

DOMAINE DU BEUBOIS À ORBEY

EXEMPLE D'UN BÂTIMENT PASSIF



LA CONSTRUCTION PASSIVE

Détail d'une construction à basse consommation d'énergie

ANALYSE ÉNERGÉTIQUE & ÉCONOMIQUE

Consommation, charges et financement

TÉMOIGNAGES

Les équipes du projet





BÂTIMENT PASSIF DU FOYER DE VIE ET D'ACCUEIL POUR PERSONNES ADULTES HANDICAPÉES, DOMAINE DU BEUBOIS À ORBEY.

L'appel à projets 2014 « Bâtiments passifs » a accompagné financièrement et techniquement les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre volontaires dans une démarche de réflexion globale pour réduire l'empreinte énergétique et environnementale des bâtiments.

L'appel à projets 2013-2014 « Ecomatériaux » de la Région visait à accompagner le développement de solutions constructives non reconnues recourant à des écomatériaux dans le cadre d'opérations de construction ou de rénovation de bâtiments énergétiquement performants.

Dans le cadre de ces appels à projets, l'association l'Âtre de la Vallée a construit un bâtiment pilote dont l'objectif est d'atteindre le niveau passif, avec les particularités suivantes :

- bâtiment de grande hauteur en ossature bois avec isolation paille ;
- fondations : dalle portée nervurée sur isolant.

Plus qu'un enjeu énergétique, le concept du passif nécessite un travail accru à la conception pour obtenir des projets performants à coût maîtrisé.

La finalité de ces appels à projets est d'aboutir à la réalisation de bâtiments démonstrateurs et de contribuer à la reconnaissance technique des solutions proposées.

▶ LES ACTEURS DU PROJET

Maître d'ouvrage : Association Âtre de la Vallée
Architecture : Ateliers d-Form, Matthieu Husser (associé)
BET : Terranergie

▶ COMPOSITION DU BÂTIMENT

- 1716 m² SHONRT – 1562 m² SU – 1598 m² SDP
- 2 FAS (Foyer d'Accueil Spécialisé) de 14 et 15 chambres
- 1 FATH (Foyer d'Accueil pour Travailleurs handicapés) de 7 chambres
- Lieux communs (salons, salles à manger)

▶ COÛT

Construction (hors VRD) : 2 000 000 € HT,
soit 1251,56 € HT/m² SDP
Charges estimatives (chauffage) : 1 € TTC/m²/an
Charges estimatives (électricité) : < 7 € TTC/m²/an

▶ ESTIMATION DE LA CONSOMMATION

Cinq postes réglementaires RT2012 :
139,1 kWh/m² SHONRT.an
Chauffage et ECS : 9,6 kWh/m² SHONRT.an
et 41,8 kWh/m² SHONRT.an



La construction passive est une notion désignant un bâtiment dont les besoins de chauffage sont très bas et la consommation énergétique globale faible. Il repose sur un concept global de construction à basse consommation d'énergie : architecture bioclimatique, isolation et étanchéité à l'air très performantes, contrôle de la ventilation, traitement des ponts thermiques et limitation de la consommation des appareils ménagers.

DESCRIPTION DE LA QUALITÉ DE L'ENVELOPPE

L'un des points clés de la réalisation d'une enveloppe de qualité repose sur **l'association et la coopération des différents acteurs du projet**.

Lors de la phase de conception, les échanges entre l'architecte et le bureau d'études thermiques permettent d'élaborer une enveloppe performante à coût maîtrisé grâce à un ensemble de **choix techniques validés par les simulations thermiques dynamiques**.

