



NOTRE PRIORITÉ : BAISSER LES CONSOMMA- TIONS D'ÉNERGIES

EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT, IL S'AGIT AVANT TOUT, DE PRODUIRE DES BÂTIMENTS ÉCONOMES. NOUS PRENONS COMME BASE DE TRAVAIL, LES OBJECTIFS DE LA DÉMARCHE PASSIVHAUS, AVEC UNE CONSOMMATION DE CHAUFFAGE INFÉRIEURE À 15 KWH/M². D'AUTRE PART LE NIVEAU DE PERFORMANCE BBC EST ÉGALEMENT RECHERCHÉ. LE LABEL IMPLIQUE UNE CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE PRIMAIRE INFÉRIEURE À 50 KWHEP/M²/AN. CETTE VALEUR EST AFFECTÉE D'UN COEFFICIENT VARIABLE SELON LA RÉGION CONSIDÉRÉE. NOTRE PROJET ÉTANT VOUÉ À S'APPLIQUER PARTOUT EN FRANCE NOUS RAISONNERONS AVEC UN COEFFICIENT ÉGAL À 1 POUR PLUS DE VISIBILITÉ. POUR ATTEINDRE CET OBJECTIF ET POUR LIMITER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET, LES SYSTÈMES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE UTILISERONT DES SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES COMME LE SOLAIRE OU LA BIOMASSE.

UN CHAUFFAGE SANS ÉMETTEUR STATIQUE

Le projet est capable d'assurer sa distribution de chauffage sans émetteur statique. Il utilisera l'air insufflé dans les logements pour compenser les faibles pertes de chaleur auxquelles il est soumis. Ce dispositif simplifie la distribution des fluides et des réseaux dans le logement, diminue le nombre d'organes soumis à maintenance, et présente le meilleur rapport qualité / prix.

Avec une consommation de chauffage inférieure à 15 Kwh/m², la question du mode de chauffage se pose de manière spécifique. Si la demande de chauffage est faible, la distribution de chauffage doit être conçue en conséquence.

UNE ENVELOPPE "PASSIVE"

par l'extérieur permet de limiter les ponts thermiques, et contribue à renforcer l'étanchéité à l'air de l'ensemble. L'isolation de la toiture et du sol présentent des résistances thermiques élevées. Les châssis sont montés avec un triple vitrage performant ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2.K$) avec menuiseries bois.

Les parois extérieures seront constituées d'un complexe isolant constitué de laine de bois comme isolant intérieur, de ouate cellulosique entre les montants bois, et d'une isolation extérieure en fibre de bois. La continuité de l'isolation

Avec un taux de vitrage égal à 20% de la surface totale des façades Nord et Sud, on obtient un équivalent de surface de vitrage par logement de 70 m² égal à 11 m².

Cette surface se répartie entre les espaces de la manière suivante :

- 7 m² dans l'espace de vie (orienté sud)
- 4 m² dans les chambres, les sanitaires et les circulations (orientés nord)

Dans l'espace de vie, cette surface de fenêtre permet un facteur lumière du jour de l'ordre de 3%, ce qui est suffisant pour satisfaire les besoins d'éclairage naturel et permet de limiter les déperditions thermiques.

Les performances thermiques des bâtiments sont les suivantes :

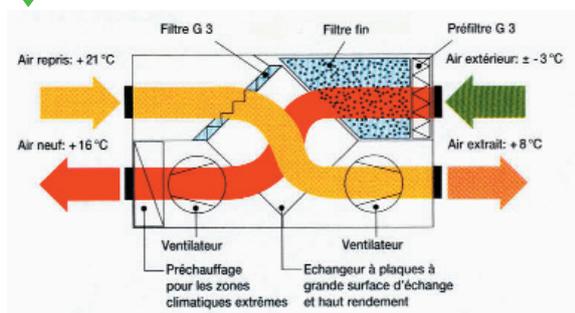
Coefficient de transmission surfacique U	
Parois extérieures	0,18 W/m ² .K
Toiture	0,15 W/m ² .K
Sol	0,30 W/m ² .K
Triple vitrage + menuiserie bois	0,90 W/m ² .K

