

# CONFORT D'ETE

## Retours d'expériences de rénovations dans le Grand Est



### Ecole Lixenbuhl à Illkirch-Graffenstaden (67)

Maître d'ouvrage : **Ville d'Illkirch-Graffenstaden**  
 Architecte : **Ateliers d-Form (67) & Matthieu Husser architectes (68)**  
 BET thermique : **Solares Bauen (67)**  
 Livraison : **2018**  
 Coût de la rénovation : **1575€ HT/m<sup>2</sup>**



### Maison de ville des années 1950 à Nancy (54)

Maître d'ouvrage : **Particulier**  
 Architecte : **Valéri Lemarquis architecte (88)**  
 BET thermique : **Louvet (54)**  
 Livraison : **2013**  
 Coût de la rénovation : **1230€ HT/m<sup>2</sup>**



### Logements collectifs à Raon-l'Étape (88)

Maître d'ouvrage : **Le Toit Vosgien**  
 Architecte : **Jean-Luc SCHMITT (88)**  
 BET thermique : **Terranergie (88)**  
 Livraison : **2011**  
 Coût de la rénovation : **1200€ HT/m<sup>2</sup>**



### Bureaux du SDED à Chaumont (52)

Maître d'ouvrage : **SDED de la Haute-Marne**  
 Architecte : **Plan Libre (52)**  
 BET thermique : **Plan 9 (54)**  
 Livraison : **2017**  
 Coût de la rénovation : **1560€ HT/m<sup>2</sup>**



### Mairie de Pierre - la - Treiche (54)

Maître d'ouvrage : **Commune de Pierre-la-Treiche**  
 Architecte : **Cédric HERY (54)**  
 BET thermique : **Lorr'Enr (54)**  
 Livraison : **2018**  
 Coût de la rénovation : **2852€ HT/m<sup>2</sup>**



### Tennis couvert à St-Dié-des-Vosges (88)

Maître d'ouvrage : **Ville de Saint-Dié-des-Vosges**  
 Architecte : **ASP architecture (88)**  
 BET thermique : **Terranergie (88)**  
 Livraison : **2016**  
 Coût de la rénovation : **184€ HT/m<sup>2</sup>**

Avec le soutien de :





Façade Ouest

## L'OPÉRATION

En 2014, afin d'absorber l'importante évolution démographique du quartier, l'école maternelle de Lixenbuhl fait peau neuve. Bâtie à l'origine dans les années 1970, l'école a déjà fait l'objet d'une première extension en 2006. En 2015, la ville valide le lancement d'une opération de rénovation / extension passive, afin d'agrandir l'école. D'une surface de 1500 m<sup>2</sup>, le bâtiment consomme aujourd'hui 51,1 kWhEP/m<sup>2</sup>.an et est étanche à l'air (0,35 vol/h en N50).

Une simulation thermique dynamique a été réalisée en phase conception, permettant de montrer l'importance de l'installation de protections solaires et de surventilation nocturne via la VMC double flux.

## TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ

### ENVELOPPE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

L'extension, qui comprend 5 salles de classe, des sanitaires, une salle de lecture et un hall d'entrée, est composée de dalles et de murs de refend en béton, le tout ceinturé par des murs à ossature bois de 30cm, isolés en ouate de cellulose, à laquelle s'ajoute 10cm de fibre de bois (côté extérieur).

Le bâtiment rénové de 1976, est isolé par l'extérieur par des panneaux en polystyrène graphité de 30cm.

Le vide sanitaire (sous face de dalles et murs) est isolé par un polyuréthane projeté de 20cm.

La toiture en zinc de ce bâtiment a été intégralement reprise et isolée.

Le bâtiment de 2006 en ossature bois, a été isolé par 32cm de ouate de cellulose et 10cm de fibre de bois (côté extérieur).

Les planchers sont quant à eux isolés par 20 cm de polyuréthane floqué sous dalle dans l'existant et par 30 cm de mousse rigide de polystyrène extrudé (XPS) sous extension.

Afin de garantir une bonne étanchéité à l'air des bâtiments existants, il a fallu, pour l'extension de 2006, déposer l'ensemble des doublages intérieurs, ainsi que les revêtements de façade pour pouvoir positionner une membrane sur la périphérie du bâtiment. Afin d'améliorer l'étanchéité, il a également été décidé de floquer, avec du plâtre, les sous-faces de dalles en poutrelles hourdies du bâtiment de 1976.

Les châssis vitrés sont en triple vitrage bois aluminium.

Répartition des surfaces vitrées : 30,81m<sup>2</sup> au Nord, 68,07m<sup>2</sup> à l'Est, 74,97m<sup>2</sup> au Sud et 66,32m<sup>2</sup> à l'Ouest.

### TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES

Le bâtiment est équipé de brise-soleil orientables automatisés (BSO) à l'extérieur, sur commande manuelle et asservis à station météo et horloge.

### REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS ET VÉGÉTALISATION

Le site est largement arboré et la grande majorité des arbres à haute tige existants ont été conservés. Les arbres bordant la façade Est participent à la protection solaire de cette façade. La toiture végétalisée existante sur le bâtiment de 2006 a également été conservée. Le bardage est en panneaux compacts oranges, jaunes, rouges et verts.

### VENTILATION

Étanche à l'air, l'ensemble du bâtiment est ventilé par une VMC double flux. Ce bâtiment n'est doté d'aucun rafraîchissement actif. Les fenêtres peuvent être ouvertes en journée par les usagers.

Le mode free-cooling<sup>1</sup> est géré automatiquement et couplé à la VMC.