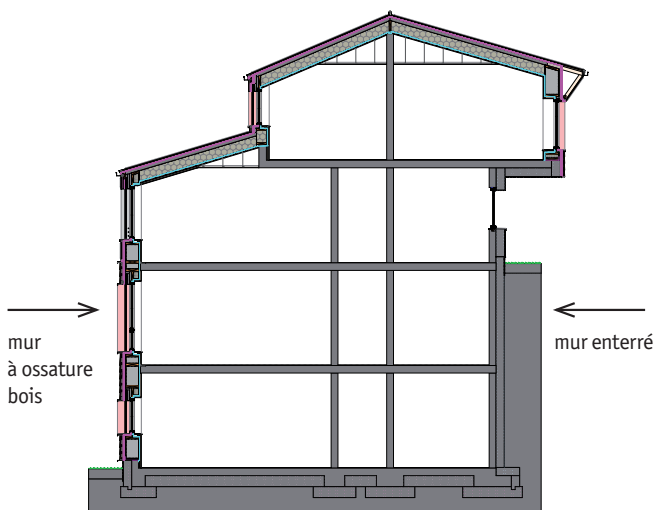
Lors de la phase de construction, **les performances énergétiques finales sont directement dépendantes de la bonne gestion des interfaces entre les corps de métier**, notamment pour éviter les défauts d'étanchéité à l'air et les ponts thermiques. La maîtrise d'œuvre doit garantir **une forte implication des entreprises** et une bonne organisation entre elles tout au long du chantier. En effet, les entreprises intervenant sur le bâti doivent respecter une mise en œuvre précise et rigoureuse des matériaux de construction.

➤ COMPOSITION DES PAROIS

Toiture

Épaisseur totale : 52 cm, dont 40 cm d'isolant
 $U=0,115 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

- Couverture zinc à joint debout
- Volige avec lame d'air ventilée (6 cm)
- Pare-pluie HPV
- Fibre de bois rigide en sarking (10 cm)
- Chevron bois + insufflation ouate de cellulose (30 cm)
- Frein-vapeur hygrovARIABLE
- Contre-lattes+habillage plaque de plâtre (6 cm)



La forte déclivité du terrain engendre des compositions de murs différenciées, entre la partie enterrée, et la partie non enterrée

► MUR ENTERRÉ

Epaisseur totale : 44 cm, dont 24 cm d'isolant
 $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

- Couche drainante+étanchéité collée
- Panneau de polystyrène expansé (24 cm)
- Voile béton armé (20 cm)