→ Soit $U_{bât} = 0,271 \text{ W/m}^2.K$

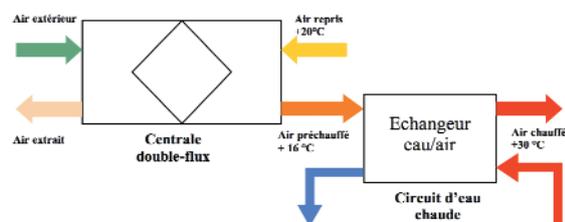
UNE VENTILATION MULTI-FONCTIONS

échangeur permet de récupérer la chaleur de l'air vicié pour réchauffer l'air frais, sans mélanger les flux pour assurer une excellente qualité de l'air dans le bâtiment.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE DOUBLE-FLUX



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION ET DU CHAUFFAGE POUR UN LOGEMENT



La ventilation double flux assure à la fois le renouvellement d'air et le chauffage. L'air vicié est extrait dans les sanitaires et la cuisine et l'air neuf insufflé dans les pièces de vie comme les chambres, le salon et la cuisine. Un

Le système de ventilation double-flux à haut rendement permet une récupération de chaleur de l'air vicié à hauteur de 85 %.

Chaque logement est équipé d'une centrale double-flux individuelle qui permet de renouveler l'air de l'appartement.

Un échangeur air/eau est ensuite placé en réseau avec la centrale afin d'assurer le complément de chauffage de l'air. L'eau chaude qui alimente l'échangeur est produite par un système de production de chaleur décrit dans le paragraphe suivant.

Le système est placé en faux-plafond dans les sanitaires. Des gaines horizontales assurent la distribution et l'extraction de l'air dans les autres pièces de l'appartement.

Le système fonctionne à débit constant, la régulation s'effectue sur la température de l'air soufflé selon la température de l'air repris.

Un caisson de soufflage et d'extraction est placé sur le toit, pour chaque « colonne ».

Pour chaque colonne, des gaines de soufflage et d'extraction alimentent l'ensemble des centrales double-flux. Ces gaines sont dédoublées pour limiter la propagation des bruits aériens entre logements situés à un même niveau.

Chaque ventilateur est commun à une colonne de logement. Dans chaque colonne il y a deux gaines d'extraction et de soufflage verticales qui alimentent l'ensemble des centrales double-flux de la colonne.

PERMÉABILITÉ À L'AIR DE L'ENVELOPPE

La perméabilité à l'air conditionne dans une large mesure les performances environnementales d'un bâtiment en agissant à la fois sur ses performances énergétiques, la qualité du confort obtenue (thermique, acoustique et qualité d'air intérieur) et la conservation du bâtiment.

En pratique, chaque entreprise doit assurer la continuité de l'étanchéité et notamment au niveau des :

- Menuiseries extérieures (éléments de menuiseries dont portes d'entrée, et liaisons menuiseries/façade)
- Liaisons entre les parois (continuité du pare vapeur devant tous les éléments de structure)
- Equipements électriques (manchons)
- Trappes et tout élément traversant les parois (spécialement ici vis-à-vis des éléments de ventilation traversant la toiture)
- Percements réalisés dans les parois pour effectuer le remplissage par la ouate de cellulose

→ Notre objectif pour cette opération est d'obtenir un indice de perméabilité à l'air sous 4Pa : $I_4 \leq 1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{façade}}$ et un taux de renouvellement d'air sous 50Pa : $n_{50} \leq 1.5 \text{ Vol/h}$

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Grâce aux dispositions décrites précédemment la consommation d'énergie du bâtiment se trouve fortement réduite. Les besoins pour chacun des postes sont les suivantes :

Performances	
Chauffage	15 kWh utile /m ² SHON
ECS	27 kWh utile /m ² SHON
Electricité : Ventilation	6 kWh elec /m ² SHON
Eclairage	3 kWh elec /m ² SHON
Auxiliaires	0,5 kWh elec /m ² SHON

- La consommation de chauffage est inférieure au seuil fixé en passivhaus.
- La consommation d'énergie primaire est inférieure au seuil fixé en BBC Effinergie.

