



APPEL À PROJETS 2013  
« BÂTIMENTS PASSIFS »  
RETOUR D'EXPÉRIENCES

Centre de ressources  
du bâtiment durable  
**energivie.pro** <sup>®</sup>

pour les professionnels  
du bâtiment en **Alsace**

## Maisons passives en bande à Colmar



L'appel à projets 2013 « Bâtiments passifs » de la Région Alsace Champagne-Ardenne Lorraine et de l'ADEME accompagne 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.

Le programme de Pôle Habitat Colmar Centre Alsace, bailleur social de Colmar, visait initialement à réaliser un éco-quartier de 27 logements labellisés effinergie+ dont 2 maisons individuelles atteignant le niveau passif. Les échanges entre le maître d'ouvrage, l'architecte, le bureau d'études thermiques et l'économiste dès le démarrage du projet ont orienté le projet vers la construction de 7 maisons individuelles atteignant le niveau passif.

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

### → Les acteurs du projet

**Maître d'ouvrage** : Pôle Habitat Colmar – Centre Alsace- OPH

**Entreprise générale mandataire** : Martin

**Architecture** : AJEANCE

**Bureau d'études thermiques** : Terranergie

### → Composition du bâtiment

• 918 m<sup>2</sup> SHONRT

• 7 maisons accolées - T4 de 95m<sup>2</sup> à T6 de 115m<sup>2</sup>.

### → Coût

**Construction (hors VRD)** : 2 846 000 € HT, soit 1 135 € HT/m<sup>2</sup> SDP

**Charges estimatives** (exploitation & maintenance) : 4.2 € TTC/m<sup>2</sup>/an

### → Estimation de la consommation d'énergie

**Cinq postes réglementaires RT2012** :

48.7 kWh ep/m<sup>2</sup> SHONRT.an

**Chauffage et ECS** :

17.1 kWh ep/m<sup>2</sup>. SHONRT.an et 21.9 kWh ep/ m<sup>2</sup> SHONRT.an

L'habitat passif 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 performante, 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 clé 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.

## → ISOLATION DU TOIT ET DES MURS EXTÉRIEURS

Les parois extérieures du bâti sont composées de **caissons préfabriqués en ossature bois fortement isolés** (murs 24 cm, toiture 36 cm de **ouate de cellulose**). La finition extérieure définitive a été réalisée sur chantier (toiture végétale et bardage bois).

### Mise en œuvre

La **ouate de cellulose a été insufflée** dans des caissons en ossature bois fermés et étanches. Pour ce projet, le mandataire a assuré :

- la **préfabrication en atelier des caissons** (isolation, pose du frein vapeur, du pare-pluie et des fenêtres) ;
- la mise en œuvre de l'enveloppe caisson par caisson sur le chantier, représentant **une journée et demie par maison**.

### Focus

La ouate de cellulose est un matériau biosourcé obtenu à partir de papiers recyclés, auxquels sont ajoutés des additifs pour assurer la résistance au feu et aux moisissures du produit.

### Performances techniques

#### Toiture végétalisée

**e = 45 cm, U = 0.10 W/(m².K) :**

- 4 cm de lattage + laine de verre côté intérieur ;
- 1,2 cm de panneau de bois ;
- frein vapeur ;
- 36 cm poutre en I + ouate de cellulose ;
- 2,2 cm de panneau de contreventement ;
- étanchéité + végétalisation.

#### Murs extérieurs

**e = 55 cm, U = 0.12 W/(m².K) :**

- 6 cm de lattage + laine de verre côté intérieur ;
- frein vapeur ;
- 1,2 cm de panneau de bois ;
- 24 cm d'ossature bois + ouate de cellulose ;
- 8 cm de fibre de bois côté extérieur ;
- pare-pluie + bardage.



## → ISOLATION DU SOL

Le bâtiment ne repose pas sur des fondations classiques mais sur un radier en béton de 25 cm coulé sur un remblai isolant en mousse de verre cellulaire de 50 cm. Ce procédé d'isolation permet également la **simplification du traitement à apporter aux points singuliers**.

