

École élémentaire passive d'Ammertzwiller-Bernwiller



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.

L'appel à projets 2013-2014 « Écomatériaux » de la Région Alsace Champagne-Ardenne Lorraine vise 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 projet, les communes d'Ammertzwiller et de Bernwiller ont construit un bâtiment pilote qui innove dans :

- les performances énergétiques avec pour objectif d'atteindre le niveau passif;
- la mise en œuvre des ressources biosourcées, principalement la paille d'origine locale et l'enduit intérieur en terre crue.

Ce bâtiment constitue une nouvelle école élémentaire s'inscrivant dans la continuité de l'école maternelle et du périscolaire existants sur le site, situé à Bernwiller (68210).

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 : SIVOM d'Ammertzwiller-Bernwiller
Architecture : Ateliers d-Form, Mathieu Husser (associé)
BET : Terranergie

→ Composition du bâtiment

- 588 m² SHONRT - 535 m² SU
- 3 salles de classe et 1 salle évolution éducation physique.

→ Coût

Construction (hors VRD) : 990 000 € HT, soit 1 850 € HT/m² SDP
Charges estimatives (chauffage) : < 1 € TTC/m²/an
Charges estimatives (électricité) : < 2 € TTC/m²/an

→ Estimation de la consommation d'énergie

Cinq postes réglementaires RT2012 : 39,7 kWh ep/m² SHONRT.an
Chauffage et ECS RT2012 : 8,5 kWh ep/m². SHONRT.an
et 1 kWh ep/ 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 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 murs à ossature bois fortement isolés (murs 36 cm, toiture 54 cm d'isolant). La finition extérieure définitive intègre une toiture végétale, un enduit extérieur sur paille et un bardage écaille en cuivre.

Mise en œuvre

Pour ce projet, les entreprises de charpente bois ont assuré :

- la charpente en bois massif et en lamellé collé sur les toitures droites et courbes ;
- les murs à ossature bois contreventés par des tasseaux fixés à 45° ;
- l'isolation en laine de bois en toiture, la pose du pare-pluie, ainsi que l'isolation en ouate de cellulose en toiture ;
- la paille, l'enduit chaux extérieur et l'enduit terre intérieur sont réalisés par l'entreprise d'isolation et enduit terre.

Performances techniques

Toiture végétalisée

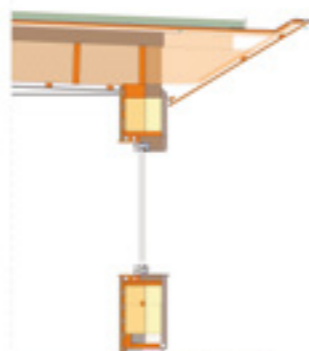
e = 62 cm, U = 0.10 W/(m².K) :

- complexe végétalisée de 8 cm
- étanchéité ;
- 14 cm de laine de bois rigide côté extérieur ;
- 40 cm d'ossature bois + ouate de cellulose.

Murs extérieurs

e = 45 cm, U = 0.17 W/(m².K) :

- enduit terre intérieur de 5 cm ;
- 36 cm d'ossature bois avec remplissage en paille ;
- enduit extérieur de 4 cm à la chaux, sable et poudre de marbre ou bardage écaille en cuivre.



Focus

La paille (tige de céréale) provient directement d'un champ à 500 m de la construction de l'école. Elle est agglomérée sous forme de bottes puis directement apportée sur chantier ou vers le lieu de stockage en attendant le moment de sa pose. Elle est très peu coûteuse en énergie grise.



→ 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 reposent 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.

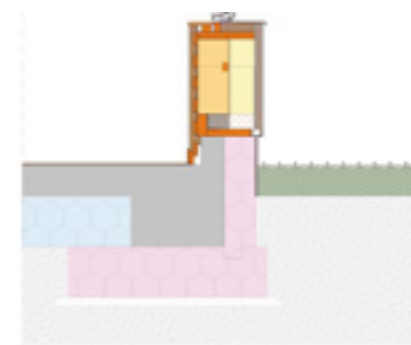
Performances techniques

Plancher bas e = 52 cm, U = 0.10 W/(m².K) :

- 20 cm de béton armé ;
- 32 cm de polystyrène extrudé ;
- lit de sable.