Trois conditions sont nécessaires pour l'activer :

- Agenda free-cooling validé
- Seuil d'autorisation du free-cooling en fonction de la température extérieure, pour éviter un refroidissement trop important des locaux, notamment en intersaison (si température exté-

<sup>1</sup> Voir glossaire en fin de fiche

rieure est supérieure ou égale à 18°C, activation du free-cooling et si température extérieure est inférieure à 17°C, désactivation du free-cooling).

- Comparaison entre la température ambiante et la température extérieure. Si la température extérieure est inférieure à la température ambiante de 2°C, le free-cooling est autorisé et si la température extérieure est supérieure à la température ambiante, on inhibe la fonction free-cooling.

Lorsque le free-cooling est actif, les boîtes VAV<sup>2</sup> sont forcées à l'ouverture à 100% et la consigne de débit envoyée à la centrale de traitement de l'air (CTA) est de 6400m<sup>3</sup>/h.

### COÛT DES TRAVAUX EN LIEN AVEC LE CONFORT D'ÉTÉ

- Brise-soleil orientables (9 pièces) : 34 500€ HT
- Isolation fibre de bois : 40 000€ HT
- Ouate de cellulose et étanchéité à l'air : 50 500€ HT
- Chauffage et ventilation double flux : 96 000€ HT

### LES USAGES

Les fenêtres sont rarement ouvertes, sauf les matins en période caniculaire. Les agents d'entretien peuvent aussi les ouvrir en soirée, pour permettre de rafraîchir et de renouveler l'air à l'issue du nettoyage. Par ailleurs, les protections solaires sont automatisées pour éviter, entre autres, que les brise-soleil orientables (BSO) restent ouverts en périodes inoccupées. Le maître d'ouvrage a fait le choix d'automatiser les protections solaires afin d'éviter, que les BSO restent ouverts le week-end ou lors de la période estivale. Ainsi, en hiver, les BSO sont automatiquement levés deux fois par jour pour permettre l'apport solaire souhaité et en été, ceux-ci sont automatiquement baissés de 12h à 18h. Cela évite des mouvements intempestifs durant la journée, souvent mal accueillis par les utilisateurs. Il est également possible de jouer sur l'inclinaison des brise-soleil en limitant les apports solaires mais en permettant l'éclairage naturel.

### L'AVIS DES USAGERS

Les températures restent agréables dans l'école même



Façades Sud et Est

en cas de canicule. Il est malgré tout constaté une légère différence de température entre le rez-de-chaussée et le premier étage (un peu plus chaud), sans que cela ne soit problématique.

Les usagers sont donc globalement satisfaits du confort de température de ce bâtiment rénové, notamment en période de forte chaleur.

### QU'EST-CE QUI FONCTIONNE BIEN ?

Le bâtiment dispose d'une bonne inertie, grâce à la forte isolation extérieure. Les deux protections solaires sont quant à elles indispensables au confort d'été et le free-cooling, très efficace, permet de décharger le bâtiment de sa chaleur la nuit.

Le système parvient à maintenir une température de 27°C intérieure pour des pointes extérieures allant jusque 39°C (mesuré en 2019).

### QU'EST-CE QUI FONCTIONNE MOINS BIEN ?

Concernant l'usage et le confort, les BSO automatisés posent parfois problème. En effet, ces derniers se mettent en sécurité et réintègrent leur caisson en cas de fortes rafales de vent, ce qui peut s'avérer problématique concernant le rayonnement solaire en été.

### ET SI C'ÉTAIT À REFAIRE ?

« Nous n'installerions pas de boîtes à débit variable, car cela pose problème pour l'accès et l'entretien, la surveillance ou la régulation (complexe). Une VMC double flux est plus simple à utiliser et plus adaptée au fonctionnement d'une école.

<sup>2</sup> Voir glossaire en fin de fiche



Façade Sud à la mi-saison

## L'OPÉRATION

D'une superficie de 182 m<sup>2</sup>, cette maison mitoyenne de 1953 très profonde, a fait l'objet d'une rénovation globale au niveau BBC et d'une surélévation. Plusieurs tests d'étanchéité à l'air ont été réalisés afin d'atteindre un niveau répondant au niveau BBC rénovation environ. Au premier étage, l'ancien balcon (en prolongement de la dalle) a été remplacé par une terrasse en bois autoportante. La consommation énergétique prévisionnelle est de 85 kWep/m<sup>2</sup>.an et les résultats du test d'étanchéité à l'air Q4Pa-Surf = 0,76m<sup>3</sup>(h.m<sup>2</sup>). Il n'y a pas eu de simulation thermique dynamique du confort d'été.

## TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ

### ENVELOPPE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

Composition des parois de l'extérieur vers l'intérieur :

Mur Nord existant : bardage bois non traité, pare-pluie, isolant fibre de bois 20 cm deux couches croisées de densités différentes, mur en agglo de béton positionnés perpendiculairement à la façade, OSB.

Mur Sud existant : enduit minéral clair, isolant polystyrène 20 cm, mur en agglo de béton 40 cm positionnés perpendiculairement à la façade et OSB.

Murs Nord et Sud de la surélévation : bardage bois non traité au Nord et bardage zinc au Sud, pare-pluie, isolant fibre de bois 20 cm deux couches croisées de densités différentes, bois massif contrecollé 94 mm (KLH).

Murs Ouest et Est de la surélévation : bardage zinc,

OSB, ossature bois, isolant fibre de bois 20 cm deux couches croisées de densités différentes, frein vapeur, OSB.

L'isolation par l'intérieur couvre sur 1 cm de chaque côté des murs Nord et Sud au 1<sup>er</sup> étage, afin d'éviter les ponts thermiques.

Murs Ouest et Est mitoyens existants : murs en moellons 30 cm, isolant laine de chanvre 5cm, OSB

Toiture : bardage zinc, pare-pluie, isolation extérieure de la toiture par 24 cm de laine de bois haute-densité, bois massif contrecollé 128 mm (KLH); un petit velux orienté Nord avec ouverture électrique et détecteur de pluie.

