

COLLOQUE RÉGIONAL

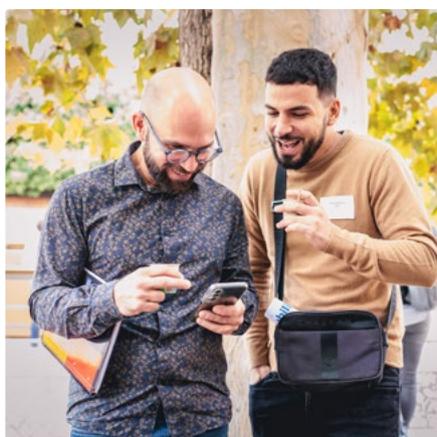
2023

Réhabiliter durable

EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR



Les actes



**Vendredi
20 octobre
à Marseille**



Organisé par

envirobat bdm
envirobatbdm.eu

Soutenu par

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité



Sommaire

Édito	3
Plénière du matin	
Introduction	4
État des lieux régional par la Cellule économique régionale de la construction	5
Conférence sur la réhabilitation durable	6
Plénière de l'après-midi	
Présentation de la recherche « Ré-enchanter le pavillonnaire urbain des années 1950-70 »	8
Bâtiments tertiaires	
Siège de la Chambre de Commerce et d'Industrie Nice Côte d'Azur : réhabilitation globale d'un bâtiment patrimonial en urbain dense	14
Triangle Saint-Charles à Marseille : rénover du bâti avec une toiture végétalisée en urbain dense	16
Pierre verte à Auch dans le Gers : bâtiment à énergie positive et bas carbone, 100 % autonome en énergie	18
Changement de destination pour accueillir de nouveaux usages :	
Ferme réhabilitée à Champs-sur-Marne	22
Réhabilitation de la ferme du Mazet en Maison des Arts à Fos-sur-Mer	24
Logements	
Rénovation de copropriétés : les lauréats des Trophées 2023 de la rénovation énergétique	27
La Madeleine à Aix-en-Provence : une rénovation reproductible ? Quels critères environnementaux ont pu être atteints ?	28
Les Cyprès à Salon-de-Provence : rétrospective d'un accompagnement à la décision qui a permis le passage à l'acte de rénovation des façades	30
Habitat social Le Castellan à Istres : CREM (Conception Réalisation Entretien Maintenance) et enquête usagers	32
Immeubles de logements du XVII ^e et XVIII ^e siècle à Paris et deux écoles du XX ^e siècle : isolation chaux-chanvre, béton-chanvre et bottes de paille	34
Résidence sociale Salvador Allende à Port-Saint-Louis-du-Rhône : un accompagnement d'assistance à maîtrise d'usage protéiforme	36
Écoles	
École Montessori d'Avignon : transformation d'un entrepôt en établissement scolaire	40
Maternelle La Roseraie à Marseille : projection de béton-chanvre, pose de brasseurs d'air et ventilation simple flux sur la rénovation d'une école des années 60	42
Le débat Quelles énergies renouvelables pour la réhabilitation ?	
Lexique	48



Edito

Les actes de cette première édition du **colloque régional Réhabiliter durable**, que nous avons l'honneur de vous présenter, sont le fruit d'une convergence exceptionnelle d'idées, de connaissances et d'engagement en faveur de la réhabilitation durable. Ils offrent une plongée dans les techniques, les approches sur-mesure ou génériques, et se veulent un guide pour tous ceux qui, dans la région et au-delà, aspirent à inscrire leurs actions dans la durée. Les questions de durabilité des matières, de pérennité des pratiques, de réversibilité des usages et de renaturation des territoires ont occupé une place centrale dans nos préoccupations collectives le 20 octobre 2023 à l'Epopée, tiers-lieu marseillais qui nous a accueilli.

