été accordé à l'intégration des 2 bâtiments dans leur environnement : inscription dans un paysage remarquable caractéristique des bords du val de la Chézine (clairière aux lisières denses, masses boisées). Des percées visuelles sur les arbres ont été travaillées pour les itinéraires vers les logements. 100% des logements sont traversants avec une vue préservée et une exposition sud. Des modes d'accès variés aux logements sont prévus : accès direct au rez-de-chaussée, coursives filtrées, galerie emballée.

L'échelle de l'école existante a été respectée côté accès (R+2). En cœur d'îlot, les bâtiments vont chercher les vues sur le vallon de la Chézine (R+4).



FIGURE 6 : PLAN DE LA PARCELLE (SOURCE : IN SITU ARCHITECTE)

### **Qualité d'usage**

#### ▪ **Nouvel espace complémentaire au logement**

Une réflexion a été menée sur la définition d'un espace complémentaire au logement permettant d'accueillir des usages habituellement non traités dans le logement collectif (atelier, rangement, coin musique, buanderie, bureau, pôle multimédia...).

Tous les logements sont donc équipés d'une loggia (~25m<sup>2</sup>) très vitrée au Sud et qui fusionne l'accès au logement et l'espace buanderie.

Cet espace intermédiaire est intégré dans l'espace isolé mais non chauffé, la simulation thermique dynamique prédit une température comprise entre 16 et 26°C. Cette STD a été réalisée plusieurs fois pendant la conception. Au niveau des calculs thermiques réglementaires, la présence d'une loggia non chauffée permet d'augmenter la SHAB tout en diminuant le ratio de consommations au m<sup>2</sup> du logement. A noter tout de même le risque que cette pièce théoriquement sans chauffage soit finalement chauffée par ses occupants avec un chauffage d'appoint.

Du fait de l'intégration de la loggia dans le volume isolé, la limite logement/loggia est assez souple : des parois modulaires permettent d'ouvrir sur la pièce de vie principale/salon salle à manger. L'objectif poursuivi est que les loggias soient des espaces de prolongement du logement (espace de vie et/ou de rangement) avec un usage fort en intersaison et en été (ventilation naturelle du logement accrue en été).

- **Confort d'été**

Le confort d'été est assuré par les occultations extérieures (casquettes solaires notamment), l'inertie du béton et la ventilation naturelle. La loggia joue également le rôle d'espace tampon qui va capter passivement beaucoup d'énergie solaire et diminuer les déperditions en hiver. Tous les logements sont traversant avec une exposition Sud et vue sur le parc, ce qui permet une ventilation transversale du bâtiment.

- **Accès préservant les vues**

Une réflexion sur les accès du bâtiment a été menée. Cheminement extérieur et coursives permettent de conserver le lien avec l'environnement boisé (coursives et passerelles semi-ouvertes décrochées des façades). Les passerelles sont indépendantes du bâtiment, couvertes par une toile tendue en arc de cercle et accessibles que par le hall. Les deux niveaux de passerelle aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> étages sont décalés l'un par rapport à l'autre afin



FIGURE 7 : PERSPECTIVE SUR LA LOGGIA D'UN T4 DUPLEX EN ETE (SOURCE : IN SITU)



FIGURE 8 : PERSPECTIVE DEPUIS LE VAL DE LA CHEZINE (SOURCE : IN SITU)

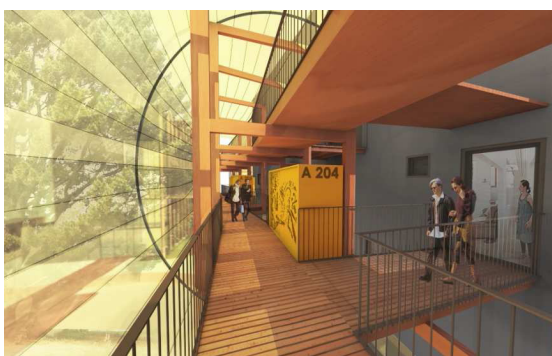


FIGURE 9 : PERSPECTIVE SUR LA GALERIE EMBALLEE (SOURCE : IN SITU)

d'optimiser l'éclairage naturel (toutes les parties communes sont éclairées naturellement).

Des modes d'accès variés ont été pensés : accès direct au rez-de-chaussée pour la plupart des duplex, coursives filtrées, galerie emballée.