UNE STRATÉGIE ADAPTÉE POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR

Une installation de panneaux solaires thermiques en toiture assure une partie de la production d'eau chaude sanitaire. L'appoint est assuré par le système de chauffage décrit dans les paragraphes suivants. Une surface de 30 m² de capteurs solaires couvre 50 % des besoins totaux en eau chaude sanitaire pour une unité (3 allées). Un disposi-

tif de production d'eau chaude est prévu pour chacune des allées comportant 5 à 6 logements. Un module de micro-cogénération au gaz peut être mis en place au niveau d'un bâtiment.

UNE MICRO-COGÉNÉRATION POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ

Cette technologie est particulièrement adaptée aux opérations de petites échelle (une ou deux unités de 17 logements). Un micro-cogénérateur domestique au gaz permet de satisfaire la demande en chauffage et en eau chaude sanitaire d'une habitation tout en produisant de l'électricité. L'électricité générée peut être utilisée pour alimenter les appareils en fonctionnement dans la maison ou réinjectée sur le réseau de distribution. Ces modules sont conçus pour les besoins énergétiques d'une maison individuelle classique. Compte tenu des faibles besoins en énergie, le même système peut alimenter en chaleur un ensemble de 5 à 6 logements.

Notre choix s'est tourné vers la micro-cogénération puisqu'elle présente un avantage environnemental. Elle permet de produire de l'électricité et de la chaleur simultanément. Cette électricité est produite lorsque la demande énergétique est la plus élevée c'est-à-dire lorsqu'il y a des appels de chaleur. Elle a donc un faible contenu carbone car elle évite la production d'une électricité nationale à plus fort contenu carbone produite en période de pointe.

Le choix du gaz comme combustible principal plutôt que le bois permet d'éviter la mise en place d'une zone de stockage du bois coûteuse en espace dans le cas de la construction d'une ou deux unités.

N.B : Un titre V est paru en mars 2009, pour permettre la prise en compte de l'électricité produite par la micro-cogénération domestique dans le calcul réglementaire thermique. Les installations doivent avoir une puissance électrique comprise entre 0,5 et 1,5 kW, une puissance thermique totale inférieure à 30 kW (dont 4 à 8 kW pour le module principal de micro-cogénération).

Un module micro-cogénération est installée par allée de 5 à 6 logements soit trois modules par unité. Un local technique pour chaque allée abritera le module micro-cogénération, ainsi que les ballons de production d'eau chaude sanitaire.

LE BOIS ÉNERGIE POUR LES OPÉRATIONS DE PLUS GRANDE AMPLEUR

Dans le cas où plusieurs unités sont construites (plus de 34 logements), un système de production de chaleur centralisé devient économiquement intéressant.

La chaufferie assure la couverture des besoins en chauffage et le reste des besoins en eau chaude sanitaire. Afin d'optimiser le dimensionnement de la chaudière bois, celle-ci fonctionne couplée avec une chaudière d'appoint au gaz.