Épaulée par des **partenaires engagés**, EnvirobotBDM a forgé ce colloque comme un carrefour entre corps de métier, avec des parcours par typologie de rénovation, de manière à ce qu'aucune approche ne soit écartée : rénovation patrimoniale ou de bâtiment non classé, rénovation globale ou seulement partielle mais avec une démarche environnementale ou d'économie circulaire, rénovation-extension, avec ou sans maîtrise d'usage, marchés privés, loi

MOP, marchés globaux de performance, en corps d'état séparés ou en groupement, etc. L'enjeu de la rénovation du bâti existant a ceci d'urgent et de particulier qu'il engage tous les acteurs du bâtiment et de l'aménagement à faire preuve, plus que jamais, de **volontarisme dans la co-création et le montage d'opérations**, à un partage accéléré des savoir-faire. Les représentants d'EnvirobotBDM, **Jérôme Dentz** et **Olivier Roux**, tous deux administrateurs et promoteurs, ont ainsi exprimé leur souhait de trouver collectivement les moyens d'augmenter significativement le nombre de projets de rénovation, non seulement parmi les Bâtiments durables méditerranéens, mais dans tous les projets de rénovation urbaine et de promotion immobilière du territoire régional. L'heure est à la création urgente d'opportunités de rénovation, de mise en contact entre les prescripteurs et les entreprises, pour créer l'émulation et, ainsi, faire de la rénovation de qualité environnementale en quantité. De l'utilisation de matériaux biosourcés adaptés au climat méditerranéen à la préservation de la perspiration et de l'inertie des murs anciens, de l'implémentation de

systèmes de gestion de l'eau inspirés par les techniques vernaculaires provençales à la végétalisation de toits urbains : les techniques mises en œuvre, instrumentées et rapportées dans les ateliers convergent en faveur de la lutte contre les îlots de chaleur, la réduction des consommations énergétiques et la prise en compte du vivant.

EnvirobotBDM tient à remercier chaleureusement les intervenant-e-s, expert-e-s et participant-e-s qui ont permis de proposer, lors de cette journée, **une grande diversité de perspectives**, de dégager des consensus et soulever des questions stimulantes, témoignant ainsi de la complexité inhérente à la réhabilitation durable.

Nous espérons que ce document saura éveiller en vous la même passion qui nous anime et vous encouragera à contribuer, à votre échelle, à la construction d'un avenir où l'humain et la nature cohabitent en harmonie. Puisse notre travail commun inspirer de nouvelles voies pour réhabiliter nos espaces de vie, en Provence-Alpes-Côte d'Azur et partout ailleurs.

EnvirobotBDM



Introduction

Frédéric Corset salue l'ensemble des participants à ce colloque qui constitue le deuxième rendez-vous annuel d'envergure régionale qu'EnvirobotBDM a décidé d'organiser sur le thème de l'architecture durable. Depuis 2019, EnvirobotBDM oriente ses activités vers le sujet de la réhabilitation dans tous les champs d'application, l'enjeu étant de conserver le plus possible l'existant pour réduire l'impact environnemental. Cette réorientation des activités a donné naissance à différentes démarches, notamment le partenariat avec le Réseau des Acteurs de la réhabilitation, le nouveau groupe de travail « Patrimoine et démarche BDM » et d'autres groupes de travail avec l'ANAH sur le confort d'été dans la réhabilitation. À partir du 1^{er} janvier 2024, les travaux liés au confort d'été dans la réhabilitation pourront être subventionnés. Et l'ambition des acteurs d'EnvirobotBDM est de faire en sorte que dans les cinq ans le label BDM compte **75 % de réhabilitation et 25 % de construction neuve**.

Olivier Roux tient à remercier les partenaires qui ont permis d'organiser ce colloque ainsi que les participants qui ont été très nombreux à répondre présents. Ce nouveau rendez-vous est né de la volonté de proposer un colloque régional sur la réhabilitation durable sur le même modèle que le colloque BâtiFRAIS. La société se doit d'œuvrer dans ce sens. Il est indispensable pour le confort de tous de se préoccuper du bâti existant. **Le secteur du bâtiment représente 43 % des consommations énergétiques françaises et 23 % des émissions de gaz à effet de serre.** La réhabilitation ne doit pas être réservée à une élite. Les aides pour les particuliers seront d'ailleurs repensées à partir de 2024. La réhabilitation doit aussi être pensée à grande échelle. Les entreprises doivent être formées à la réhabilitation et certaines structures doivent être industrialisées pour en faire baisser le coût. Il est nécessaire de travailler sans relâche avec les pouvoirs publics pour faire évoluer positivement la réglementation. Le neuf ne doit pas être pensé sans la réhabilitation, de même que la réhabilitation ne doit pas fonctionner sans le neuf. La réhabilitation doit être réelle, durable et économiquement viable.