► MUR À OSSATURE BOIS

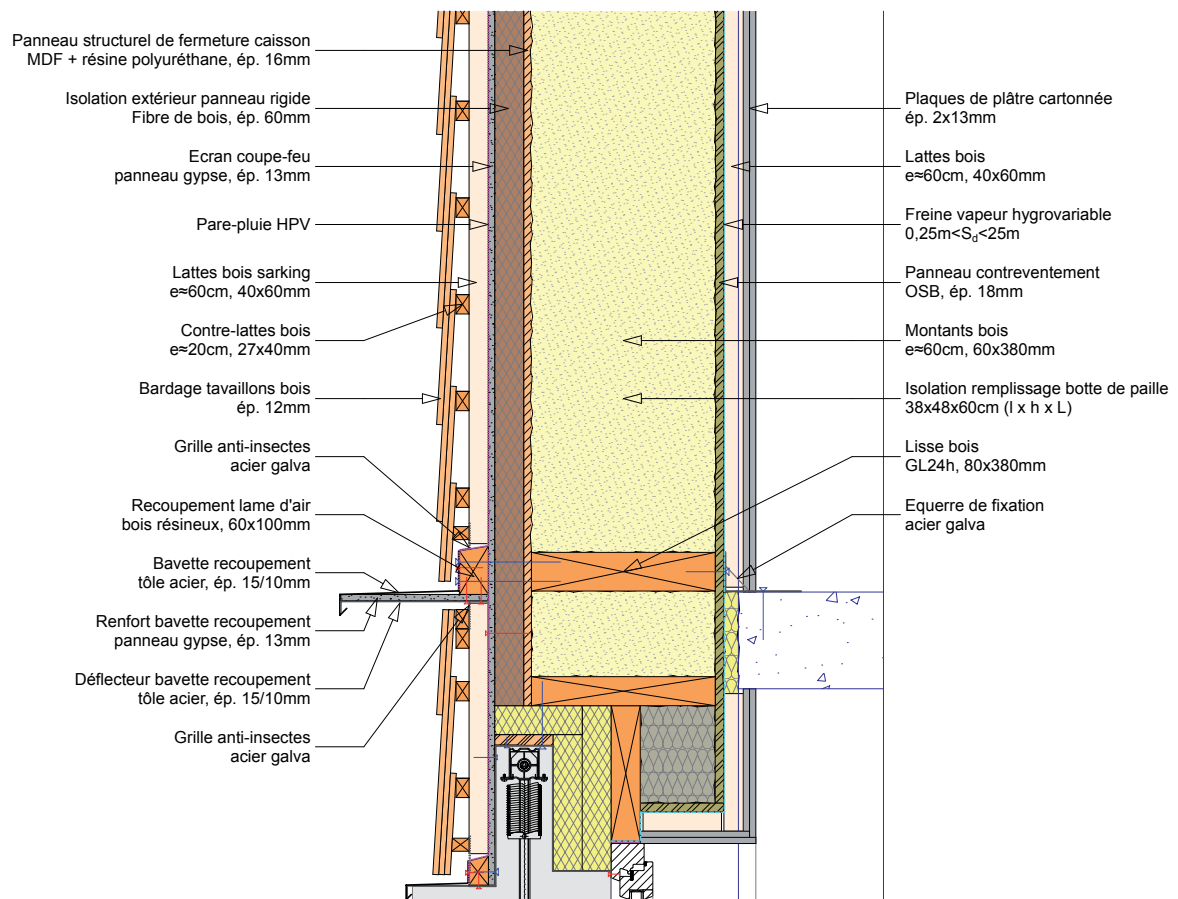
Epaisseur totale : 63 cm, dont 44 cm d'isolant
 $U=0,118 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

- Bardage en tavaillon ventilé (8 cm)
- Pare-pluie HPV
- Ecran de protection feu ouvert à la diffusion de vapeur (1,3 cm)
- Fibre de bois rigide en sarking (6 cm)
- Caisson isolé préfabriqué :
 - Panneau de fermeture extérieur ouvert à la diffusion de vapeur (1,6 cm)
 - Botte de paille (38 cm)
 - Panneau de contreventement intérieur (1,8 cm)
- Frein-vapeur hygrovariable
- Contre-lattes + habillage plaque de plâtre (6 cm)



► L'isolation en paille pour bâtiment en ossature bois de grande hauteur (dont la hauteur de la dalle du dernier étage est supérieure à 8 mètres par rapport au sol) n'était pas réglementairement reconnue.

Il a fallu effectuer un essai appelé LEPiR2 (local expérimental pour incendie réel à 2 niveaux) afin de respecter l'IT249 (instruction technique pour la réglementation de sécurité incendie dans les établissements recevant du public). La validation de cet essai ouvre la possibilité à d'autres projets de bâtiments de grande hauteur avec locaux de sommeil d'utiliser le même système constructif (ossature bois + isolation paille).



► ISOLATION DU SOL

Le bâtiment ne repose pas sur des fondations classiques mais sur une dalle portée nervurée. Les nervures reposent sur un isolant porteur de 32 cm et le reste des dalles portées repose sur un isolant non porteur de 32 cm également. Ce procédé de fondation à ancrage au sol permet d'être thermiquement très performant mais aussi très économique car il réduit les isolants porteurs, les aciers et le béton au strict nécessaire.

Mise en œuvre

Sous forme de plaques assemblées par rainures et languettes, le matériau isolant est posé en couches alternées directement sur un béton de propreté sous l'emprise des nervures de fondation. Le radier est ensuite coulé sur l'isolant.

