

LES RETOURS D'EXPÉRIENCE

# ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR DE LA CNAV

**SITUATION GÉOGRAPHIQUE :** TOURS (37)

**MAÎTRE D'OUVRAGE :** CNAV CAISSE D'ASSURANCE VIEILLESSE TOURS NORD

**PROGRAMME :** RÉHABILITATION THERMIQUE

**TPOLOGIE :** TERTIAIRE



## PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION

### ALLOTISSEMENT ET TYPE DE MARCHÉ

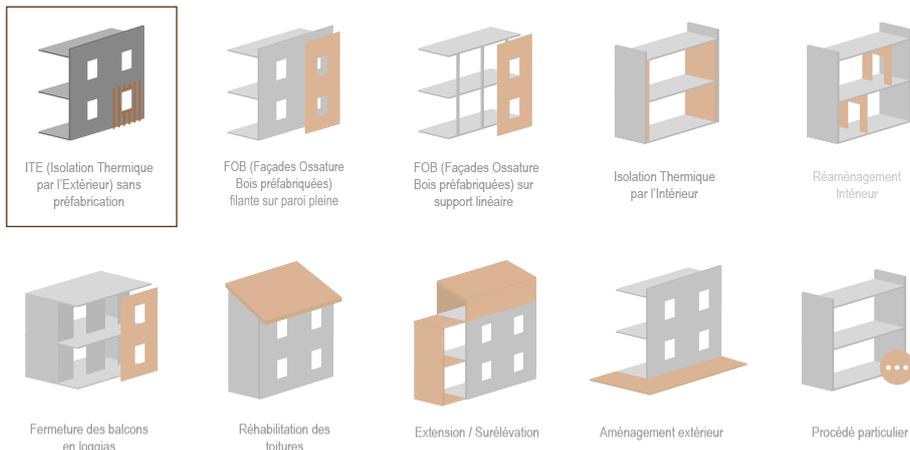
- ✓ **CORPS D'ÉTAT SÉPARÉS**  
MACRO LOT  
ENTREPRISE GÉNÉRALE  
CONCEPTION-RÉALISATION  
DIALOGUE COMPÉTITIF  
PPP
- ✓ **MARCHÉ PUBLIC**  
MARCHÉ PRIVÉ

Les bâtiments Tours 1 et 2 ont été construits au milieu des années 1970 (1975 pour Tours 1 et 1977 pour Tours 2) pour héberger les services de la CNAV des travailleurs salariés. Leur conception initiale n'intégrait pas d'isolation et des simples vitrages aluminium. La ventilation était limitée à des VMC simple-flux dans les sanitaires de chaque étage.

Le bâtiment Tours 2 est constitué de plusieurs ailes et s'élève sur 5 à 6 niveaux selon les ailes ; le bâtiment Tours 1 présente 3 à 5 niveaux. Le confort thermique n'était pas satisfaisant, ni en été (surchauffes), ni en hiver (effets de parois froides et de courants froids) et les consommations de chauffage n'étaient pas maîtrisées.

Le maître d'ouvrage a donc souhaité isoler ces bâtiments par l'extérieur et remplacer les menuiseries avant de changer le système de chauffage afin que son dimensionnement soit le plus optimal possible, et ce en y appliquant une démarche environnementale cohérente.

### TYPE D'INTERVENTION



### CHIFFRES

**SURFACE  
PLANCHER : 7100 M<sup>2</sup>**  
**VOLUME CHAUFFÉ :  
21300 M<sup>3</sup>**  
**R + 6**  
**DURÉE TRAVAUX :  
24 MOIS**  
**LIVRAISON :  
SEPTEMBRE 2014**  
**ZONE H2B**