Jérôme Dentz explique que les acteurs du Club de l'immobilier Marseille-Provence, dont la mission est de

développer l'attractivité du territoire, sont tout à fait conscients des enjeux liés à la réhabilitation : **décarboner la production, développer les filières et les procédés de construction biosourcés et prendre en compte la régénération du vivant.** Ce colloque est fondamental, car il donne lieu à des retours d'expérience de terrain qui pourront convaincre d'autres acteurs de se lancer dans cette voie. Tous les acteurs de la construction ne sont pas encore formés à ces nouveaux enjeux, mais tous sont convaincus qu'ils pourront l'être à l'avenir. Dans cette aventure, la coopération doit être un principe de conduite et le Club de l'immobilier Marseille-Provence jouera son rôle de catalyseur et d'organisateur de rencontres, notamment en multipliant les partenariats avec les autres associations de la filière. En partenariat avec EnvirobotBDM, le Club de l'immobilier Marseille-Provence organise en décembre 2023 les Assises de la transition écologique à Marseille. Elles portent sur deux problématiques majeures : la récupération des eaux usées et les nouveaux risques immobiliers.

Anne Claudius-Petit indique qu'**au sein de la Région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur, le secteur du bâtiment représente environ un tiers des consommations énergétiques et 10 % des émissions de gaz à effet de serre, et qu'il constitue un des principaux postes de dépenses des communes.** Au-delà de réduire la consommation des collectivités et des ménages, œuvrer à la réduction des consommations permet aussi poursuivre la lutte contre le réchauffement climatique. Afin de mobiliser les collectivités, la région mène une politique ambitieuse d'appui aux territoires pour accompagner les projets d'aménagement et de rénovation des bâtiments dépollués. Il est à noter que la Région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur a été l'un des premiers pilotes en matière de planification écologique : la rénovation énergétique des bâtiments est prise en compte comme l'une des problématiques les plus prégnantes. Ce colloque résonne donc parfaitement avec les préoccupations et les engagements de la Région. Anne Claudius-Petit remercie EnvirobotBDM pour cette initiative, qui permettra certainement d'amplifier la démarche régionale de qualification des projets et d'accompagnement des collectivités.

LES INTERVENANTS



Frédéric Corset
Directeur
d'EnvirobotBDM



Olivier Roux
Co-président
d'EnvirobotBDM,
Directeur général
chez Searim



Jérôme Dentz
Président du Club
de l'immobilier
Marseille-
Provence,
Administrateur
EnvirobotBDM



Anne Claudius-Petit
Présidente de
la Commission
transition
énergétique,
stratégie des
déchets, qualité
de l'air de la
Région Sud-
Provence-Alpes-
Côte d'Azur



État des lieux régional par la Cellule économique régionale de la construction

INTERVENANTE



Amaria Abdallah Berrabah
Directrice de la
Cellule régionale
de la construction
Provence-Alpes-
Côte d'Azur
(CERC PACA)

Amaria Abdallah Berrabah propose de dresser un état des lieux régional, notamment en évoquant les trois dispositifs d'aide à la rénovation que sont MaPrimeRénov', MaPrimeRénov' Sérénité et l'éco-prêt à taux zéro.

MaPrimeRénov' suit une tendance à la baisse en 2023 qui concerne principalement les changements d'équipements. Les travaux d'isolation sont en légère baisse. Les subventions pour l'accompagnement des ménages sont en nette hausse. 129 travaux de rénovation globale ont été enregistrés au premier semestre 2023. MaPrimeRénov' a enregistré une légère baisse sur les neuf premiers mois avec 768 dossiers. **Depuis 2008, 41 703 logements sociaux ont été engagés dans une rénovation énergétique, soit en rénovation pure, soit lors de l'acquisition d'un logement.** Près d'un tiers des logements éligibles ont bénéficié d'une rénovation énergétique. Les rénovations ont été massives entre 2011 et 2016 lorsque les aides étaient très intéressantes. Depuis, le rythme s'est ralenti. **877 rénovations ont été engagées en 2022**, principalement dans les trois métropoles de la région. **Le Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) a pour objectif de rénover la moitié des logements anciens (construits avant 1975) au niveau BBC-rénovation, à horizon 2050.** Bien que ce label ait connu une légère recrudescence depuis 2022, il est dans l'ensemble assez peu mobilisé.