Performances techniques

Plancher bas

Épaisseur totale : 54 cm, dont 32 cm d'isolant

$U = 0,105 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

- Panneau de polystyrène expansé (32 cm)
- Dalle portée béton armé (22 cm)

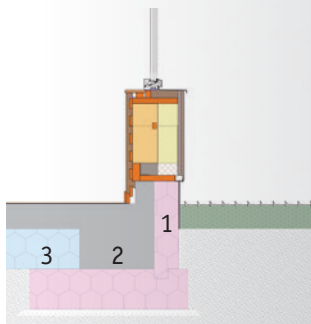
Fondation nervurée

Épaisseur totale : 86 cm, dont 32 cm d'isolant

$U = 0,112 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

1. Panneau de polystyrène extrudé porteur (32 cm)
2. Dalle portée (22 cm) & nervure en béton armé (32 cm)
3. Panneau polystyrène expansé

► Les polystyrènes extrudés se différencient essentiellement des polystyrènes expansés par leur plus grande résistance à la compression et à l'humidité.



Les avantages de ce système :

- minimiser la quantité de ferrailage ;
- minimiser la quantité de polystyrène porteur (+ coûteux) ;
- optimiser la quantité de béton utilisé.



► ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

L'étanchéité à l'air performante est obtenue grâce à une attention particulière sur les points suivants :

- application homogène d'une couche de corps d'enduit intérieur en terre ;
- étanchéification de chaque traversée des gaines techniques, de la distribution électrique et des réseaux ;
- étanchéification minutieuse de chaque encadrement de baies et continuité avec l'enduit terre ;
- réduction au minimum des percements de l'enveloppe étanche.

Résultat des tests

Test non réalisé à la date d'impression. Le résultat devra être conforme à la référence du label Passivhaus : $n_{50} < 0.6 \text{ Vol/h}$. L'exigence de la maîtrise d'œuvre étant d'obtenir 0.3 Vol/h .

► MAÎTRISE DES POINTS SINGULIERS

Les solutions pour traiter les ponts thermiques sont étudiées dès le démarrage de la phase de conception.

Sur ce projet, plusieurs aspects généralisables amènent à une maîtrise des points singuliers.

- Compacité du bâtiment.
- Liaison au sol sur radier isolé par l'extérieur.

► INERTIE ET APPORTS NATURELS

L'inertie du bâtiment est renforcée grâce à la forte masse de la dalle basse en béton, du mur périphérique enterré et des murs de refend situés au cœur de l'enveloppe chauffée. Une fois portés à température ambiante, ces ouvrages maintiendront un niveau de chaleur continu dans le bâtiment et réduiront l'amplitude des variations thermiques. Les apports naturels de lumière et de chaleur sont optimisés par une enveloppe faiblement vitrée côté nord mais généreusement ouverte côté sud. Ces ouvertures sont dotées de brise soleil orientables afin d'éviter un phénomène de surchauffe.

Les apports solaires sont évalués à $15\,761 \text{ kWh/an}$.

► ISOLATION THERMIQUE DES PORTES ET FENÊTRES

Les fenêtres en bois-alu sont de type triple vitrage à rupture de pont thermique d'un $U_w = 0,66 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

L'OPTIMISATION DES ÉQUIPEMENTS

La conception d'une enveloppe extérieure très performante doit être couplée avec des équipements (chauffage, eau chaude sanitaire et ventilation mécanique) optimisés dans leurs choix et leurs dimensionnements. Elle tient compte des particularités techniques et naturelles (déperditions, orientation du bâtiment, apports solaires passifs) du projet.

► CHAUFFAGE

Dans les bâtiments passifs, les très faibles déperditions des parois et du renouvellement d'air amènent à de faibles besoins en production de chaleur. La production de chaleur est assurée par une chaudière plaquettes collective qui alimente tout le site.

L'émission de la chaleur dans le bâtiment passif est réalisée par l'intermédiaire de radiateurs dans les grandes pièces de vie (salon) et par des batteries hydrauliques de chauffage (chauffage sur l'air) dans tout le reste du bâtiment. Ces émetteurs de chaleur sont régulés à l'aide de thermostat d'ambiance de précision.