Nervures e = 52 cm, U = 0.10 W/(m².K) :

- 52 cm de béton armé ;
- 32 cm de polystyrène extrudé ;
- béton de propreté.



Focus

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



→ 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 : n50 < 0.6 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 la dalle portée nervurée isolée par l'extérieur.

→ INERTIE ET APPORTS NATURELS

L'inertie du bâtiment est renforcée grâce à la forte masse de la dalle basse en béton, des murs de refend situés au cœur de l'enveloppe chauffée et des enduits intérieurs en terre des murs périphériques. 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 protections solaires et de brises soleil réglables afin d'éviter un phénomène de surchauffe. Les apports solaires sont évalués à 11 118 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 $U_w = 0.64 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Les dimensions et formes variées des fenêtres donnent un coefficient de transfert thermique moyen (vitrage-châssis et murs rideaux) $U_w \leq 0.85 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

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

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 principale est assurée par une sous-station de 15 kW, reliée à une chaufferie communale biomasse alimentée au bois. Depuis la chaufferie, un seul départ de chauffage alimente une distribution bitube isolée. Le cheminement se fait en faux plafond du RDC pour desservir les radiateurs. Le linéaire de distribution est ainsi réduit (90ml).

La régulation électronique de la sous-station commande la vanne trois voies et la pompe de départ. Les robinets thermostatiques des radiateurs disposés dans chaque pièce permettent d'anticiper les surchauffes éventuelles dues aux apports solaires gratuits. La sous-station est située dans le volume chauffé.

Mise en œuvre

Le besoin de chaleur d'un bâtiment passif 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 cheminement unique (par le faux plafond du RDC) pour desservir les émetteurs de chauffage ;
- une isolation maximale des conduites.

Performances techniques

- Une chaudière au bois alimente une sous-station de 15kW.
- Rendement du stockage et de la distribution > 90 %.
- Sous-station située dans le volume chauffé.



→ 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 ;
- une bonne isolation thermique du bâtiment.

→ EAU CHAUDE SANITAIRE

La production d'ECS est prévue uniquement pour une partie du bâtiment. Ces besoins étant réduits, la production est assurée par un chauffe-eau électrique à accumulation de 50 L.

La phase de conception a apporté :

- le regroupement des locaux ayant un besoin d'ECS ;
- la suppression de bouclages ;
- l'installation de réducteur de débit afin de limiter la consommation d'eau.



→ VENTILATION

Le renouvellement d'air de l'ensemble de l'école élémentaire 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 pour un niveau sonore inférieur à 30 dB(A).

Focus

Une enveloppe étanche à l'air requiert la continuité du renouvellement d'air pour garantir une bonne qualité de l'air intérieur.

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 ses 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.

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 l'utilisation de jonctions étanches préfabriquées en usine.

Performances techniques

- Rendement de l'échangeur de chaleur : **84 %**.
- Consommation électrique de **0.45 Wh/m³**.
- Le coût de la **maintenance de la centrale double flux est de 250 €/an**.
- Niveau d'étanchéité du circuit aéraulique non testé à ce jour. Il devra atteindre **la classe B**.

→ DES MODES CONSTRUCTIFS INNOVANTS

Le projet vise à mettre en œuvre la terre crue comme enduit intérieur. Ce procédé a bénéficié d'un avis technique favorable, accordé par le bureau de contrôle.