Il est beaucoup plus difficile de mesurer les travaux en matière de rénovation énergétique au sein du parc tertiaire dans la mesure où aucun dispositif financier ne peut être mobilisé par les entreprises. Une enquête réalisée auprès des collectivités a montré que 44% des répondants (soit 211 sur 500 collectivités) d'entre elles ont réalisé des travaux énergétiques au cours des deux dernières années et que ce sont les grandes collectivités, Départements, Métropoles, etc., qui lancent le plus souvent des démarches de rénovation énergétique. Les rénovations touchant un seul poste de travaux représentent 58% des rénovations réalisées par les collectivités et les rénovations globales seulement 12%. **En 2022, près des deux tiers des collectivités ignoraient si elles géraient des bâtiments assujettis au dispositif Éco Énergie Tertiaire.** Parmi celles qui ont identifié les bâtiments assujettis à ce dispositif, 77% ont déjà réalisé ou vont réaliser des études énergétiques. Dans plus de la moitié des rénovations, les

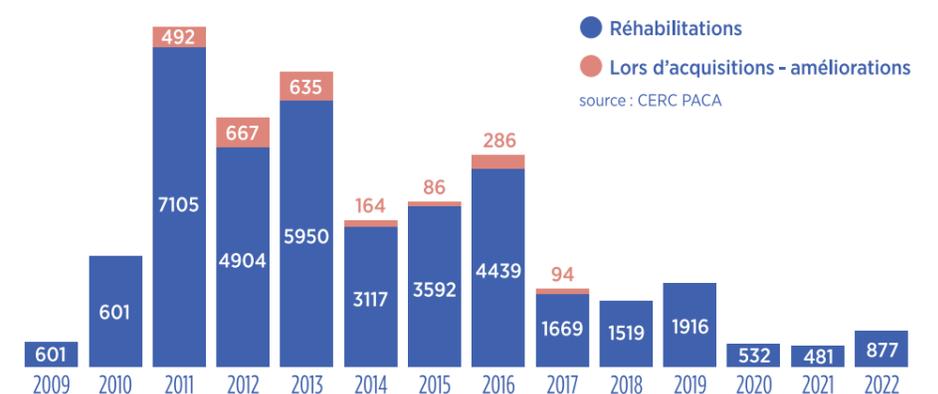
collectivités agissent sur l'isolation de la toiture ou le changement des menuiseries. Dans près de la moitié des rénovations, le système de chauffage est modifié. En revanche, l'isolation des murs est beaucoup plus rare. Certaines opérations sont jugées comme performantes par les collectivités, alors qu'elles ne touchent qu'un ou deux postes énergétiques. 75% des collectivités intègrent la notion de confort acoustique dans tout ou partie de leurs chantiers. **Les notions de confort d'été sans climatisation et de qualité de l'air intérieur sont également prises en compte par les collectivités qui ont déjà réalisé au moins une rénovation globale.** Au contraire, la récupération des eaux de pluie et l'utilisation de matériaux biosourcés sont rarement intégrées par les collectivités, de même que la notion d'architecture bioclimatique.

Le coût moyen de la rénovation globale soutenue par MaPrimeRénov' s'élève en moyenne à 38800 € par logement. Le coût moyen de la rénovation globale soutenue par MaPrimeRénov' Sérénité s'élève en moyenne à 52300 € par logement dont 44% sont couverts par le dispositif. Quant au coût moyen de la rénovation soutenue par l'éco-prêt à taux zéro, elle s'élève en moyenne à 71050 €, dont 18% sont couverts par le dispositif. Il est à noter que les rénovations globales sont performantes du point de vue énergétique. **En effet, elles permettent aux logements de passer d'un DPE classé D ou E à un DPE classé B dans 51% des cas et dans une moindre mesure A pour 16% des cas.**