## DESCRIPTIF TECHNIQUE

	AVANT TRAVAUX	APRÈS TRAVAUX
	<p><b>Mur</b> : béton 32 cm + isolant+pare-vapeur 3 cm R = 1,01. Pierre tendre agraffée.</p> <p><b>Allège</b> : isolant + pare-vapeur 3 cm R = 1,3. Brique creuse 20 cm. Pierre agrafée.</p> <p><b>Toiture</b> : béton 42 cm + fescoboard 3 cm R = 3,25. Styrodur 8 cm + gravillons.</p>	<p><b>Murs 1</b> : laine de bois 180 mm R=4,7 m<sup>2</sup>.K/W. Bardage 19 mm.</p> <p><b>Plancher</b> : polystyrène en sous bassement.</p> <p><b>Toiture terrasse</b> : 200 mm Effigreen car contrainte d'épaisseur R=8,7m<sup>2</sup>.K/W</p>
	<p><b>Menuiseries</b> : simple vitrage alu Uw = 6,38W/m<sup>2</sup>.</p>	<p><b>Menuiseries</b> : double vitrage alu à rupture de ponts thermiques Ug=1,2W/m<sup>2</sup>.K - Uw=1,94W/m<sup>2</sup>.K. Préfabrication complète sur précadre sur site.</p>
	<p><b>Chauffage</b> : chaudière gaz.</p>	<p>Chaudière gaz. Système de récupération de chaleur sur la production de chaleur pour refroidir le local serveur informatique.</p>
	<p><b>VMC</b> : simple Flux sanitaire. Étanchéité = 5vol/h sous 50 Pa.</p>	<p>Double Flux à 75 % de rendement - free cooling. Étanchéité à l'air : n50&lt;2vol/h.</p>
	<p>Petits besoins couverts par la chaudière gaz.</p>	<p>Faibles besoins couverts par la chaudière gaz.</p>

### OBJECTIFS

- DIMINUER LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES
- AMÉLIORER LE CONFORT D'ÉTÉ
- VALORISER LA RESSOURCE LOCALE

### CONTRAINTES

- S'ADAPTER À LA STRUCTURE EXISTANTE
- INTERVENIR EN SITE OCCUPÉ

### POURQUOI LE BOIS ?

- DÉMARCHÉ DÉVELOPPEMENT DURABLE
- CHOIX DE MATÉRIAUX NATURELS
- FILIÈRE COURTE
- HARMONIE DU SITE

### ORIGINE DES BOIS

#### Bardage vertical en châtaignier :

- Origine géographique (Normandie, Pays de Loire ou Ile de France)
- Certification PEFC. Traitement : aucun

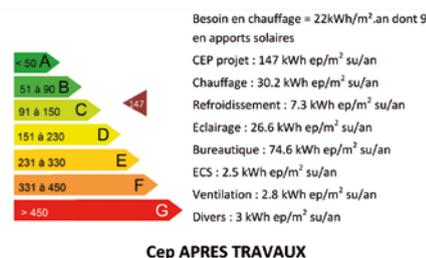
#### Bardage horizontal en douglas :

- Origine géographique : Normandie
- Certification : PEFC ou FSC
- Traitement : aucun à la fourniture, lasure appliquée en atelier par l'entreprise du lot contenant au maximum 128g/LCOV

#### Bois de l'ossature recevant l'ITE en sapin du Nord :

- Origine géographique : Vosges
- Certification PEFC
- Traitement : insecticide, fongicide, termite (5g/m<sup>2</sup>) AVEC produits labellisés CTBP+

### LES CONSOMMATIONS



### LES INTERVENANTS

MAÎTRE D'ŒUVRE : **BOILLE & ASSOCIÉS (37)**  
 BUREAU DE CONTRÔLE : **QUALICONSULT (37)**  
 BET THERMIQUE : **LBE FLUIDES (37) - ETHICOBAT (37)**

ENTREPRISE LOT FAÇADE BOIS : **ROULLIAUD (37)**  
 MENUISERIES : **MESTAL (37)**

## LE PROJET DE RÉHABILITATION EN DÉTAILS

### RÉALISATION EN SITE OCCUPÉ

Les travaux ayant été effectués en site occupé, une démarche de réduction des nuisances, notamment sonores, a été menée en décalant les horaires de travail des entreprises et en déplaçant le personnel de la CNAV au besoin. Une démarche de préparation du personnel (CHSCT, etc.) a été menée par le MO afin qu'il vive le chantier dans de bonnes conditions. Dans ce cadre, l'équipe de MOE a participé à plusieurs réunions d'information et de sensibilisation du personnel.

Par ailleurs, dans un souci d'optimisation et d'efficacité, le maître d'ouvrage a laissé aux entreprises une période de mise au point sous la forme de test en conditions réelles en mettant à disposition son bureau (échantillon). Les solutions envisagées ont donc pu être testées pour valider leur efficacité et leur « facilité » de mise en œuvre. Ainsi, le remplacement des menuiseries a fait l'objet d'un soin particulier. Une préparation préalable d'allègement des cadres ouvrants et dormants existants a été réalisée d'un côté, et un atelier monté sur site d'un autre côté a permis de préfabriquer et d'assembler les menuiseries sur des précédents. Cette étape avait pour but d'intégrer toute l'étanchéité à l'eau et à l'air, ainsi que les compléments d'isolation, et les capotages esthétiques afin de permettre une mise en œuvre soignée et rapide en un minimum de manipulations. En effet au démarrage du chantier, les menuisiers procédaient au changement de 5 à 6 fenêtres par jour, et en fin de chantier 30/j.