Chappe du 1<sup>er</sup> étage légèrement isolée par des copeaux de bois.

Dalles en béton au RDC et au 1<sup>er</sup> étage, solives en bois au 2<sup>ème</sup> étage.

Plancher entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> étage isolé avec 25 cm de ouate de cellulose en vrac (isolation réalisée avant la surélévation de la maison).

Triple vitrage au Nord et double vitrage au Sud.

Répartition des surfaces vitrées : 7,53 m<sup>2</sup> au Sud, 7,25 m<sup>2</sup> au Nord, 0,48 m<sup>2</sup> par velux de toiture incliné Nord.

### TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES

1<sup>er</sup> étage Sud : brise-soleil horizontal

2<sup>ème</sup> étage Sud : débord de toiture

1<sup>er</sup> étage Nord : rien (volets extérieurs non utilisés en été)

2<sup>ème</sup> étage Nord : petit débord de toiture

Velux de toiture : pas de protection solaire

RDC Nord : terrasse en bois au dessus des surfaces vitrées

RDJ : escalier au-dessus du châssis fixe

RDC Sud : plantes grimpantes sur tuteur devant porte d'entrée vitrée opaque

### REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS ET VÉGÉTALISATION

Côté Sud, pierres blanches et enrobé gris au sol (donne sur rue), 3 jardinets avec plantes faiblement grimpantes sur la façade avec enduit clair.

Côté Nord : jardin très végétalisé et façade avec bardage bois non traité.



Façade Nord



Brise-soleil débord toiture Sud

### VENTILATION

La maison est équipée d'une VMC double flux. Concernant la surventilation nocturne, celle-ci s'opère par l'ouverture des fenêtres du 1<sup>er</sup> étage et du velux. Etant au 1<sup>er</sup> et au 2<sup>ème</sup> étages, il n'y a pas de risque d'intrusion. Par ailleurs, le velux est équipé d'un système de détection de pluie. La maison n'est par ailleurs équipée d'aucun système de rafraîchissement actif.

### COÛT DES TRAVAUX EN LIEN AVEC LE CONFORT D'ÉTÉ

Brise-soleil horizontal en aluminium protégeant deux grandes fenêtres : 2300€ HT

Isolation murs et toit : 30 600 euros HT avec bardage / enduit

### LES USAGES

Les fenêtres sont systématiquement fermées lorsque la température extérieure est supérieure à la température intérieure ou qu'il n'y a personne à la maison.

Exception certaines nuits quand il fait plus chaud au moment de se coucher mais que la baisse de la température prévue la nuit compensera l'ouverture anticipée des fenêtres.

Les nuits plus fraîches, les fenêtres sont ouvertes côté Nord et Sud en oscillo-battant côté rue et entièrement côté jardin, ainsi que le velux s'il ne pleut pas. Certaines fenêtres de chambre occupées ne sont pas ouvertes afin d'éviter l'entrée de moustiques ou le bruit.

Les protections solaires présentes au Sud étant horizontales, il n'est pas nécessaire de les baisser.

### L'AVIS DES USAGERS

Maison confortable en été : températures ne dépassant pas 27°C au 2<sup>ème</sup> étage et 25°C au 1<sup>er</sup> en temps de canicule et 23°C maximum au RDC.

L'ouverture des fenêtres la nuit et leur fermeture la journée est indispensable pour conserver ce niveau de confort.

### QU'EST-CE QUI FONCTIONNE BIEN ?

L'isolation par l'extérieur (murs et toiture) et le fait d'avoir une maison sur plusieurs étages permettent de limiter la montée en température de la maison et particulièrement du RDC au 1<sup>er</sup> étage. L'inertie des murs épais et des dalles favorisent le confort d'été. La possibilité d'ouvrir les fenêtres situées sur différentes orientations est un plus. Le fait qu'il n'y ait aucune ouverture à l'Est et à l'Ouest est un plus également. La fenêtre de toiture est commandée à distance pour l'ouverture et la fermeture. En cas de faible pluie annoncée, le détecteur de pluie, indispensable, permet la fermeture automatique de la fenêtre, rendant ainsi la surventilation nocturne possible.

### QU'EST-CE QUI FONCTIONNE MOINS BIEN ?

Le ballon d'eau de 500l utilisé pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire est chauffé par 10m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques, est situé dans le garage. En été, l'eau du ballon monte régulièrement à 80°C, alors que les besoins en eau chaude sont faibles. Malgré la forte épaisseur d'isolation du ballon, la chaleur se transmet dans la pièce, ce qui n'est pas souhaité en été.

Par ailleurs, la VMC double flux n'est pas utilisée en surventilation nocturne, car trop bruyante en cas de débit augmenté.

La peur de faire entrer les moustiques la nuit empêche parfois d'ouvrir les fenêtres des chambres.