Une galerie emballée permet d'accéder aux logements protégé de la pluie et du vent tout en profitant des vues extérieures.

- **Mutualisation des usages**

Une réflexion sur la mutualisation des usages en tant que source de dynamisme, potentiel de rencontres et vecteur de prise de conscience collective des enjeux de la ville durable a été menée. Ainsi le cheminement quotidien passe devant les locaux communs pour inviter à une utilisation de ces espaces partagés :



**La laverie collective** : afin de limiter l'usage individuel du lave-linge et du sèche-linge (appareils coûteux très consommateurs d'énergie et de place), la possibilité d'installer une buanderie collective est prévue : l'espace réservé au vélo est éclairé naturellement et a été volontairement surdimensionné afin de pouvoir accueillir les machines (espace cloisonnable). Une concertation entre les locataires est prévue afin de définir l'usage de cet espace supplémentaire (buanderie ou autre). Chaque logement disposant d'une loggia équipée pour recevoir une machine à laver, les locataires n'auront peut être pas l'usage d'une laverie collective.

**Les vélos électriques** : il s'agit d'inciter aux déplacements doux sur un site présentant une forte déclivité. L'idée est de récupérer une partie de l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques et de la stocker dans les batteries des vélos électriques. Les attentes sont prévues dans le local vélo au sous-sol. Le montage n'est pas encore défini : soit une borne de vélos électriques avec location de vélos électriques aux locataires (service pris en charge par la ville), soit des bornes de recharge pour les vélos électriques des locataires (tarif rechargement à définir).

**Les jardins familiaux** : l'idée est de favoriser les échanges autour des pratiques de jardinage. La parcelle pouvant accueillir les jardins familiaux est la propriété de la ville de Nantes. Le montage n'est pas encore défini et le sera avec les locataires et les services espaces verts de la ville en lien avec les établissements scolaires proches (jardin partagé, parcelle attribuée...). Une parcelle potagère peut par exemple être dédiée à la pédagogie avec les écoles et la crèche mitoyenne, un barbecue commun peut accompagner les jardins, un bac à compost peut être mis en place...

#### **Animation du quartier – Ateliers pédagogiques**

Deux associations (l'ardep et la Luna) se sont proposées pour animer des ateliers pédagogiques et ont déposé des dossiers de demande de subvention auprès de la préfecture. Le coût est estimé à 20 000€ (financement du bivouac et des ateliers) et est assuré conjointement par Nantes Habitat, le groupement de conception réalisation et l'Etat. Ces ateliers se dérouleront durant la phase chantier autour de 3 thématiques :

- les savoir-faire du chantier et les métiers du bâtiment,
- la notion de développement durable associée au Grand Carcouët : matériaux innovants et lien social dans la durée,
- habiter autrement et vivre ensemble (logement social et collectif).

L'objectif est d'ouvrir et de sensibiliser les habitants du quartier (écoles, collèges, lycée, enfants, adolescents et parents) à une autre manière d'habiter, de provoquer des rencontres et débats sur la question du vivre ensemble, de mener des projets, pédagogiques sur le temps scolaire en accord avec les projets d'école et d'accompagner la réception du chantier auprès des futurs habitants.

Ces ateliers ont lieu dans un local type « bivouac » en limite extérieure de la parcelle sur un terrain appartenant à la ville (convention d'occupation temporaire).

A l'occasion des 100 ans de Nantes Habitat en 2013, des visites architecturales du projet pourront avoir lieu (avant l'arrivée des locataires).

## Enjeux environnementaux : gestion des eaux pluviales

Une récupération des eaux pluviales est prévue sur le site pour l'arrosage des espaces extérieurs.