En 2019, l'Ademe s'est dotée de plusieurs outils permettant de modéliser la

consommation du parc régional de bâtiments afin d'identifier les gisements d'économies d'énergie et de construire des scénarios à horizon 2050. Le premier scénario est le scénario tendanciel : aucune rénovation énergétique n'est réalisée et le parc s'agrandit avec de la construction neuve pour suivre l'évolution démographique. Ce scénario impliquerait une augmentation de la consommation énergétique de 2%. L'application des mesures réglementaires sur tous les logements dont le DPE est classé E, F ou G impliquerait une baisse de la consommation de seulement 1%. Le deuxième scénario tient compte de l'application du décret tertiaire, qui impliquerait une baisse de la consommation de 10%. Si la rénovation est effectuée dans le contexte réglementaire, elle ne suffira pas pour atteindre l'objectif de 30% de baisse de la consommation énergétique à horizon 2050. Pour atteindre cet objectif, il sera nécessaire de rénover d'autres logements du parc bâti (petit et moyen tertiaire, logements construits entre 1975 et 1990 et résidences secondaires). Les différentes pistes sont toujours à l'étude et lorsqu'un scénario définitif sera validé par les partenaires institutionnels de la CERC PACA il sera communiqué à l'échelle régionale et accompagné d'un outil dynamique qui fournira la déclinaison des objectifs au niveau territorial.

Nombre de logements sociaux rénovés énergétiquement par an grâce aux aides locales et nationales (en année estimée de démarrage des travaux)





Conférence sur la réhabilitation durable

David Devaux rappelle que la réhabilitation durable est une démarche tournée à la fois vers le passé et vers l'avenir, puisque l'enjeu est de mener une réflexion sur des bâtiments qui ont vécu jusqu'à aujourd'hui et qu'il s'agit de requalifier. Or, travailler sur le patrimoine ancien nécessite de développer **un savoir-faire et des méthodes spécifiques**, notamment en matière de diagnostic, ce qui implique de ne pas traiter indépendamment ce qui est conservé et ce qui est créé, mais de les faire converger. David et Claudia Devaux présentent plusieurs projets de rénovation qu'ils ont menés.

SITE LE CORBUSIER AU CAP MARTIN

L'enjeu pour ce projet était de restaurer un site classé au patrimoine mondial de l'Unesco, et d'ouvrir le site au public sans l'altérer. **Le cabinet Devaux a choisi de raisonner à l'échelle de l'ensemble du territoire afin de préserver au maximum le site lui-même et se concentrer sur la restauration.** La gare s'est très vite imposée comme un élément structurant du projet de réhabilitation. Celle-ci se compose de plusieurs bâtiments : le bâtiment voyageur, le hangar, le parvis et la voie de desserte. L'enjeu était de transformer le site tout en valorisant l'existant. Le site étant classé, le projet a nécessité des autorisations administratives nombreuses et longues à obtenir. Une première idée a été de réhabiliter le site dans ses fonctions initiales. Un wagon a été repeint et aménagé pour en faire un accueil provisoire. Le hangar était voué à la démolition, mais le cabinet et l'association Cap moderne ont obtenu l'autorisation de la SNCF d'engager des travaux de mise en sécurité, ce qui a permis de sauver le bâtiment. De grands ficus *elastica* avaient colonisé le site et détruit en partie la toiture. Des spécialistes sont donc intervenus très rapidement pour identifier la manière de conserver à la fois les arbres et le bâtiment. Le hangar a été simplement rénové. Les pièces de charpente défectueuses, les tuiles cassées et les peintures ont été remplacées, mais le bâtiment n'a pas été isolé. La vocation de ce hangar était d'accueillir des événements publics (conférences, expositions, etc.). Le parvis a également été restauré.

Concernant la Villa 1027, il a été décidé de conserver les terrains agricoles environnants incluant les murs

en pierres sèches et les citronniers. Les murs étaient en très mauvais état et ont été reconstruits en faisant appel à une main d'œuvre très spécifique, garantissant une grande durabilité du mur. L'eau était canalisée par un caniveau très altéré à cause de l'acidité du béton, comme c'est souvent le cas sur la Côte d'Azur. Dans un souci de préserver un maximum de matériaux d'origine, il a été décidé de stopper la rouille grâce au système de protection cathodique, qui consiste à connecter l'ensemble des armatures au courant électrique.

VILLA ARSON À NICE

La Villa Arson est un bâtiment datant de 1972 construit sur un promontoire. Elle s'étend sur une surface de 2,5 hectares en cœur de ville avec un vaste parc boisé et un grand nombre de terrasses et de toitures végétalisées. L'école d'art, qui occupe les lieux actuellement, recherche des solutions pour améliorer les performances énergétiques du site. Un certain nombre de jardins en toiture ont progressivement disparu pour être remplacés par des cours pavés. **L'enjeu est donc de remettre en état les jardins afin de protéger le site de la lumière et de créer des îlots de fraîcheur**, en organisant notamment la récupération de l'eau de pluie pour éviter qu'elle disparaisse dans le réseau des eaux usées. L'équipe projet a ainsi intégré **un hydrogéologue** qui a permis de mieux comprendre les particularités du site. La roche étant assez imperméable, l'eau s'accumule sous le bâtiment et rend une partie des locaux impropres à leur destination. Cette rénovation montre **qu'il est essentiel de faire intervenir différentes expertises pour bien comprendre les caractéristiques d'un site historique et mener une restauration durable.**