### ET SI C'ÉTAIT À REFAIRE ?

« Nous rechercherions une solution afin que le ballon d'eau chaude ne surchauffe pas le garage en été. Nous ajouterions une protection solaire extérieure à la fenêtre de toiture. Pour le reste, nous ferions pareil ! »



Façade Sud Est

## L'OPÉRATION

Construits en 1969 et 1974 pour loger des personnes âgées, ces deux bâtiments composés de 22 logements, étaient devenus une véritable passoire thermique, avec une consommation de fioul de 19 000€ en 2007. La rénovation lourde a consisté en la création de 28 logements T3 et d'un centre périscolaire en rez-de-chaussée, avec comme principale volonté de réduire les charges liées aux consommations énergétiques. Le bâtiment disposait par ailleurs de qualités intrinsèques, telles qu'une forte compacité, une bonne orientation (Sud/Est—Nord/Ouest pour le premier bâtiment et Sud/Ouest—Nord Est pour le second). Les murs extérieurs et intérieurs ont pu être conservés, engendrant une économie de 500K€. De part sa configuration, le bâtiment a ainsi permis une isolation par l'extérieur, de même que l'externalisation des communs (couloirs, escalier, ascenseurs, etc.), pour un gain de 17% de surface habitable. Confortable en été comme en hiver, ce projet atteint le niveau passif grâce à la mise en place d'une chaudière collective bois plaquettes, à une centrale double flux centralisée et une isolation très performante (avec traitement des ponts thermiques), divisant par 6 la consommation antérieure, pour atteindre 40 kWep/m<sup>2</sup>.an. Le bâtiment, labélisé passif, a bénéficié d'une simulation thermique dynamique et est étanche à l'air (N50 = 0.48vol/h).

## TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ

### ENVELOPPE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

Structure en béton

Combles : 30 cm extérieur en ouate de cellulose + 15 cm de ouate de cellulose en intérieur + retour 1cm de laine de bois sur les refends ;

Murs extérieurs : 30 cm extérieur en ouate de cellulose + 7,5 cm de laine de verre en intérieur ;

Vide sanitaire : 24 cm de polystyrène extrudé sous dalle + retour d'1 cm sur les fondations.

Chaque logement dispose de châssis bois aluminium triple vitrage au Nord (2 m<sup>2</sup>) et de châssis double vitrage (3,3 m<sup>2</sup>) et porte d'entrée pleine au Sud.

La conservation du bâtiment d'origine a permis au nouveau projet de bénéficier d'une bonne inertie, apportée par les murs de refends et murs mitoyens, ainsi que par les dalles de plancher haut sur vide sanitaire.

### TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES

Des brise-soleil orientables ont été installés à l'extérieur sur toutes les menuiseries et une coursive a été créée au Sud Est, permettant l'ombrage estival des menuiseries (casquettes).

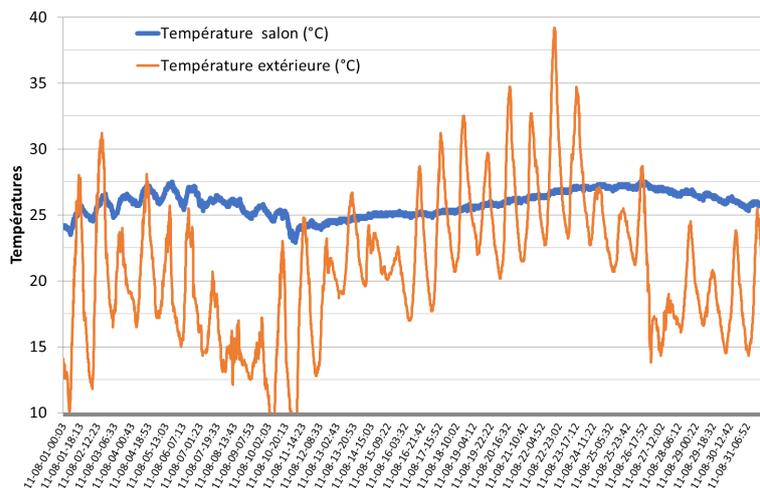
### REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS ET VÉGÉTALISATION

Le bardage a été réalisé en mélèze et ne nécessite pas d'entretien. La toiture est quant à elle constituée de tuiles de terre cuite.

### VENTILATION

La ventilation des logements est assurée par une VMC double flux centralisée et couplée à une sonde CO<sub>2</sub>.





Températures journalières relevées dans un logement rénové – Août 2011



Façade Sud Est

Aucun système de rafraîchissement actif n'a été installé. La surventilation nocturne peut être mécanique ou naturelle, via l'ouverture des fenêtres de ces logements traversants.

### COÛT DES TRAVAUX EN LIEN AVEC LE CONFORT D'ÉTÉ

Aucun travaux n'a été réalisé exclusivement pour le confort d'été. L'isolation performante sert aussi au confort d'hiver, de même que les coursives au Sud Est qui font office de brise-soleil.

### LES USAGES

En été, les brise-soleil installés sur les menuiseries sont baissés par les occupants, qui ouvrent par ailleurs les fenêtres la nuit, afin de permettre le renouvellement d'air frais dans leur logement traversant.

Une sensibilisation des usagers est faite à chaque remise des clés.

### L'AVIS DES USAGERS

Les logements, occupés par des personnes très âgées, conservent une température très agréable (rarement au-delà de 25°C), même en temps de canicule. En atteste le graphique ci-dessus qui présente le relevé des températures du mois d'août 2011. Alors que les températures extérieures atteignent entre 30°C et 38°C plusieurs jours consécutifs, la température relevée dans le salon du logement témoin n'excède pas 27°C.

### QU'EST-CE QUI FONCTIONNE BIEN ?

Cette rénovation très économique (1400€ HT/m<sup>2</sup>) a été rendue possible grâce à la compacité de tous les éléments (surface de murs, dimensions des châssis, systèmes, etc.), à la mutualisation des systèmes et à une utilisation des matériaux en double, voire en triple emploi.

Ainsi, la conservation de la structure compacte existante se révèle être un réel atout à bien des égards : économie financière (de 500k€), économie d'énergie grise (de 180 tonnes de rejet de CO<sub>2</sub>), mais aussi apport d'inertie et donc de confort aux habitants.

Les coursives installées à l'extérieur ont permis de gagner de la surface habitable (gain de 33%, soit 300m<sup>2</sup>) et ont encore fait gagner en compacité. Courant sur la façade Sud Est et Sud Ouest, celles-ci ont été dimensionnées pour permettre de limiter les apports solaires et faire office de brise-soleil, contribuant fortement au confort d'été des occupants.