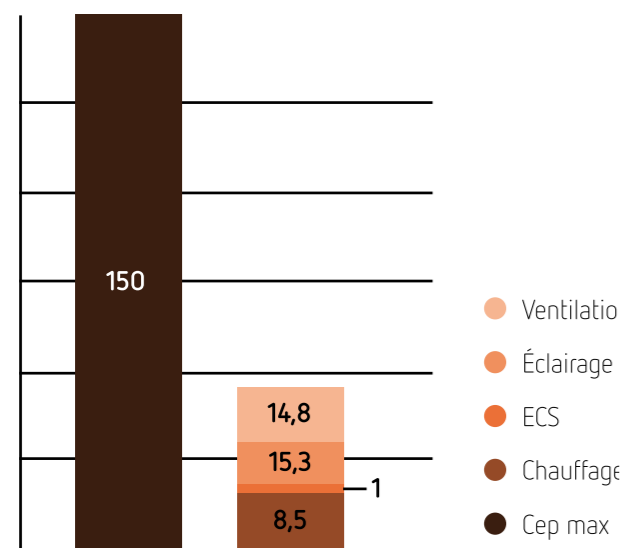
La terre provient d'Allemagne (à 200 km du site) car l'utilisation de celle présente sur place n'était pas adaptée à un si grand volume.

Mise en œuvre

- Surfaçage : préparation du support en paille par taillage des brins gênants ;
- Application d'un gobetis d'accroche de terre sur toute la surface du mur ;
- Mise en œuvre projetée sur toute la surface, avec des chevauchements de treillis d'armature en toile de jute fixée dans la masse pour empêcher la formation de fissures dans l'enduit ;
- Application d'une couche de corps d'un enduit à base de terre ;
- Finition feutrée en enduit terre.



→ ESTIMATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE



Projet RT 2012 - Projet de Bernwiller

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

- Cep max = 150 kWh ep/m² SHONRT.an
- Cep projet = 39,7 kWh ep/m² SHONRT.an
- gain : 74 % soit -64 856 kWh ep/an pour le projet
- zone : H1b.

→ MAÎTRISE DES CHARGES

Les faibles besoins en énergie ainsi que la prise en charge de l'entretien des équipements par les services du SIVOM permettront de maîtriser les charges.

Charges estimatives : 2,2 € TTC/m²/an

Cette estimation comptabilise les coûts suivants :

- consommations de 5 postes ;
- consommations de l'électricité spécifique ;
- maintenance du système de production de chaleur.

→ PLAN DE FINANCEMENT DE L'OPÉRATION

Coût des travaux (hors VRD) : 990 000 € HT, **soit 1 850 € HT/m² de SDP.**

Coût de la maîtrise d'œuvre : 200 000 € HT.

- Région : 159 204 € HT dont :
 - appel à projet bâtiment passif : 63 780 €,
 - plan de relance commune et intercommunalité : 50 000€
 - construction bois : 45 424€
- FEDER : 50 000€
- Subvention DETR : 400 000 €
- Emprunt long terme : 500 000 €.

Équipes du projet

• Maître d'ouvrage : **SIVOM d'Ammertzwiler-Berwiller**
68210 Ammertzwiler
commune.ammertzwiler@wanadoo.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, Éco-construction : **TERRANERGIE** - 88580 SAULCY-SUR-MEURTHE
terranagerie@aliceadsl.fr



• Entreprises :

MADER/PONTIGIA, GHERARDI, SCHWOB, SCHOENENBERGER, MURA ET FILS, OFB, P.BREY, SOMEGYPS, MARION, E.G ROLAND GAUTHERAT, NATURE ENERGIE, C.E.R.T, ERHARDT T.M.B, HERTZOG, COMPTOIR HOTELIER, GILBERT SCHOTT, KREMBEL RAYMOND, CAMILLE BONHERT, STEIMER.

“ Transmettre un héritage dont l'empreinte environnementale est vertueuse ”