Cela permet d'assurer une régulation au plus proche des besoins en tenant compte des apports internes et des apports solaires gratuits.

Mise en œuvre

Le besoin de chaleur d'une maison passive est tellement faible que les pertes thermiques dues à la distribution de chaleur peuvent représenter une part importante de la production. Les rendements de distribution ont été maximisés par :

- une diminution du linéaire de distribution,
- un chemin le plus court et le plus simple possible pour desservir les chauffages des quatre niveaux

► EAU CHAUDE SANITAIRE

La production d'ECS est assurée par la même chaudière plaquettes collective qui alimente tout le site.

La phase de conception a apporté :

- la superposition des équipements sanitaires, pour limiter les bouclages (grands consommateurs d'énergie) ;
- l'installation de réducteurs de débits afin de limiter la consommation d'eau.

Performances techniques du système de chaleur :

- le rendement de la production est compris entre 90 et 94 % ;
- le rendement du stockage et de la distribution est de 75 % (réseau de chaleur et ballon de stockage Eau Chaude).

► CONFORT D'ÉTÉ

Le confort d'été est un paramètre thermique dont il faut tenir compte dans les bâtiments à isolation et étanchéité performantes. Si la phase de conception apporte des solutions au confort d'été, la programmation du fonctionnement hebdomadaire de la ventilation mécanique est à adapter durant les congés d'été pour protéger le bâtiment de la surchauffe. La phase de conception a apporté :

- la maîtrise des apports et usages internes ;
- une protection contre l'ensoleillement direct ;
- une ventilation performante ;

► VENTILATION

Le renouvellement d'air de l'ensemble du bâtiment est assuré par une ventilation mécanique double flux à haute performance permettant la récupération de la chaleur de l'air extrait. Cette centrale de ventilation est entièrement programmable par horloge hebdomadaire (permettant d'avoir des débits réduits les week-ends et de couper la ventilation la nuit).

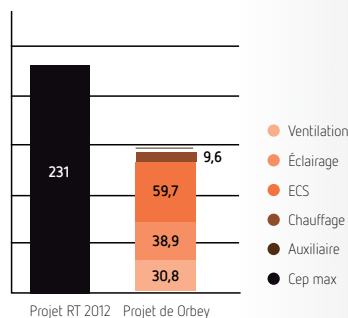
Le réseau aéraulique rattaché au système a été conçu afin d'assurer une étanchéité à l'air des réseaux de classe B (taux de fuite de 2 %). L'affaiblissement phonique est également assuré par un niveau sonore inférieur à 30dB(A)

Mise en œuvre

Les défauts d'étanchéité proviennent en majeure partie des connections et autres raccords (accessoires du réseau) et non pas des conduits eux-mêmes. Ce projet a particulièrement soigné les liaisons par l'utilisation de jonctions (tés, collecteurs d'étages, etc.) étanches préfabriquées en usine.

Performances techniques de la ventilation mécanique et de son réseau :

- rendement de l'échangeur de chaleur : **81 %** ;
- consommation électrique de 0.43 Wh/m³ ;
- le coût de la **maintenance des 3 centrales double flux (changement des filtres)** est de 800 €/an ;
- niveau d'étanchéité du circuit aéraulique non testé à ce jour. Il devra atteindre la **classe B (taux de fuites < 2 %)**.



► ÉSTIMATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Décomposition de la consommation d'énergie primaire (Cep -RT2012) exprimée en kWh ep/m² SHONRT.an.

Cep max = 231 kWh ep/m² SHONRT.an

Cep projet = 139,1 kWh ep/m² SHONRT.an

Zone : H1b

Une enveloppe étanche à l'air requiert la continuité du renouvellement d'air pour garantir une bonne qualité de l'air intérieur. Un système de ventilation performant est composé de deux ensembles.