### QU'EST-CE QUI FONCTIONNE MOINS BIEN ?

Les coursives extérieures poussent les habitants à fermer les BSO pour ne pas être vus, quelle que soit la période de l'année.

### ET SI C'ÉTAIT À REFAIRE ?

« Nous referions pareil ! »



Façade Sud

## L'OPÉRATION

Construit dans les années 1970, ce bâtiment administratif en béton a bénéficié d'une réhabilitation lourde en 2016. Acquis pour l'euro symbolique par le Syndicat Départemental d'Énergie et des Déchets de la Haute-Marne, un diagnostic réalisé en 2013 a permis de mettre en évidence un certain nombre d'atouts pour ce bâtiment : sa localisation centrale et proche de la gare récemment restructurée, ainsi que la qualité du bâti ont permis au maître d'ouvrage d'envisager une réhabilitation qualitative. D'une surface de 1218 m<sup>2</sup>, la rénovation a permis l'aménagement de bureaux, salles de réunions, d'un espace d'accueil, de locaux de rangements et de stockage et de locaux techniques, le tout avec mise aux normes accessibilité (création d'un ascenseur). Le volet énergétique a fait l'objet d'une approche globale pour atteindre le niveau passif, avec la certification Enerphit + délivrée par la Maison Passive. La consommation énergétique prévisionnelle est de 57,7 kWh ep/m<sup>2</sup>.an et les résultats du test d'étanchéité à l'air N50=0,7. Il n'y a pas eu de simulation thermique dynamique pour ce projet.

## TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ

### ENVELOPPE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

Construit en béton, le bâtiment du SDED 52 a bénéficié d'une isolation par l'extérieur, grâce à une ossature bois fixée en façade et remplie de 30 cm de ouate de cellulose, fermée par des panneaux de laine de bois avec pare-pluie et bardage en plaques minérales. Les

soubassements du bâtiment ont également été isolés jusqu'à 80 cm de profondeur, avec des panneaux de polystyrène graphité de 20 cm d'épaisseur. Les fenêtres ont quant à elles été remplacées par des ensembles en bois et aluminium, triple vitrage. La toiture terrasse a été isolée par 30 cm de polystyrène (choix du matériaux imposé pour éviter de surcharger la toiture). Une continuité de l'isolation est assurée entre la toiture et les façades par une isolation des acrotères.

Répartition des surfaces vitrées : 75 m<sup>2</sup> au Sud, 56 m<sup>2</sup> à l'Ouest, 80 m<sup>2</sup> au Nord, 63 m<sup>2</sup> à l'Est.

### TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES

Des stores à lames orientables ont été installés côté Sud et des volets à pantographes<sup>3</sup> côté Est et Ouest.

### REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS

La façade est finie par un bardage en plaques fibrociment blanches, fixées sur l'ossature bois de l'isolation extérieure.

### VENTILATION ET ÉQUIPEMENTS

La ventilation est assurée par un système de poutres froides avec diffusion d'air via une VMC double flux. Le maître d'ouvrage a fait le choix d'une pompe à chaleur géothermique sur 4 forages verticaux. En été, le circuit de forage continue de tourner et vient refroidir l'air soufflé au niveau d'échangeurs à plaques.

La ventilation est accélérée la nuit, ce qui permet une surventilation nocturne.

Par ailleurs, pour ce projet, le choix a été fait d'installer une gestion technique centralisée et automatisée, permettant de gérer de manière automatique les ouvrants (volets et stores), le chauffage et la ventilation, en fonction de facteurs externes mesurés en permanence. La centrale de ventilation étant située dans un local technique isolé acoustiquement, cela ne crée pas de gêne.

### COÛT DES TRAVAUX EN LIEN AVEC LE CONFORT D'ÉTÉ

Protections solaires : 158 400€ HT

Isolation : 135 500€ HT

4 forages verticaux (géothermie) : 49 000€ HT

Ventilation : 210 000€ HT

<sup>3</sup> Voir glossaire en fin de fiche



Façade Est

## LES USAGES

En période chaude, les fenêtres sont normalement ouvertes entre 7h et 8h le matin par les usagers.

Cependant, il arrive que des agents ouvrent les fenêtres le matin et les laissent ouvertes lorsqu'ils partent sur le terrain. Ainsi, la chaleur entre dès que le soleil monte dans la journée.

Concernant la fermeture des stores, elle est programmée, ainsi que l'orientation des pantographes qui s'inclinent en fonction de l'orientation du soleil, afin de couper les apports solaires.

Mais des oublis sont régulièrement relevés. En effet, il arrive que des agents ouvrent les stores en cas de temps nuageux, oubliant de les refermer lorsque le soleil réapparaît. Le soleil peut alors très rapidement chauffer le bureau concerné et la chaleur se diffuser dans l'ensemble du bâtiment, via la ventilation.

Ainsi, la gestion technique centralisée (GTC), qui permet de suivre les consommations réelles du bâtiment au quotidien, représente un support pédagogique essentiel pour la sensibilisation des agents présents dans les bureaux. Ils peuvent ainsi prendre conscience de l'impact de leurs gestes quotidiens sur le confort d'été (gestion manuelle des ouvrants, modifications des consignes de chauffage, etc.).

## L'AVIS DES USAGERS

Même si la sensibilisation aux bonnes pratiques est un travail de longue haleine et reste nécessaire au long cours, les usagers du bâtiment sont globalement satisfaits des températures observées en période estivale.

En effet, la température intérieure n'excède pas 26°C, même lorsque la température extérieure atteint 35°C.