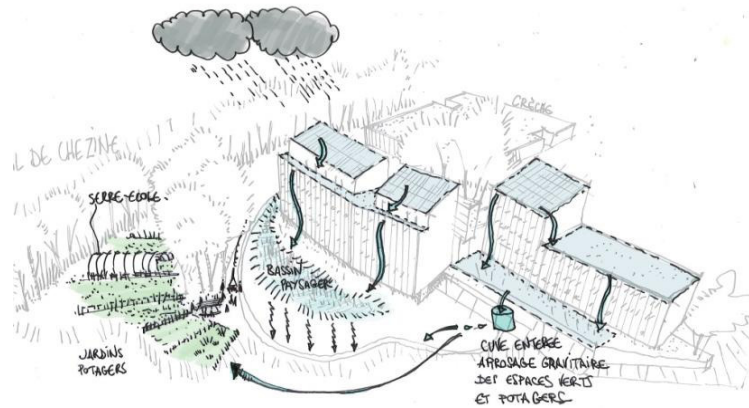


FIGURE 10 : CROQUIS DE RECUPERATION DES EAUX PLUVIALES (SOURCE : IN SITU ARCHITECTE)

## 4 VOLET ECONOMIQUE

### Coût travaux

Le montant de l'opération conception réalisation s'élève en tout à 5 469 000 € HT (études, travaux, suivi des consommations, démolition et accompagnement). Le coût travaux s'élève à 5 055 500 € HT (hors études). Nantes Habitat ne constate pas de surcoût pour les études qui représentent environ 8,2 % du coût total de l'opération mais même un coût plutôt inférieur qui serait dû à une bonne mutualisation des efforts et une grande synergie de travail au sein de l'équipe de conception réalisation.

Le coût travaux (hors démolition) se porte donc à :

- 1833 € HT / m<sup>2</sup> de SHAB compris loggias isolées (soit 2732 m<sup>2</sup>).
- 2196 € HT / m<sup>2</sup> SHAB hors loggias isolées (soit 2280 m<sup>2</sup>).
- 1528 € HT / m<sup>2</sup> SHON brute (soit 3276 m<sup>2</sup>).

Le prix de revient total de l'opération s'élève à 2 100 €HT/m<sup>2</sup> (coût total opération) soit 20% supérieur aux coûts globaux constatés dans des opérations classiques. Cette différence ne surprend pas Nantes Habitat qui l'attribue à la performance du bâtiment.

### Charge foncière

Le foncier appartenait à la ville : la charge foncière est sensiblement identique aux autres projets de logements sociaux de Nantes Habitat, à savoir 180 €/m<sup>2</sup> SHON viabilisé.

### Financement de l'opération

Le financement de l'opération s'est fait de manière assez classique pour Nantes Habitat<sup>3</sup> :

- 14 % en fonds propre,
- 79 % en prêt à la caisse des dépôts et consignation,
- près de 7% de subventions (Nantes Métropole, ANRU, Etat, GIC, Conseil général).

Par ailleurs, le financement des panneaux photovoltaïque n'a pas été dissocié du financement global de l'opération de conception réalisation, ce qui permet à Nantes Habitat de voir le revenu lié à la production d'électricité photovoltaïque comme un « bonus ».

### Loyers de sortie

Les loyers de sortie sont un peu au-dessus de la tendance actuelle sur les grands logements mais sur les autres typologies, les loyers sont au même niveau (500 à 600 € pour 100 m<sup>2</sup> utiles selon financement). A titre d'exemple, le logement le plus cher est un T6 duplex de 132 m<sup>2</sup> SHAB et son loyer sera de 754€/mois. Le montant des charges mensuelles est estimé actuellement à 1.04 €/m<sup>2</sup><sub>SHAB</sub>

Une réflexion sur des charges réduites à été menée : utilisation du chauffage individuel électrique (un seul abonnement énergétique), faibles consommations de chauffage, bâtiments desservis par un seul ascenseur localisé dans le bâtiment nord.

### Analyse en coût global

Une analyse en coût global a été menée de manière partielle par Nantes Habitat sur les charges d'entretien et de fonctionnement des parties communes et ascenseurs. Les services d'entretien maintenance de Nantes Habitat ont été assez vigilants sur les systèmes proposés par les groupements et l'analyse en coût global qu'ils avaient indiquée dans leur offre. Une visite sur un site d'expérimentation du CSTB à Nantes pour visiter une installation équipée d'un système power pipe a été organisée.

---

<sup>3</sup> L'annexe 3 présente le détail du volet économique

## 5 CONCLUSION ET RETOUR D'EXPERIENCE

Les difficultés rencontrées par Nantes Habitat sont finalement plus liées à la Conception Réalisation qu'à la performance de l'opération. Il a fallu rédiger un programme complet afin d'éviter toute modification ultérieure coûteuse, ce qui a pris plus de temps que pour une opération classique. Les travaux de gros œuvre ont débuté alors que le PRO n'était pas encore validé malgré l'effort fait pour compresser la phase études.