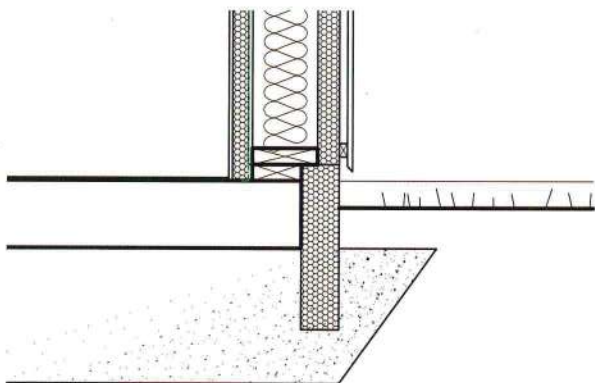
### Mise en œuvre

Le matériau isolant a été directement déversé sur le sol terrassé et nivelé. Le compactage de l'isolant est réalisé à la plaque vibrante. Un géotextile a été déposé entre l'isolant et le radier.

### Performances techniques

Plancher bas  $e = 75$  cm,  $U = 0.14$  W/(m<sup>2</sup>.K) :

- remblai concassé ;
- 50 cm de granulats de verre soufflé (mousse de verre recyclée) ;
- 25 cm de béton ;
- finition quartz + vernis.



### Focus

Le granulats de verre soufflé est fabriqué à base de verre broyé auquel on ajoute du carbone. La matière est expansée à une température d'environ 1 000°C à laquelle le carbone s'oxyde pour former des bulles de gaz.



## → ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

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

En phase conception :

- maîtrise de la continuité du frein vapeur par l'étude spécifique des points singuliers,

En phase de construction :

- pose en atelier de menuiseries triple vitrage très étanches ;
- étanchéification de chaque traversée des gaines techniques, de la distribution électrique et des réseaux ;
- réduction au minimum des percements de l'enveloppe étanche.

### Résultat des tests

Seuls les tests intermédiaires ont été réalisés à ce jour. Les résultats préliminaires pour les différentes maisons ont donné  $0,54 < n_{50} < 0,58$  Vol/h (objectif référent du label Passivhaus :  $n_{50} < 0,6$  Vol/h).

## → ISOLATION THERMIQUE DES PORTES ET FENÊTRES

Les fenêtres en bois oscillo-battantes sont de type triple vitrage à rupture de pont thermique. Les dimensions variées des fenêtres donnent un coefficient de transfert thermique moyen (vitrage et châssis)  $U_w < 1.1$  W/(m<sup>2</sup>.K).

## → INERTIE & APPORTS NATURELS

L'inertie du bâtiment est renforcée grâce à la forte masse de la dalle basse en béton et de la dalle intermédiaire en bois massif située 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 côté le sud. Les apports solaires sont évalués à 35 500 kWh/an. (Voir aussi confort d'été).

## → 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.
- Répétition des formes des logements.
- Maisons accolées en bande.
- Liaison au sol sur radier isolé par l'extérieur.

# L'optimisation des équipements

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

## → CHAUFFAGE & ECS

Ces équipements sont dimensionnés pour assurer un apport de chaleur (chauffage & ECS) à l'ensemble des 27 logements. En été, les 40 m<sup>2</sup> de **panneaux solaires thermiques assurent la production principale de chaleur**. Ces apports permettent de couvrir 100% des besoins en ECS et une faible part du besoin en chauffage en intersaison. En hiver, la production de chaleur est principalement assurée par le réseau de chaleur de la ville.

L'émission de la chaleur est régulée individuellement dans chaque logement à l'aide de thermostat d'ambiance de précision inférieure à 0,5°C. 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 conduite ;
- un cheminement des tuyaux directement sous le radier (côté enveloppe chauffée) ;
- une isolation maximale des conduites.

## Performances techniques

- Apport des panneaux solaires thermiques : en moyenne 480 kWh/an/logement.
- 85 % de la chaleur produite par le réseau de chaleur et les panneaux solaires thermiques est issue d'énergie renouvelable.
- Rendement de génération de la chaleur : 68 %.
- Rendement du stockage et de la distribution : 85 %.