Volets à pantographes

## QU'EST-CE QUI FONCTIONNE BIEN ?

L'isolation performante des façades est primordiale pour maintenir un bon confort d'été, de même que l'occultation des ouvrants pour limiter les apports solaires.

## QU'EST-CE QUI FONCTIONNE MOINS BIEN ?

Le respect des consignes par les usagers représente un véritable défi, notamment pour ce qui concerne l'ouverture des fenêtres.

Les pantographes installés en façades de bâtiments se révèlent être fragiles et tombent souvent en panne.

## ET SI C'ÉTAIT À REFAIRE ?

Le maître d'ouvrage est globalement très satisfait de ses nouveaux locaux, dans lesquels les températures restent confortables. La seule chose que ce dernier souhaiterait changer serait de remplacer les pantographes, trop fragiles, par des stores à lames orientables.



Façade Est

## L'OPÉRATION

La mairie de Pierre-la-Treiche est un bâtiment qui date de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle avec une architecture typique de cette époque. Le bâtiment, rénové il y a une trentaine d'années, ne répondait plus aux normes d'accessibilité et au besoin fonctionnel d'une mairie de village. Par ailleurs, la commune, soucieuse du maintien de la population, a décidé de créer un logement dans les nouveaux locaux. Après analyse des besoins et aux vues des objectifs de performance énergétique envisagés, l'équipe municipale a décidé d'engager un programme complet, visant à atteindre une haute performance énergétique et à réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre. L'enveloppe performante, associée à l'installation d'une PAC eau/eau sur forage géothermique profond, ont permis d'aboutir à une rénovation réussie et confortable, notamment en été. La consommation énergétique prévisionnelle est de 74 kWh ep/m<sup>2</sup>.an et les résultats du test d'étanchéité à l'air de N50=0.56 l. Il n'y a pas eu de simulation thermique dynamique en phase conception de ce projet.

## TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ

### ENVELOPPE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

La structure d'origine en moellon a été conservée. Le bâtiment a été entièrement isolé par l'intérieur :  
Murs : 20 cm de laine de bois + frein vapeur ;  
Toiture : 40 cm de laine de bois + frein vapeur + reprise de quelques points sur l'étanchéité de la toiture ;

Sol : 15 cm de mousse de polyuréthane.

L'ensemble des fenêtres sont en triple vitrage argon bois/aluminium.

Répartition des surfaces vitrées :

Façade Nord : 6.09 m<sup>2</sup>

Façade Est : 9.20 m<sup>2</sup>

Façade Sud : 20.50 m<sup>2</sup>

Façade Ouest : 0.00 m<sup>2</sup>

Le rez-de-chaussée est équipé d'un plancher rafraîchissant couplé à la PAC géothermique.

### TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES

Le bâtiment étant de caractère patrimonial, aucun pare-soleil n'a été installé autre que les volets pliants d'origine de la façade Sud, qui ont été conservés et repeints.

Sur les deux fenêtres du secrétariat de mairie, des stores textiles intérieurs régulent la luminosité et les 5 fenêtres de la façade Sud ont été équipés de volets extérieurs métalliques en accordéon, pouvant être déployés en période estivale.

Sur la façade Est / Nord Est, exposée en été jusqu'à 12h environ, des volets persiennes fixes ont été installés pour une utilisation de fin mai à fin septembre.

L'appartement dispose de 2 chambres équipées de fenêtres de toit triple vitrage, avec volets électriques occultants extérieurs.

### REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS ET VÉGÉTALISATION

La façade de la mairie est recouverte d'un enduit à la chaux clair.

Un arbre à feuilles caduques a été planté devant la façade Sud, de 5 mètres de haut et 4 mètres d'envergure à ce jour. Un parterre de plantes grasses, résistantes à la sécheresse et quelques rosiers sont implantés devant cette façade Sud.

### VENTILATION

Le bâtiment est équipé d'une VMC simple flux hygro B, sans option de surventilation nocturne, qui est assurée par l'ouverture des fenêtres en période estivale : en oscillo-battant la nuit afin d'éviter les intrusions.

### COÛT DES TRAVAUX EN LIEN AVEC LE CONFORT D'ÉTÉ

Forage : 13 735 € HT

Isolation : 32 276 € HT

Rafrâichissement (plancher rafraîchissant couplé à la PAC géothermique) : 1888€ HT

Végétalisation : 2000€ HT

Stores (façade Sud) : 150€ HT

## **LES USAGES**

La gestion des ouvertures en été n'est pas un réflexe encore bien intégré par les utilisateurs, qui ne ferment pas les volets. Pour des raisons de sécurité, les fenêtres ne sont pas positionnées en oscillo-battant la nuit.

## **L'AVIS DES USAGERS**

La nouvelle mairie est confortable en été grâce au plancher rafraîchissant branché sur PAC géothermique. En été, les températures n'excèdent pas les 25°C, rendant agréable le travail de la secrétaire et l'accueil des habitants et des partenaires.

## **QU'EST-CE QUI FONCTIONNE BIEN ?**

La température en été est très confortable grâce au plancher rafraîchissant.

## **QU'EST-CE QUI FONCTIONNE MOINS BIEN ?**

L'ouverture nocturne des fenêtres est difficile à faire intégrer aux habitudes des usagers.

Cela a par ailleurs été compliqué de trouver un système de pare-soleil qui ne nécessite pas de procéder à des modifications de la façade ancienne du bâtiment, à un tarif abordable et facile d'utilisation.

## **ET SI C'ÉTAIT À REFAIRE ?**

« Si cela était à refaire, nous aurions prévu dès le départ des volets persiennes sur l'ensemble des fenêtres. En effet, ceux-ci se trouvent être plus légers et plus facilement réglables, la luminosité étant quelques fois trop faible avec les volets pliants.