### LE CONFORT D'ÉTÉ

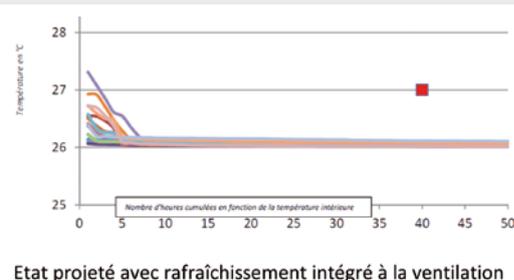
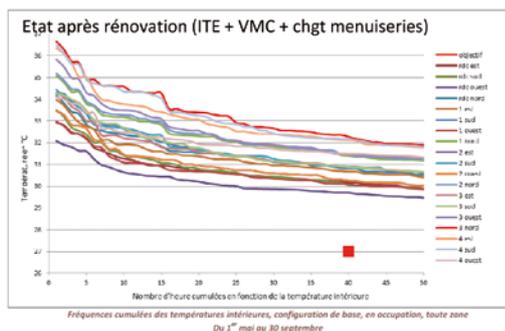
L'objectif de confort d'été est de ne pas dépasser 27°C plus de 40h par an en période d'occupation pour la zone la plus défavorisée. La simulation thermique dynamique a étudié plusieurs scénarii :

- situation après rénovation : ITE, VMC double flux, changement des menuiseries et bonne gestion (ouverture et fermeture des fenêtres adaptées à la différence de température intérieure/extérieure, occultation des fenêtres à 80%).
- ouverture automatisée des fenêtres la nuit et occultation des ouvrants par des écrans optimisés.
- rafraîchissement par la ventilation avec ajout d'une batterie froide dans le système VMC DF, et température de consigne à 26°C.

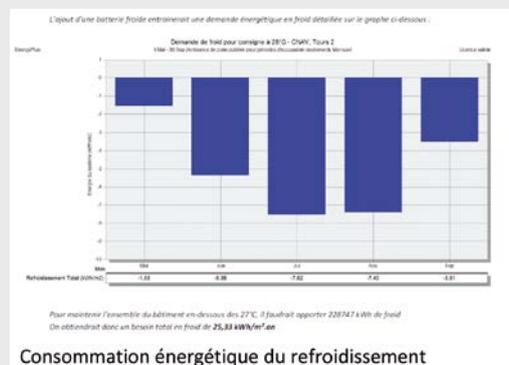
Cette dernière proposition a été retenue par la maîtrise d'ouvrage afin d'assurer un confort optimal même en cas de fortes chaleurs.

### GAIN SUR LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

#### Courbes issues de la simulation thermique dynamique



66 % de gain sur le besoin de chauffage (passant d'une consommation de 69,27kWh/m<sup>2</sup>.an à 23,51kWh/m<sup>2</sup>.an). 56% de gain sur les consommations d'énergie primaire tous usages confondus (130,49 à 57,98) grâce à la réutilisation de calories / frigories via le free cooling et la récupération sur bouteille chaude des calories produites par les armoires d'eau glacée du data center. Étanchéité à l'air nettement améliorée passant de 8,56 à 1,99 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.h sous 50 Pa.



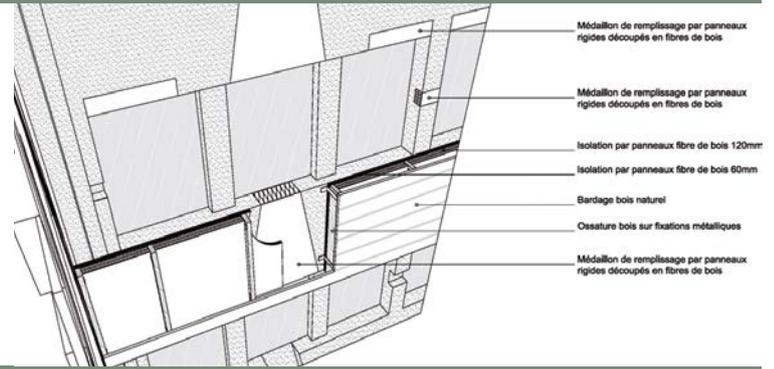
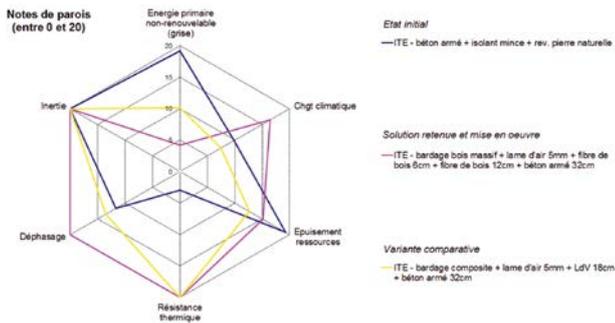
### APPROCHE ÉCONOMIQUE