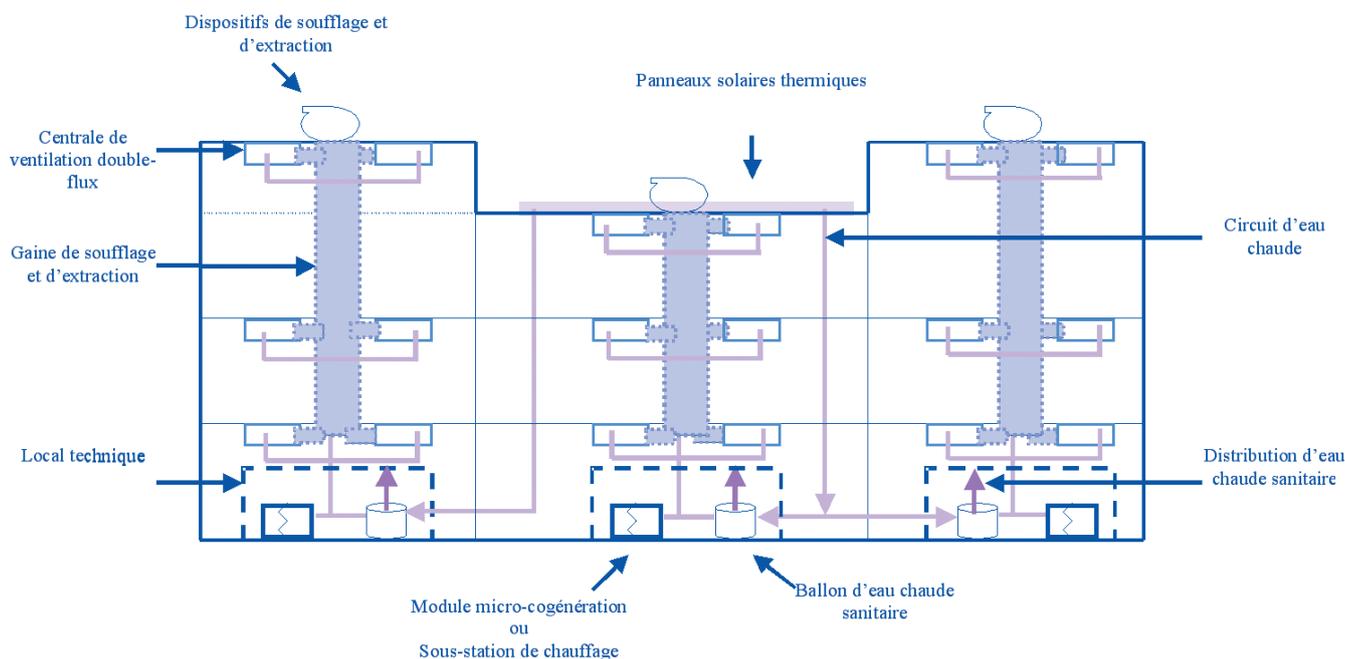
Le dimensionnement des chaudières, comme indiqué dans le tableau ci-dessous, permet d'atteindre un taux de couverture des besoins de chaleur par le bois d'environ 90 % :

	3 unités	4 unités	5 unités
Puissance bois	35 kW	50 kW	60 kW
Puissance appoint	55 kW	70 kW	120 kW

Un bâtiment devra être conçu pour abriter :

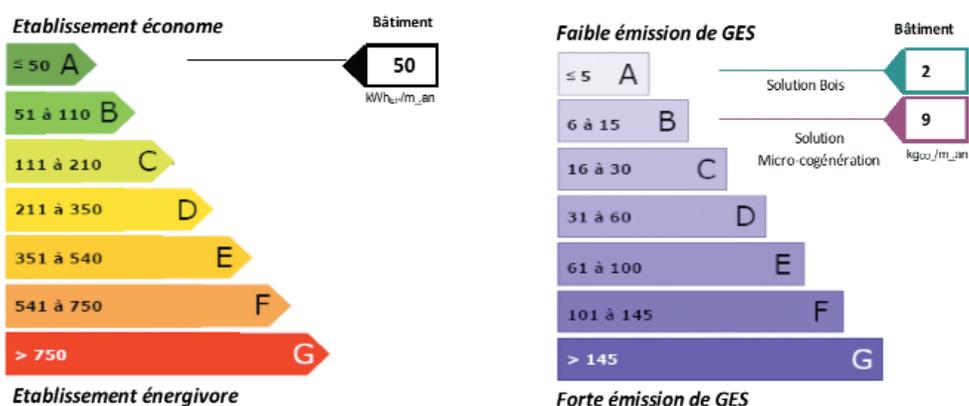
- le silo de stockage du combustible bois
- la chaudières bois
- la ou les chaudières gaz
- le système hydraulique permettant d'alimenter le système de distribution d'eau chaude dans les différentes unités
- le système électrique