Il s'agissait pour Nantes Habitat de sa première opération en conception réalisation. Le bailleur en est pour l'instant très satisfait (phase réalisation à peine débutée), notamment par rapport au respect du timing et de l'enveloppe budget qui sont pour lui des points essentiels. Ses quelques inquiétudes ont été levées, notamment par rapport à la force architecturale du projet.

Pour le groupement, la performance de l'opération a nécessité une approche précise et complète possible uniquement avec un bon travail d'équipe : l'architecte a pu avoir une liberté de conception tout en consultant le BE énergie et l'entreprise pour garantir la performance et le respect du budget.

Par ailleurs, la garantie de résultats ajoute une pression supplémentaire sur le groupement : après la livraison le bâtiment sera suivi pendant 2 ans, ce qui permettra notamment d'affiner les réglages des systèmes.

Nantes Habitat attend le retour d'expérience sur cette opération avant de lancer d'autres opérations innovantes de ce type, notamment par rapport aux surfaces annexes : l'utilisation qui en sera faite sera-t-elle conforme à ce qui était prévu ? Quel sera le retour sur investissement ? La gestion dans le temps sera-t-elle facilitée ?

Une réflexion sur le BEPOS à une échelle supérieure à celle du bâtiment est en cours (énergies renouvelables produites sur site ou à proximité). En effet, il ne faut pas se limiter au bâtiment mais élargir à l'échelle plus large de l'îlot ou du quartier afin de réfléchir à la mutualisation énergétique. La problématique de la mutualisation repose par ailleurs plus sur des questions juridiques et économiques que techniques.

## ANNEXES

### ANNEXE 1 : FICHE TECHNIQUE

#### Maître d'ouvrage : Nantes Habitat

- Réalisation des études de faisabilité en amont du programme : TOPOS Architecture
- AMO généraliste pour concevoir et rédiger le programme, annexes et les pièces marché ainsi que pour mener la faisabilité économique du programme et le suivi du concours : AURIS,
- AMO Etanchéité à l'air : WIGWAM (en charge des tests d'étanchéité à l'air en cours et en fin de chantier et de la vérification de la bonne mise en œuvre de l'étanchéité à l'air sur chantier).

#### Equipe de conception-réalisation :

- Architecte : In Situ Architecte et Environnement
- BET : Pouget Consultants
- Entreprise : Quille et CMB (ossature bois)

**Programme:** construction de 30 logements collectifs locatifs à usage social, en R+2 / R+4

**Surface :** ~ 3 300 m<sup>2</sup> SHON

**Budget global Etudes et travaux :** 5 469 000 € HT

- **Coût des études :** ~413 000 € HT
- **Montant travaux :** 5 055 500 € HT (hors études)

Le coût travaux (hors démolition) se porte donc à :

- 1833 € HT / m<sup>2</sup> de SHAB compris loggias isolées (soit 2732 m<sup>2</sup>).
- 2196 € HT / m<sup>2</sup> SHAB hors loggias isolées (soit 2280 m<sup>2</sup>).
- 1528 € HT / m<sup>2</sup> SHON brute (soit 3276 m<sup>2</sup>).

**Charge foncière :** 180€/m<sup>2</sup> SHON viabilisé

#### Planning :

- Conception : 2<sup>e</sup> semestre 2011-été 2012
- PC : mai 2012
- Début des travaux : été 2012
- Livraison : novembre 2013

**Localisation :** rue Louis Brisset au sein du Grand Carcouët à Nantes (44)

**Montage :** conception/réalisation

## ANNEXE 2 : DETAILS DE LA PROGRAMMATION

La programmation prévoit 1 900 m<sup>2</sup> SHON de logements sociaux à destination de familles, de familles mono parentales et de jeunes couples ou personnes âgées.

Les logements sont des simplex ou des duplex avec de grandes typologies (T4 – 80 à 85m<sup>2</sup>).

La répartition des logements est présentée dans le tableau suivant.