→ Le mot du maître d'ouvrage

Ce projet offre d'indéniables avantages ; en premier lieu, et c'est l'objectif premier, il est bénéfique pour les jeunes en créant un cadre favorable à l'activité scolaire proprement dite, en terme de bâtiments, de moyens matériel et pédagogique, sans négliger les futures économies dans le domaine du transport scolaire. En deuxième lieu, il est remarquable du point de vue environnemental car le nouveau bâtiment, de type passif, sera particulièrement respectueux de l'environnement et réalisé en éco-matériaux : bois, paille et miscanthus récoltés localement et terre crue pour les enduits. La toiture sera végétalisée, le chauffage du bâtiment assuré par le réseau de chaleur de la chaufferie communale biomasse existante. Mais la réussite d'un projet aussi innovant ne peut être que le résultat d'une convergence de beaucoup d'efforts techniques et financiers, de savoir-faire et de volonté. À ce titre, il faut souligner le concours de la Région qui a décidé de soutenir techniquement et financièrement ce projet en le retenant dans le cadre de l'appel à projets au titre des éco-matériaux en 2013. Nous disposons également du support de M Weulersse, architecte spécialisé dans le domaine des éco-matériaux. Enfin il est le fruit de cette volonté de longue date de nos deux collectivités d'inscrire leur activité dans une logique d'environnement durable.

On peut ainsi rappeler les quelques dates clefs suivantes :

- **dès 1984** : mise en fonctionnement par nos deux communes d'une station d'épuration biologique, par lagunage ;
- **1996** : réalisation d'un arboretum avec pompe solaire et éolienne ;
- **2003** : construction de la nouvelle école maternelle ;
- **2007** : mise en place d'un réseau de chaleur dans chaque commune, alimenté par une chaufferie biomasse chauffant plus de 80 bâtiments y compris l'ensemble des bâtiments communaux ;
- **2009** : mise en culture de plus de vingt-sept hectares de miscanthus pour la protection du captage d'eau et l'alimentation en combustible des chaufferies ;
- **2012** : exclusion de toute utilisation d'herbicide, désherbant, produit phytosanitaire : communes labellisées « zéro phyto » avec attribution des 3 libellules ;
- **2013** : avec l'aide de l'ADEME et de la Région, travaux d'amélioration et d'optimisation du fonctionnement de l'ensemble du réseau d'éclairage public conduisant à réduire la consommation de plus de 50%. Cette réalisation est en quelque sorte le point d'orgue de notre volonté de transmettre un héritage dont l'empreinte environnementale est avantageuse et vertueuse.

Mathieu DITNER,
Maire de la Commune d'Ammertzwiler

“ Nous nous sommes donnés pour objectif que cette petite école de plain pied ait un impact environnemental le plus faible possible ”

→ Le mot de l'architecte

Le rapprochement de l'école élémentaire, ses trois salles de classe et sa salle de motricité, avec l'école maternelle était un enjeu important. Nous avons souhaité réaliser un bâtiment qui s'inscrive de manière souple dans cette parcelle triangulaire pour venir dialoguer avec les bâtiments environnants. La toiture végétalisée en forme de petites collines donne l'impression d'un bâtiment qui s'est glissé sous le terrain existant. Nous avons voulu trancher par notre langage architectural avec celui de l'école maternelle et concevoir un bâtiment venant s'inscrire le plus possible en retrait dans la pointe de la parcelle pour éviter un trop grand masque solaire lié à la maison Henner. Nous nous sommes donnés pour objectif que cette petite école de plain pied ait un impact environnemental le plus faible possible et avons tenté de supprimer l'utilisation du plâtre dans le projet. Nous voulions démontrer que même avec une forme parcellaire complexe comportant des masques solaires importants et un projet de forme complexe réalisé avec des matériaux biosourcés, il est possible d'atteindre des niveaux de performances passives.

Nos ambitions ont pu en grande partie être atteintes grâce aux nombreux et fructueux échanges avec la maîtrise d'ouvrage.

Thomas WEULERSSE,
Architecte d.p.l.g., gérant

Contacts et documents utiles pour monter votre projet

Maîtres d'ouvrages :

contactez les accompagnateurs de projets energievie.info :

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

Professionnels du bâtiment :

contactez le centre de ressources energievie.pro
à l'INSA de Strasbourg
energievie.pro@insa-strasbourg.fr



Retrouvez également dans la docuthèque du site energievie.info :



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

energievie.pro@insa-strasbourg.fr · www.energievie.pro

Le centre de ressources energievie.pro du bâtiment durable en Alsace fait partie du programme 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



Région ALSACE
CHAMPAGNE-ARDENNE
LORRAINE

INSA
STRASBOURG