Au total, la surface au sol nécessaire pour la construction de ce bâtiment sera comprise entre 24 et 36 m² selon le nombre d'unités. A cela s'ajoutera un espace de déchargement et de retournement pour le camion assurant la livraison du combustible ainsi qu'un périmètre permettant la circulation autour des bâtiments. Les contraintes sur la localisation de la chaufferie laisse une grande liberté architecturale à son intégration harmonieuse sur le site, notamment pour prendre en compte le mieux possible les contraintes de livraison.

SCHEMA DE PRINCIPE POUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE - 1 UNITÉ

UN BÂTIMENT DE CLASSE A

Pour les deux scénarios, le label BBC est respecté avec une consommation d'énergie primaire égale à 50 kWh/m². Ils présentent également une faible émission de gaz à effet de serre.



UNE ÉCONOMIE MAÎTRISÉE

Nombre de logements par bâtiment 17 / soit 34 pour une configuration double, en îlot.

Pour un îlot :

SHAB : 2460m²
 SHOB : 3600m²
 SHON PC* : 2830m²
 (compris déduction d'une surface à 5% et d'une surface forfaitaire de 5m² par logement PMR)

Les ratios obtenus sont performants :

SHAB/SHON : 0,86
 SON/SHOB : 0,78

Coût total des travaux (HT) par logement : 101 500 € / logement

Coût total des travaux (HT) au m² de surface habitable : 1450 € HT/m²

Le coût des travaux ne comprend pas les travaux de VRD et Espaces Verts.

Coût prévisionnel des travaux par poste :		pour 1 logement	par m ²
		70,00	2 460,00
ossature et enveloppe	2 320 852,85	66 040,53	943,44
partitions et finitions	622 774,25	17 721,22	253,16
CVC et lot technique	609 558,03	17 345,15	247,79
aménagement extérieur	13 814,87	393,11	5,62
TOTAL HT	3 567 000,00	101 500,00	1 450,00

Afin d'évaluer le gain économique réalisé, le tableau suivant compare les coût de fonctionnement entre notre bâtiment et un bâtiment classique satisfaisant les conditions de la RT 2005 et utilisant un système de chaudière au gaz collective et une ventilation simple flux.

Consommations	Bâtiment RT 2005	Projet PUCA	
	Chauffage : 80 kWh utile/m ² SHON ECS : 15 kWh utile/m ² SHON	Chauffage : 15 kWh utile/m ² SHON ECS : 15 kWh utile/m ² SHON	
	Ventilation Simple flux	Ventilation double flux	
	Solution chaudière à condensation gaz	Solution Micro-cogénération	Solution Chaufferie Bois
Chaleur	6,2 €/m ² /an	2,5 €/m ² /an	2,0 €/m ² /an
Electricité	0,46 €/m ² /an	0,36 €/m ² /an	0,67 €/m ² /an
Total fonctionnement annuel	6,6 €/m²/an	2,9 €/m²/an	2,7 €/m²/an

→ **Notre système de chauffage permet de diminuer de plus de moitié les coût de fonctionnement lié à consommation énergétique.**

LA FIABILITÉ, UNE AFFAIRE D'ÉQUIPE

d'opérations complexes et de grande envergure. En phase de conception et de mise au point, chacun est strictement sollicité dans son domaine de compétence et de spécialité. La synthèse est assurée par la cellule études d'Arbonis. En phase opérationnelle, comme nous l'avons déjà signalé, le recours à la préfabrication de macro-composants permet de limiter les aléas de réalisation sur chantier contenant l'ensemble des problèmes dans les phases d'études, là ou ces derniers sont facilement maîtrisable et sans réel impact financier, l'ensemble participe à fiabiliser le délai et la qualité de réalisation. L'assemblage des panneaux sera réalisé sur site par des équipes spécialisées et formées à ce type de montage.