## → 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, des **comportements adaptés** de la part des **locataires sont indispensables**. Cela permet d'assurer le confort d'usage et de se protéger de la surchauffe du bâtiment.

La phase de conception a apporté :

- une protection contre l'ensoleillement direct, les surfaces vitrées sont protégées par des brises soleil qui bloquent les rayons hauts en été mais laissent entrer les rayons bas en hiver ;
- une ventilation performante ;
- une bonne isolation thermique du bâtiment.

**Les comportements adaptés des locataires** seront notamment :

- une occultation diurne (**volets, stores**, etc) ;
- une surventilation nocturne par ouverture des fenêtres ;
- une réduction des apports internes (sobriété dans l'usage et dans la consommation d'énergie des équipements électrodomestiques).

## Moyens mis en œuvre

Le bailleur prévoit par ailleurs :

- **une formation et accompagnement** des locataires ;
- **des outils de communication** (logement témoin, livret d'accueil, un guide d'utilisation du logement « basse énergie »).



## → VENTILATION

Le renouvellement d'air des 7 logements est assuré par une ventilation mécanique **double flux haute performance permettant la récupération de la chaleur de l'air extrait**. Cette centrale de ventilation est équipée d'un bypass interne automatique permettant un complément de surventilation nocturne en été.

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 entre les maisons et entre les pièces d'une même maison.

### Mise en œuvre

Les défauts d'étanchéité proviennent en majeure partie des connexions et autres raccordements (accessoires du réseau) et non pas des conduits eux-mêmes. Ce projet a particulièrement soigné les liaisons par :

- la mise en place d'un réseau en acier galvanisé en conduit semi-rigide (polyéthylène) doté de joints aux raccords ;
- du mastic et des bandes adhésives appropriées sont en plus mis en place autour des raccords de gaine.

### Performances techniques

- Rendement de l'échangeur de chaleur : **84 %**.
- Consommation électrique de **0.43 Wh/m<sup>3</sup>**.
- Le coût de la **maintenance de la centrale double flux** et du **changement des filtres des bouches de reprise** est inférieur à 20 €/an/logement.
- Niveau d'étanchéité du circuit aéraulique atteint : **classe B**.

## → MUTUALISATION DES ÉQUIPEMENTS

- **Chauffage** : une station collective permet le transfert de calories du réseau de chaleur urbain au réseau de chaleur desservant l'ensemble des 27 logements.
- **Stockage de chaleur** : un ballon tampon de 2900 assure le **stockage de chaleur pour le chauffage et l'ECS pour les 27 logements**.
- **Panneaux solaires thermiques** : leur production de chaleur est transférée au ballon tampon via un échangeur à plaque.
- **Ventilation mécanique** : la centrale de ventilation double flux assure la ventilation des 7 logements passifs ainsi que des 6 logements collectifs effinergie+.

### Focus

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.

### La 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.

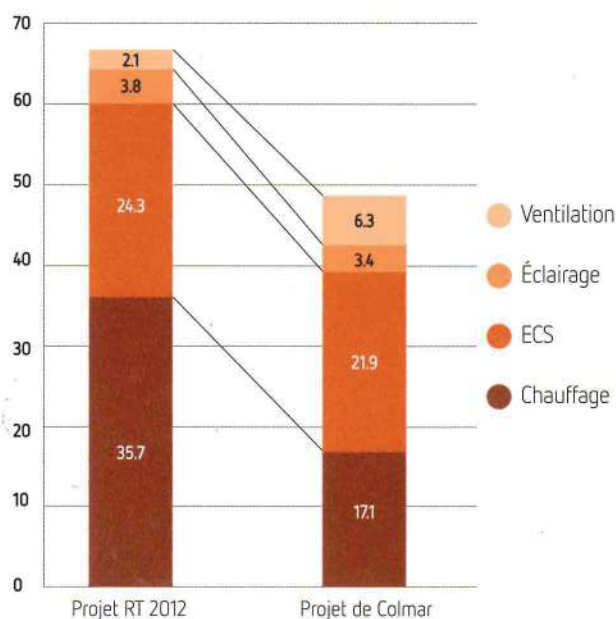
### Le réseau aéraulique

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 %.



## → ESTIMATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE



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

### Projet type RT 2012 de maisons individuelles groupées

- Travaux : construction - RT2012
- Cep projet : 65 kWh ep/m² SHONRT.an
- Zone : H1b

### Projet réalisé à Colmar - 7 maisons passives

- Travaux : construction effinergie+
- Cep max = 65 kWh ep/m² SHONRT.an
- Cep projet = 48.7 kWh ep/m² SHONRT.an
- Gain : 31 % soit -163 kWh ep/an pour un logement de 100 m² SHONRT
- Zone : H1b

## → MAÎTRISE DES CHARGES

Les faibles besoins en énergie ainsi que la mutualisation des équipements de ce projet permettront de maîtriser les charges locatives.

**Charges estimatives** : 4.2 € TTC/m²/an

Cette estimation comptabilise les coûts suivants :

- consommations de 5 postes ;
- consommations de l'électricité spécifique ;
- maintenance de la centrale double flux et changement des filtres des bouches de reprise ;
- maintenance du système de production de chaleur ;
- maintenance du système de production solaire.

## → PLAN DE FINANCEMENT DE L'OPÉRATION POUR L'ENSEMBLE DES 27 LOGEMENTS

Coût des travaux (hors VRD) : 2 846 000 € HT, **soit 1 135 € HT/m² de SDP**

Coût de la maîtrise d'œuvre : 286 929 € HT (architecte, BET fluides et structures)

- ADEME – Région : 379 450 €, soit 151.71 € HT/m² de SDP
- ANRU : 741 284 €
- Ville de Colmar : 215 000 €
- Société Colmarienne de chauffage Urbain : 25 000 €
- Financement du maître d'ouvrage : 2 491 376 € HT, montage global de l'opération s'élevant à 3 852 110 € HT

## Équipes du projet

• Maître d'ouvrage : **Pôle Habitat Centre Alsace**  
68000 Colmar CEDEX  
www.polehabitat-alsace.fr



• Entreprise générale mandataire : **MARTIN**  
67220 Neubois - www.charpentemartin.com

• Architecte : **AJEANCE** - www.atelierd.org  
67600 SELESTAT - info@ajeance.fr

**AJEANCE**

• Ingénierie thermique, développement durable : **TERRANERGIE**  
88580 SAULCY SUR MEURTHE - terranergie@aliceadsl.fr



• Entreprises : ICAT, THERMI-D, VOGEL, KEMPF, MARTIN FILS, TBI, BRUPPACHER, MCK, MOREL, MULTISOLS, EINTURE ENG, STEIMER, GRAFF, BOETSCH

## “ On ne peut plus construire des bâtiments asservis au coût de l'énergie. ”

### → Le mot du maître d'ouvrage

« C'est pendant l'étape de la consultation que s'est peu à peu imposée l'idée de construire des logements passifs. On ne peut plus construire des bâtiments asservis au coût de l'énergie. Ce coût impacte avant tout les familles aux revenus modestes, et nous devons faire en sorte que ces ménages ne soient pas contraints de choisir entre payer le loyer ou la facture de chauffage.

Au départ deux logements passifs étaient prévus ; mais le prestataire retenu (l'entreprise Martin & Fils, mandataire de l'équipe de conception-réalisation) a convaincu le maître d'ouvrage d'étendre le concept à toute la rangée de maisons exposées au sud, soit 7 en tout. Les maisons passives ne seront pas très différentes de leurs voisines, à quelques détails près : une isolation supplémentaire, des fenêtres en triple-vitrage. C'est en partie grâce à des installations collectives : chauffage urbain, panneaux solaires, ventilation double-flux, que l'on pourra maîtriser le niveau des charges.