Nous aurions également installé un système d'occultation totale pour vidéoprojection dans la salle de réunion en pleine journée. »



## L'OPÉRATION

Datant de 1975, le tennis couvert de Saint-Dié a subi une dégradation importante de sa couverture en amiante ciment. La commune a donc profité de la rénovation et du désamiantage de la toiture pour envisager une rénovation globale du bâtiment. La (re) conception architecturale et technique du bâtiment a permis de lever un certain nombre de problématiques : confort thermique (trop chaud en été et trop froid en hiver), fonctionnalité, acoustique, éclairage (naturel inexistant et artificiel peu efficace), engendrant une utilisation minimale du bâtiment au regard de la surface aménagée. Les travaux ont donc consisté à :

- Conserver et valoriser la charpente existante,
- Concevoir une enveloppe thermique performante et adaptée (permettant la pratique des sports de raquette sans chauffage ou rafraîchissement toute l'année), avec des matériaux performants et une bonne étanchéité à l'air,
- Et créer une coupole zénithale d'éclairage naturel de 200m<sup>2</sup>, conçue pour éviter tout aveuglement quel que soit le moment de la journée.

Après travaux, la consommation énergétique du bâtiment est quasi nulle, du fait de l'éclairage LED haute efficacité et de l'ECS fournie par les 9kWc de panneaux photovoltaïques en ombrière. Une simulation thermique dynamique a été réalisée en APS afin d'orienter les choix d'isolants, de menuiseries et de protections solaires.

## TRAITEMENT DU CONFORT D'ÉTÉ

### ENVELOPPE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

L'enveloppe du bâtiment a été fortement isolée au niveau du toit et des murs, pour atteindre un  $R > 6$ , avec une mise en œuvre de bacs acier isolés avec 20cm de laine de roche sur support bac acier perforé. Les châssis du Club House ont quant à eux été remplacés par des fenêtres triple vitrage en PVC. Le choix a été fait de ne pas isoler le sol, afin de pouvoir conserver son inertie pour plus de confort thermique. Le plancher agit ici comme une batterie thermique et un échangeur avec le sol garantissant une stabilité thermique.

Répartition des surfaces vitrées : 16 m<sup>2</sup> à l'Ouest, 4 m<sup>2</sup> au Nord et 180 m<sup>2</sup> de fenêtres zénithales. Les surfaces des ouvertures en façades sont très réduites (à l'Est et à l'Ouest) et n'ont donc pas d'influence sur la température intérieure de ce vaste bâtiment.

### TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES

Ici, le choix a été fait d'installer une ombrière photovoltaïque pour protéger la coupole zénithale de la surchauffe en été.

### REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS ET VÉGÉTALISATION

La teinte blanche a été largement utilisée pour les façades en bacs acier et la couverture.

### VENTILATION

Le tennis couvert n'est équipé d'aucune ventilation mécanique, hormis la petite VMC dans les sanitaires. En cas d'occupation intensive, une surventilation passive est réalisée par l'ouverture de la grande porte située à l'Ouest et celle de la porte d'entrée à l'Est. Le bâtiment ne dispose d'aucun système de rafraîchissement actif.

### COÛT DES TRAVAUX EN LIEN AVEC LE CONFORT D'ÉTÉ

Protections solaires photovoltaïques : 15 000 € HT

Isolation : 115 000€ HT

Ventilation : 2000€ HT

Les travaux réalisés pour la prise en compte du confort d'été sont indissociables du confort d'hiver et du photovoltaïque.



*Façade Ouest*

## **LES USAGES**

L'ouverture des fenêtres se fait de manière très facile et intuitive par les usagers, en fonction du temps extérieur et des sports pratiqués.

## **L'AVIS DES USAGERS**

Les retours concernant le confort thermique du bâtiment sont très positifs de la part des usagers. En effet, la température oscille de 12°C à 24°C tout au long de l'année, alors que les températures extérieures varient elles entre -10°C et 40°C. La variation de la température est très lente, ce qui empêche d'importants pics journaliers (variation jour/nuit d'environ 1°C). Le projet permet d'interroger sur la nécessité de chauffer une salle d'activité sportive : depuis la rénovation, la fréquentation des cours de tennis couverts a été multipliée par 3 et ce, de manière homogène sur toute l'année.

## **QU'EST-CE QUI FONCTIONNE BIEN ?**

Le confort en toute saison permet aux sportifs de pratiquer toute l'année. L'inertie apportée par le sol non isolé est un vrai plus.

## **QUELLE A ÉTÉ LA PRINCIPALE DIFFICULTÉ ?**

« Convaincre le maître d'ouvrage que pour un investissement quasi identique, une rénovation plutôt que le remplacement du bâtiment (sans isolation), serait plus pertinente à bien des égards et notamment vis-à-vis du confort d'été. »

## **ET SI C'ÉTAIT À REFAIRE ?**

« Nous referions exactement les mêmes choix ! »



## À retenir

Opter pour une stratégie de refroidissement passif comme alternative à un système de refroidissement actif (climatisation) permet de répondre au problème de la surchauffe dans les bâtiments bien isolés, tout en diminuant fortement les consommations énergétiques et en excluant l'usage de réfrigérants polluants. Pour un confort d'été optimal et sans rafraîchissement actif, voici les principes à observer :

### SE PROTÉGER DU SOLEIL

- Adapter la surface vitrée à l'orientation du bâtiment, afin d'éviter la surchauffe ;
- Eviter si possible les fenêtres de toit ou les protéger du soleil ;
- Installer des protections solaires à l'extérieur des fenêtres, mobiles ou non et adaptées à l'orientation de la façade (casquette, brise-soleil orientables ou ombrières fixes). Placées à l'intérieur, l'efficacité des occultations est moindre.
- Végétaliser l'extérieur du bâtiment (arbres à feuillage caduc, plantes grimpantes), la toiture et/ou les façades pour créer des îlots de fraîcheur et profiter de l'ombre et du pouvoir rafraîchissant des plantes (évapotranspiration) ;
- Favoriser l'utilisation de teintes claires pour le toit et les façades, afin d'éviter d'absorber la chaleur ;
- Fermer les fenêtres et les volets / protections solaires en journée.