A noter que le PLH de la ville impose de construire des grands logements (1/3 minimum). Cette opération a permis à Nantes habitat de faire un rattrapage sur ce classement de typologies dans son parc de logements les plus modestes.

| TYPES            | SURFACES MOYENNES  | REPARTITION EN POURCENTAGE |
|------------------|--------------------|----------------------------|
| <b>TYPE 1bis</b> | Sans objet         | 0%                         |
| <b>TYPE 2</b>    | 51 m <sup>2</sup>  | 24%                        |
| <b>TYPE 3</b>    | 66 m <sup>2</sup>  | 40%                        |
| <b>TYPE 4</b>    | 80 m <sup>2</sup>  | 20%                        |
| <b>TYPE 5</b>    | 97 m <sup>2</sup>  | 14%                        |
| <b>TYPE 6</b>    | 110 m <sup>2</sup> | 2%                         |

La typologie des logements est la suivante :

| PIECE                              | TYPOLOGIE LOGEMENTS |    |    |    |    |
|------------------------------------|---------------------|----|----|----|----|
|                                    | T2                  | T3 | T4 | T5 | T6 |
| Cuisine                            | X                   | X  | X  | X  | X  |
| Séjour                             | X                   | X  | X  | X  | X  |
| Salle d'eau                        | X                   |    | X  | X  | X  |
| Salle de bain                      |                     | X  | X  | X  | X  |
| WC séparé                          |                     | X  | X  | X  | X  |
| Chambre principale                 | X                   | X  | X  | X  | X  |
| Chambres supplémentaires           |                     | 1  | 2  | 3  | 4  |
| Buanderie                          |                     | X  | X  | X  | X  |
| Balcon et/ou terrasse et/ou jardin | X                   | X  | X  | X  | X  |



### ANNEXE 3 : VOLET ECONOMIQUE (ESTIMATION)

| <b>Dépenses</b>  |  | <b>Montant HT</b>  |
|--|--|--------------------|
| <b>Coût total opération</b>                                    |  | <b>7 447 000 €</b> |
| Coût foncier   |  | 539 640 €          |
| Coût Travaux   | dont démolition  | 5 055 538 €        |
| Coût VRD   |  | 209 916 €          |
| Coût des moyens de production EnR                              |  | 361 696 €          |
| Coût Honoraires  |  | 639 693 €          |
| <b>Sous total1 - Etudes Préalables &amp; AMO programmation</b> |  | <b>73 868 €</b>    |
| Etudes préalables  | étude de sol, analyse de site ..                                 | 7 353 €            |
| AMO (total)  |  | 66 515 €           |
| TOPOS  | Architecte (faisabilité)   | 18 600 €           |
| AURIS  | Programmiste   | 40 340 €           |
| SOCOTEC  | Bureau de contrôle   | 3 850 €            |
| WIGWAM   | Etanchéité à l'air (hors tests finaux pour label BBC Effinergie) | 3 725 €            |
| <b>Sous total2 - Maitrise d'œuvre</b>                          |  | <b>413 825 €</b>   |
| IN SITU  | architecte   | 200 000 €          |
| POUGET   | fluides  | 56 350 €           |
| POUGET   | thermique  | 14 000 €           |
| QUILLE   | BE Entreprise  | 143 475 €          |
| <b>Sous total 3 - Indemnités concours</b>                      | 4 équipes non retenues à 38k€                                    | <b>152 000 €</b>   |
| Coût autre (TVA non récupérable, structure...)                 |  | 640 517 €          |
| <b>Recettes</b>  |  | <b>Montant HT</b>  |
| <b>Recette totale</b>  |  | <b>7 447 000 €</b> |
| Fonds propres 1  | reconstitués par la revente de Certificat Economie Energie       | 234 000 €          |
| Fonds propres 2  | non reconstitués   | 1 050 000 €        |
| Emprunts   |  | 5 659 000 €        |
| Subvention 1   | Etat   | 56 000 €           |
| Subvention 2   | ANRU   | 155 000 €          |
| Subvention 3   | Nantes Métropole   | 238 000 €          |
| Subvention 4   | Conseil Général  | 25 000 €           |
| Subvention 5   | GIC  | 30 000 €           |
| <b>Coûts de maintenance</b>                                    |  | <b>Montant HT</b>  |
| Coût de maintenance  | Installation Photovoltaïque en € HT/an                           | 1 670 €            |
| Coût de maintenance  | Power-pipeen € HT/an   | 2 000 €            |