Pour Pôle Habitat, le succès de ces maisons passives repose désormais sur le comportement de leurs usagers. Tous les moyens ont donc été mis en œuvre afin de préparer et d'accompagner les futurs locataires : outils de communication (logement témoin, livret d'accueil, un guide d'utilisation du logement « basse énergie »), animations éducatives... Pôle Habitat disposera également d'un système permettant de suivre à distance les consommations des habitants. »

Jean-Pierre JORDAN,  
Directeur Pôle Habitat Colmar – Centre Alsace – OPH

## “ L'aspect énergétique est le fil de trame de la conception. ”

### → Le mot de l'architecte

« Les futurs logements de Pôle Habitat se veulent exemplaires d'un point de vue environnemental. L'aspect énergétique du projet est donc le fil de trame de la conception. L'accent est mis sur des dispositifs simples permettant autant que possible un fonctionnement économique du bâtiment. Ces éléments de « bon-sens » associés à des dispositifs de chauffage et de ventilation performants assurent aux édifices un confort maximum avec de très faibles consommations énergétiques. Globalement c'est la compacité de forme qui est la clef de la performance énergétique, de l'économie de matériaux (et donc de l'économie de ressources prélevées dans l'environnement) et enfin de la faisabilité économique de l'opération (économie financière) ».

Julien JEANROY,  
Architecte AJEANCE

### → Le mot du thermicien

**Enjeux :** proposer un ensemble de logements sociaux en bois de type « BBC+ » à passif pour une opération de renouvellement urbain en conception-réalisation.

**Point clef de la réalisation :** l'optimisation technico-économique de l'enveloppe, la mutualisation des systèmes énergétiques (chauffage, ventilation, EnR) pour des logements individuels.

**Enseignement du projet :** la difficulté à anticiper tous les problèmes à la remise de l'offre.

Vincent PIERRE,  
Thermicien, Terranergie

# Contacts et documents utiles pour monter votre projet

## Maîtres d'ouvrages :

contactez les accompagnateurs de projets [energievie.info](http://energievie.info) :

- Marie-Dominique PARANIER (Région) - Agence de Saverne  
[marie-dominique.paranier@region-alsace.eu](mailto:marie-dominique.paranier@region-alsace.eu) - 03 88 03 40 82
- Sébastien LAUB (Région) - Agence de Strasbourg  
[sebastien.laub@region-alsace.eu](mailto:sebastien.laub@region-alsace.eu) - 03 88 15 65 12
- Rémy GENDRE (Région) - Agence de Sélestat  
[remy.gendre@region-alsace.eu](mailto:remy.gendre@region-alsace.eu) - 03 88 58 40 68
- Gautier PERRIN (Région) - Agence de Mulhouse  
[gautier.perrin@region-alsace.eu](mailto:gautier.perrin@region-alsace.eu) - 03 89 36 29 96

## Professionnels du bâtiment :

contactez le centre de ressources [energievie.pro](http://energievie.pro)  
à l'INSA de Strasbourg  
[energievie.pro@insa-strasbourg.fr](mailto:energievie.pro@insa-strasbourg.fr)



Retrouvez également dans la docuthèque du site [energievie.info](http://energievie.info) :



Centre de ressources  
du bâtiment durable  
**energievie.pro**  
pour les professionnels  
du bâtiment en Alsace

[energievie.pro@insa-strasbourg.fr](mailto:energievie.pro@insa-strasbourg.fr) • [www.energievie.pro](http://www.energievie.pro)

Le centre de ressources [energievie.pro](http://energievie.pro) du bâtiment durable en Alsace fait partie du programme [energievie.info](http://energievie.info). Ses actions sont destinées aux professionnels du bâtiment : diffusion des bonnes pratiques, de l'offre de formation... Il est piloté et financé par l'ADEME, la Région Alsace Champagne-Ardenne Lorraine et l'INSA de Strasbourg.

[energievie.pro](http://energievie.pro)



Région ALSACE  
CHAMPAGNE-ARDENNE  
LORRAINE

**INSA**  
STRASBOURG