### CONCEVOIR UNE ENVELOPPE PERFORMANTE

- Réaliser une simulation thermique dynamique (STD) en phase conception. Excellent outil d'aide à la conception de l'enveloppe d'un bâtiment, la STD permet de simuler les apports solaires, l'inertie thermique et la ventilation naturelle d'un bâtiment, heure par heure et en utilisant des données météorologiques personnalisées ;
- Viser la compacité ;
- Isoler le toit et les murs (de préférence et si possible par l'extérieur) avec des matériaux à fort déphasage thermique ;
- Installer des menuiseries performantes pour limiter la transmission de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur ;
- Atténuer les échanges thermiques et créer des espaces tampons ou à forte masse (exemple : un comble ventilé plutôt qu'une toiture sous rampant).

### APPORTER DE L'INERTIE MASSIQUE

- Favoriser des éléments constructifs à forte inertie du côté intérieur du bâtiment, pour apporter de la fraîcheur en été ;
- Veiller à disperser cette masse dans tous les locaux ;
- Ne pas recouvrir cette masse par des matériaux trop isolants.

### ÉMETTRE LE MOINS DE CHALEUR POSSIBLE

- Minimiser l'utilisation d'appareils générant de la chaleur durant les heures les plus chaudes de la journée ;
- Limiter l'usage de l'eau chaude et isoler le ballon d'ECS.

### VENTILER

- Aérer le bâtiment lors des heures les plus fraîches (nuit et tôt le matin) ;
- Favoriser une conception traversante (ouverture sur différentes orientations) et sécuriser les ouvertures (anti-effraction et détecteur de pluie) ;
- Installer un brasseur d'air au plafond, plus puissant qu'un ventilateur et avec une capacité de ventilation supérieure et sans gêne acoustique. La température ressentie est abaissée de 2 à 3°C ;
- Certains systèmes type géothermie ou puits canadien, couplés à un système de ventilation efficace, peuvent être d'excellents moyens de rafraîchir un bâtiment.

Enfin, ne pas hésiter à intégrer les usagers dès la conception du bâtiment et à défaut, les sensibiliser aux bonnes pratiques et aux bons usages des équipements et équiper les pièces de thermomètres intérieur et extérieur.

#### Bibliographie :

*Le confort d'été dans l'habitat (par Franck Janin, Jean-Luc Delpont, Marine Janin, Nicolas Janin) - Edition Terre vivante - 2024*  
*Comment garder son logement frais tout l'été - ADEME - 2024*

# Glossaire

## FREE-COOLING

Le free-cooling est une technique de rafraîchissement passif des bâtiments. Elle utilise l'air extérieur lorsque sa température est inférieure à la température ambiante du bâtiment. Elle peut être l'unique système de refroidissement choisi ou se combiner à d'autres. Ce free-cooling mécanique, naturel ou hybride selon les cas, a un potentiel de refroidissement limité en demi-saison et en période estivale durant la journée.

## BOÎTE VAV

Une boîte VAV, ou "variable air volume", est un appareil utilisé dans des systèmes de ventilation pour réguler le débit de pulsion ou d'extraction. Au moyen d'un capteur (CO<sub>2</sub>, humidité relative, température, etc.), l'appareil mesure l'occupation dans un local ou une zone donnée, et adapte le débit de ventilation en fonction de l'occupation mesurée. La boîte VAV est utilisée pour adapter les débits de ventilation hygiénique ou le chauffage et le refroidissement à l'occupation réelle, par le biais du système de ventilation.

## VOLETS À PANTOGRAPHES

Les volets à pantographes sont des éléments de protection solaire qui se distinguent par leur design et leur fonctionnalité. Présenté comme une solution alternative aux volets coulissants, ce système d'occultation et contrôle solaire est constitué de cadres aluminium reliés par des tiges métalliques articulées. Lorsqu'ils sont entièrement ouverts, les panneaux sont rabattus sur les côtés de la baie, comme des volets normaux. Mais la liaison pantographique permet de faire varier la position des lames de façon coordonnée, offrant de nombreuses possibilités d'ouvertures intermédiaires en biais. La variation de l'angle permet ainsi de maintenir une protection optimale à l'ensoleillement, par exemple. De nombreux modèles de panneaux sont proposés : à lame aluminium, bois, ventelles, sans cadre apparent, avec plaque ajourée, métal déployé, remplissage toile, etc. Peut se piloter par un système de télécommande.

*(Source : Griesser)*



Avec le soutien de :



Envirobat Grand Est [www.envirobatgrandest.fr](http://www.envirobatgrandest.fr)

Centre de ressources du bâtiment durable dans le Grand Est

Nancy / Saint-Dizier : [arcad-lqe@envirobatgrandest.fr](mailto:arcad-lqe@envirobatgrandest.fr)

03 83 31 09 88 / 03 25 08 15 58

Nancy : [pqe@envirobatgrandest.fr](mailto:pqe@envirobatgrandest.fr)

03 83 37 99 29

Strasbourg : [energivie.pro@envirobatgrandest.fr](mailto:energivie.pro@envirobatgrandest.fr)

03 88 14 49 86

Fiche élaborée par Envirobat Grand Est - ARCAD LQE en juillet 2025