**COÛT TOTAL DE L'OPÉRATION TOURS 2 HT :  
3,8 M€ SUR 5,5 M POUR LES 2 BÂTIMENTS**

**LOT MENUISERIES EXTÉRIEURES HT : 1,496 M€  
LOT ITE HT : 1,2 M€**

LES RETOURS D'EXPÉRIENCE

ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR DE LA CNAV (37)



La démarche environnementale, étude réalisée avec le logiciel Cocon par Ethicobat.

APPROCHE ENVIRONNEMENTALE

Le MO a demandé à son équipe de MOE d'opter prioritairement pour des matériaux naturels, issus de filières courtes et françaises de préférence. De plus, le choix du bardage bois est une réponse en harmonie avec le site boisé.

L'ITE est réalisée en laine de bois sur l'ensemble des parois verticales, excepté en sous-bassement (polystyrène). Des contraintes d'encombrement/hauteur ont fait que nous n'avons pas pu appliquer d'isolant biosourcé en toiture (polyuréthane). Des doubles vitrages performants avec châssis aluminium à rupture de pont thermique ont remplacé les simples vitrages d'origine. La variante avec des vitrages bois/alu a été étudiée en phase conception mais n'a pas été retenue pour des raisons économiques.

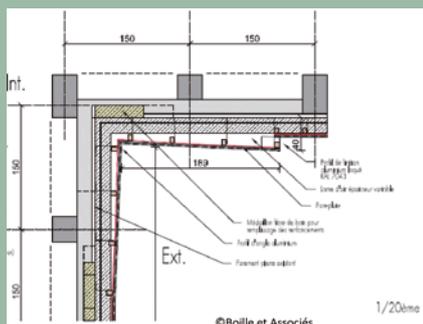
La ventilation double flux avec récupération de chaleur permet un gain non négligeable en chauffage. Celle-ci a été dimensionnée dans le cadre d'une étude plus large qui a concerné le confort des occupants (enquête...). Des tests d'étanchéité à l'air ont été réalisés sur Tours 2 (représentatif des 2 bâtiments). Le 1<sup>er</sup> a été fait en janvier 2013, sur une partie non encore traitée du bâtiment, un 2<sup>nd</sup> test aura lieu l'hiver prochain. Les entreprises ont été fortement sensibilisées à la mise en œuvre minutieuse des menuiseries pour éviter les passages d'air et donc les déperditions thermiques. Le recyclage des châssis existants en aluminium a été imposé à l'entreprise dans le cahier des charges.

Une étude comparative des coûts a été réalisée par la maîtrise d'œuvre afin de valider le choix de la laine de bois et du bardage bois :

Solution projetée	Variante comparative	Ecart	
<p>Isolation par fibres de bois:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- remplissage par panneaux rigides</li> <li>- isolation panneaux semi-flexibles 60 et 120mm</li> </ul> <p>Vêtire par bardage bois:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bardage bois naturel (châtaigner) brut</li> <li>- bardage bois naturel (pin douglas) peint</li> </ul> <p>Le comparatif ne se fait que sur les produits employés. Les ossatures primaires et secondaires de la vêtire, les traitements de points singuliers, les opérations de mise en œuvre et les autres frais de chantier sont similaires.</p>	<p>Isolation par laine minérale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- remplissage et isolation par laine minérale 200mm (pour équivalence de résistance thermique)</li> </ul> <p>Vêtire par panneaux reconstruits:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- panneaux Eternit, panneaux en fibres-ciment</li> </ul>	<p>(soit l'écart de prix entre la solution à démarche environnementale par rapport à une solution plus basique. Un écart négatif signifie donc une économie avec démarche environnementale)</p>	
Coût isolants	160 693.35 € HT	124 185.00 € HT	36 508.35 € HT 22.72%
Coût vêtire	335 234.00 € HT	349 500.00 € HT	-14 266.00 € HT -4.26%
Montant travaux Tours 2 sur lot ITE	1 225 204.18 € HT	1 202 961.83 € HT	22 242.35 € HT 1.82%
Montant travaux Tours 2 TCE	3 711 046.18 € HT	3 688 803.83 € HT	22 242.35 € HT 0.60%