Une ventilation mécanique contrôlée

La VMC double flux avec récupération d'énergie diminue de 70 à 90 % les déperditions de chaleur dues au renouvellement d'air. Cette performance permet une économie d'énergie de 20 à 30 %.

L'entretien régulier de la VMC permettra d'assurer les performances d'origine et une bonne qualité d'air.

Les filtres doivent être changés une à trois fois par an selon l'environnement extérieur, la saison, la classe du filtre.

Un réseau aéraulique

La distribution et l'extraction de l'air sont réalisées par un système (gainés, collecteurs, bouches...) très étanche. Selon le même principe que pour la perméabilité à l'air des bâtiments, la perméabilité à l'air des réseaux aérauliques permet de réduire fortement les fuites du réseau.

La vérification de la performance du réseau aéraulique est réalisée à l'aide d'un ventilateur permettant de mettre en surpression ou en dépression l'ensemble du réseau. Un enfumage est réalisé pour visualiser les zones de fuite. Actuellement en France, le débit de fuite moyen sur un réseau de ventilation représente **20 % du débit nominal (hypothèse de référence pour le calcul réglementaire de la RT2012)**. C'est trois fois plus que pour la classe A (la classe d'étanchéité la moins performante) qui équivaut à un débit de fuite de 6%.



► MAÎTRISE DES CHARGES

Les faibles besoins en énergie de ce projet permettront de maîtriser les charges.

Charges estimatives :

- chauffage : 1 € TTC/m²/an ;
- électricité : < 7 € TTC/m²/an ;
- entretien de la VMC : 800 € TTC/an ;
- entretien de la chaudière pour tout le site : 800 € TTC/an.

► PLAN DE FINANCEMENT DE L'OPÉRATION

Coût des travaux (hors VRD) : 2 000 000 € HT, soit 1251 € HT/m² SDP

Coût de la maîtrise d'œuvre : 240 000 € HT

Plan de financement :

- emprunt : 1 642 500 € ;
- Région : 357 500 €
- dont :
 - aide à la construction bois avec isolation paille : 187 500 € ;
 - appel à projets « bâtiments passif » : 120 000 € ;
 - appel à projets « Ecomatériaux » : 50 000 €.

ÉQUIPES DU PROJET

- Maître d'ouvrage : Association Âtre de la Vallée 68370 ORBEY atredelavallee@sfr.fr
- Architecte : Ateliers d-form –Thomas Weulersse 68230 Soultzbach les bains - contact@atelier-d-form.com
- Architecte associé : Mathieu Husser 67000 Strasbourg 03 88 22 23 65
- B.E.T Thermique, Fluides, Eco-construction: TERRAnERGIE 88580 SAULCY SUR MEURTHE - terranergie@aliceadsl.fr
- Bureaux d'étude :
 - structure bois, économie, VRD : OPTIME INGENIERIE ;
 - structure béton : GETTEC ;
 - courants faibles/forts : BET PROJELEC ;
 - SSI : FIBE ;
 - bureau de contrôle : VERITAS ;
 - SPS : VERITAS.
- Entreprises :

PAROLINI ; BARI BTP ; SARL MILLION ; NICOLAS R. ; ALFA FENORM ; OFB ; CHIODETTI PLATRERIE ; ALPHA RENO ; VINCENTZ ; ELEC 2M ; PAUL HERBACH SARL ; THEISEN ; STAMILE HERTZOG SAS ; GEISTEL REBOERT SAS ; LAMMER SARL ; LAEMMEL SARL ; ECHAPRO SCHINDLER ; GRUNENWALD SARL ; TECHNOCHAPE ; LAGOONA ; BARUCH ENVIRONNEMENT.

► LE MOT DU MAÎTRE D'OUVRAGE

L'Association l'Âtre de la Vallée a pour vocation spécifique de promouvoir l'accès au travail de toute personne handicapée ou inadaptée et de proposer à ses bénéficiaires toute solution d'hébergement et d'accompagnement social et culturel.