La performance du concept est liée à la capacité de production de macro-composants sur des sites industriels ad-hoc, et si possible proche du site de l'opération, et à la présence d'une offre « d'assembleurs-levageurs », aptes à assembler les composants standards sur un chantier. Si les fabricants de composants existent et se développent, en revanche les « assembleurs-levageurs » sont encore peu nombreux: il s'agit là d'un nouveau métier en pleine émergence. Les entreprises de l'équipe, notamment la société Arbonis sont engagées activement dans cette démarche.

Le reste des ouvrages, notamment la réalisation de planchers collaborants sont des procédés usuels, légers et facile à mettre en œuvre permettant de limiter la mise en œuvre d'un étaieement important par rapport à une solution dalle béton pleine sur prédalles ou coulée en place. elle permet également de limiter les poids de la structure tout en offrant de bonne performance acoustique. Ces techniques sont parfaitement maîtrisées par notre groupement, et plus particulièrement par l'entreprise Pitance. Les références des entreprises Arbonis et Pitance, présentées en annexe témoignent de notre engagement en termes de fiabilité (attestations ISO 9001 et 14001 annexées). L'ingénierie est assurée par Tectoniques architectes, Arborescence structures, et Girus fluides. Chacune de ces sociétés possède des références dans le domaine de la consultation, notamment sur des projets d'éco-quartiers, en cours de réalisation à Vichy, Clermont Ferrand, Bassens...

UN CHANTIER BREF, UNE QUALITÉ MAÎTRISÉE

La préfabrication permet également un contrôle parfait de la qualité, notamment en raison des qualités de l'environnement des travailleurs qui dispose de plans de travail adaptée, chauffé et sec permettant une mise en œuvre optimale des matériaux. La mise en œuvre de technique simple est connu de chaque membre spécialiste permet la réalisation d'un îlot de 34 logements sur une période de 8 mois.

Le planning prévisionnel joint présente le délai de réalisation de notre système constructif décomposé en trois phases (conception, préparation, travaux de montage).

La particularité des ouvrages en bois réside dans la part importante de la place des études. Les éléments sont préfabriqués et il convient de ne pas les modifier sur site.

PLANNING PRÉVISIONNEL DES TRAVAUX

MOIS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
CONCEPTION																
DÉPÔT PC																
PREPARATION																
TRAVAUX																
LOT OSSATURE ENVELOPPE																
LOT PARTITION FINITION																
LOTS TECHNIQUES																

LES MACRO-LOTS: UN ALLOTISSEMENT SIMPLIFIÉ

Le projet est réalisé par 4 pôles de compétences qui permettent une approche séquentielle et optimisée du chantier :

- Infrastructure, génie civil et VRD
- Structures et enveloppes jusqu'au hors d'eau / hors d'air (Levage et assemblage des macro-composants)
- Ensemblier intérieur (dont pose des pieuvres hydro et élec)
- Finitions et équipements (dont pose des appareils sanitaires)

L'objectif est de limiter le nombre d'acteurs et les interférences entre lots, et d'assurer notre engagement sur les délais.

→ Voir séquence de montage page 20.

DES RÉSEAUX "PLUG & PLAY"

gérés par des spécialistes, les réseaux sont dorénavant des systèmes "kits" prêts à brancher. Ces pieuvres sont mises en place par "l'ensemblier intérieur". Le temps de pose est réduit, les malfaçons et les interfaces complexes sont supprimées.

L'apparition des pieuvres électriques et hydro permet de simplifier la séquence réseau et de confier la pose et la mise en place de ces derniers à des intervenants généralistes. Finis les câblages et les branchements laborieux.

Sur l'architecture des réseaux nous préconisons une concentration de l'hydro dans le noyau central, de part et d'autre de la gaine, et une distribution électrique en paroi et plafonds pour le reste des locaux. Les sols courants sont "secs" de tout réseau. Dans les pièces de séjour, une plinthe électrique en applique, permet de distribuer au plus près des besoins...