Boille et Associés ©

APPROCHE TECHNIQUE



L'isolation par l'extérieur se fait d'abord par le remplissage à l'aide d'isolant de tous les retraits de façade, plus ou moins ponctuels, avant d'isoler globalement le bâtiment dont les façades sont ainsi rendues planes. La vêtire retenue est un bardage bois, permettant par le choix des essences et des teintes de peinture, en plus du sens de pose et du module des lames, de varier considérablement les effets de finition en façade. Le jeu imposé sur les hauteurs d'équerre de fixation du bardage permet un jeu de relief et de décrochés en épi, qui associé au jeu de teintes permet de faire un rappel de la modénature du bâtiment d'origine tout en le faisant évoluer dans notre époque. Les menuiseries, qui sont toutes remplacées, contrastent tant par leur matière - l'aluminium - que par leur teinte par rapport au bardage bois. Le bardage et l'isolant en fibres de bois, par leur composition et leur mode de fabrication, sont aujourd'hui les produits qui présentent le plus d'avantages environnementaux, que l'on peut améliorer par le choix de productions et d'équipes de mise en œuvre géographiquement proches du site, et par la valorisation de chaîne de recyclage, notamment pour l'aluminium.

## TÉMOIGNAGES



Boille et Associés ©

Arbocentre ©

PHILIPPE BOILLE, ARCHITECTE

**“ Point fort :**

*Le choix vers le matériau bois aussi bien pour l'isolant que le bardage a été dicté par la démarche volontaire de toute l'équipe du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre pour favoriser la filière courte et l'utilisation de matériaux naturels respectant l'environnement.*

**Point faible :**

*Difficulté d'imposer le matériau bois aux autorités administratives encadrant le projet, ce matériau ayant une mauvaise réputation de vieillissement et n'étant pas considéré comme un matériau noble et durable. Nous avons insisté sur la qualité du vieillissement du châtaigner et avons accepté de peindre le Douglas qui à l'origine du projet devait rester naturel comme le châtaigner.*

”

M. THIBAUT, ENTREPRISE ROULLIAUD, ITE

**“** *Nous avons assisté à beaucoup de réunions en amont afin de bien préparer le chantier. Cela nous a fait un peu peur, et nous avons donc prévu plus de temps que nécessaire pour les finitions, mais nous avons terminé le chantier avec 3 mois d'avance ! Cet investissement en temps lors de la phase amont a été lourd, et le calage sur les horaires des usagers contraignant, mais nous nous y sommes finalement rapidement habitués. Je ne suis pas sûr que sur un chantier de plus petite taille, une telle organisation aurait été rentable. Ces réunions de préparation ainsi que la phase test sur le bureau du maître d'ouvrage nous ont donné l'occasion d'affiner notre méthodologie de travail et la coordination avec les autres corps d'état. Les tests ont aussi permis de valider le choix du bardage et de faire accepter la « variabilité » du bois en tant que matière vivante et pas toujours homogène (présence de nœuds, poche de résine). C'était un très beau chantier tant sur la qualité que sur la coordination avec les autres entreprises !*

”

PASCAL LUNAI, MAÎTRE D'OUVRAGE

**“** *Après un retour d'un an ou 2 selon les bâtiments, nous pouvons constater de réelles améliorations dans les consommations et dans le confort. Même si le gain énergétique n'est pas tout à fait au niveau projeté, le ressenti des usagers est très nettement amélioré, à la fois en hiver et en été. Cette amélioration est liée à l'ITE, mais aussi à la VMC double flux qui est dotée à la fois d'une batterie chaude et d'une batterie froide permettant de réguler la température de soufflage des bouches. Afin de limiter les nuisances pour le personnel pendant les travaux, nous avons mis en place des groupes de travail qui ont permis de sensibiliser les salariés d'un part, et de mieux anticiper les contraintes du chantier : par exemple, le perçage des parois a dû s'effectuer sur des créneaux horaires très limités (tôt le matin, horaires de midi et en fin d'après-midi). En cas de nécessité, des bouchons d'oreilles ont été distribués aux salariés gênés, ou certains ont été déplacés temporairement dans d'autres pièces. Enfin, la mise en place de la VMC double flux et des réseaux a été intégralement réalisés la nuit. Notre volonté sur cette réalisation était vraiment d'améliorer le confort des usagers, d'intégrer leur point de vue, de valoriser les entreprises et les ressources locales, plutôt que de privilégier l'aspect financier.*

”

Soutenu par :



Opérateur :