Le projet global comprend :

- La construction d'un foyer de vie, de niveau passif, de 1500 m² comprenant 28 places d'hébergement en FAS (Foyer d'Accueil Spécialisé) et 7 places en FATH (Foyer d'Accueil pour Travailleur Handicapé).
- La rénovation d'une friche pour création d'une salle multi activité de 200 m² avec une scène (activité sportive, théâtre, musique ou tous types de spectacles, avec possibilité d'accueillir des mariages, séminaires, classes vertes ...), salle d'une capacité de 200 places.
- La rénovation d'un espace boulangerie de 60 mètres carrés avec maintien en activité d'un four à bois datant des années 60.
- La rénovation d'un ancien bâtiment afin de créer une dizaine de salles pour les ateliers et les thérapies, des bureaux, un espace jardinage, une lingerie.
- La création d'une auberge de montagne et la rénovation de gîtes déjà existants.
- La création d'une Entreprise Adaptée pour gestion de l'auberge et des gîtes et développement du projet touristique ainsi que d'une ferme pédagogique.
- Un projet inédit où rayonneront et s'imbriqueront différentes dynamiques sociales, économiques, écologiques et culturelles.

Par l'activité de l'auberge et des gîtes, nous ferons profiter de cet espace naturel beau et bienfaisant, créé pour et avec les personnes en situation de handicap, à tout un public dit « ordinaire ».

C'est le monde du « Handicap » qui accueillera et « intégrera » le monde « ordinaire » dans cet espace de vie montagnard créé pour le « bien-être » de tous.

Le domaine du Beubois se veut un lieu exemplaire quant à ses différentes constructions et rénovations.

L'ensemble du projet s'inscrit dans une démarche de développement durable, les différentes constructions emploient des matériaux bio-sourcés, les rénovations atteignent le niveau BBC, les bâtiments neufs le niveau passif.

Les foyers de vie auront une isolation paille dont la technique a été spécialement brevetée et homologuée pour l'occasion et qui sera dorénavant reproductible par n'importe quelle structure souhaitant créer un bâtiment similaire.

L'ensemble du domaine sera chauffé par un même réseau de chaleur : chaudière bois avec des plaquettes forestières fabriquées par les travailleurs de l'ESAT. Les dépenses énergétiques seront réduites autant que possible.

Nicolas BOURCART, Association Âtre de la Vallée

► LE MOT DE L'ARCHITECTE

Le projet est ambitieux. Un ancien site de colonie de vacances à 850m d'altitude qui doit être transformé en lieu de vie et d'activités (FAS et FATH) pour des adultes handicapés.

L'objectif de ce projet était vraiment d'imaginer des restructurations permettant d'atteindre des performances énergétiques idéales, en même temps de réaliser un bâtiment le plus fonctionnel possible et de mutualiser des éléments du programme dans certains bâtiments de manière à optimiser par rapport l'investissement à l'existant.

Nous avons donc optimisé les espaces existants en les transformant à minima pour bénéficier au maximum de la vue et de la qualité de ces espaces.

Pour les 3 bâtiments réhabilités, nous avons souhaité trouver le meilleur compromis entre la performance énergétique, la qualité spatiale, l'utilisation des matériaux bio-sourcés, la vue sur l'environnement et l'enveloppe financière attribuée à chaque bâtiment pour que le projet global soit réalisable.

Pour la partie neuve, le Foyer de vie composé des 2 FAS et du FATH, nous avons souhaité réaliser un bâtiment très performant : un bâtiment passif situé à 850m d'altitude réalisé avec des matériaux bio-sourcés comme la paille, la laine de bois, la ouate de cellulose avec une insertion dans le site la plus judicieuse et la plus compacte possible.

L'imbrication de trois maisons dans un seul bâtiment formant des lieux de vie distincts avec des services en commun pour ces trois foyers de vie. Le bâtiment tire au maximum parti de l'environnement avec 3 niveaux de plain-pied.

Thomas Weulersse, Atelier D-Form

Plus d'informations
www.climaxion.fr