L'enjeu est également de réfléchir à la manière de profiter des caractéristiques intrinsèques du bâtiment, plutôt que de tout isoler, notamment en réactivant les systèmes de ventilation naturelle grâce aux pyramidons construits en toitures. Le bâtiment a été conçu comme un village italien, avec des bâtiments séparés, ce qui offre de nombreuses potentialités de ventilation. Il est envisagé de remplacer les simples vitrages par des doubles vitrages, sans remplacer les menuiseries. Il a également été décidé d'interroger l'ensemble des usagers pour capitaliser sur

LES INTERVENANTS



Claudia Devaux
Diplômée de l'École polytechnique fédérale de Lausanne et de l'École de Chaillot



David Devaux
Diplômé de l'École d'architecture de Versailles



Site Le Corbusier au Cap Martin

les expériences et réfléchir aux différentes manières d'habiter l'école. **Le projet tient compte de l'externalité positive du bâtiment ou de ce que la rénovation peut apporter au quartier.** En effet, la réhabilitation durable doit être pensée à travers son impact économique et son impact social.

TÉLÉPHÉRIQUE DU SALÈVE À GENÈVE

Le téléphérique du Salève a été construit en 1932 par Maurice Braillard sur un site désormais classé Natura 2000. Le téléphérique est moyen de locomotion permettant d'éviter la présence des voitures dans la montagne et c'est dans cette dynamique que s'est inscrit le projet réhabilitation. Au lieu de reconstruire le restaurant panoramique, le cabinet a proposé de déconstruire la partie du bâtiment qui n'était plus utilisable et de réhabiliter la partie historique telle que l'avait imaginée Maurice Braillard. Le bâtiment du restaurant a été isolé par l'intérieur et équipé d'un système de ventilation naturelle avec des châssis basculant permettant d'orienter les courants d'air vers le plafond.

HARAS NATIONAL À ANNECY

Dans le cadre du projet de rénovation de ce site, qui accueille la Cité internationale du cinéma d'animation, le cabinet a fait le choix de valoriser l'identité première du site qui est le haras national. **Plutôt que de démolir un certain nombre de bâtiments, le cabinet a proposé de restaurer l'ensemble des bâtiments existants et de construire les bâtiments supplémentaires nécessaires de la manière la plus discrète possible.** Afin de créer un îlot de fraîcheur, une place fontaine et un péristyle végétal ont été introduit en plein cœur du site. **La réflexion s'est concentrée sur l'habitabilité des espaces extérieurs et sur le confort d'été en créant un maximum d'ombre.** La salle de projection, qui devait être mis en exergue, a finalement été enterrée partiellement tout en l'ouvrant sur l'extérieur. L'eau, qui est un élément structurant du projet, est gérée à l'échelle de la parcelle. Le cabinet a travaillé avec la Ville d'Annecy pour mettre en place un système de récupération des eaux pluviales à l'échelle du quartier. L'eau de pluie est ainsi réutilisée pour l'arrosage des espaces verts et pour le bassin.



Villa Arson à Nice

État historique - 1972

Source: fonds Villa Arson



État actuel - 2021

Source: DDA



Téléphérique du Salève à Genève

Présentation de la recherche « Ré-enchanter le pavillonnaire urbain des années 1950-70 »

Viviane Hamon explique que cette enquête a été lancée sur la base de plusieurs constats : les quartiers pavillonnaires urbains, qui avaient été construits dans les années 1950-1970, connaissent une mutation générationnelle accélérée, sont totalement sous les radars des politiques publiques et, principalement dans les zones tendues, sont investis par les promoteurs qui édifient des petits collectifs à la place des maisons vieillissantes qu'ils ont su repérer. Il s'agit d'une recherche exploratoire qualitative par entretiens qui a été menée auprès de treize ménages qui avaient acheté récemment leur maison et effectué des travaux conséquents. L'enquête a été menée dans les agglomérations de Saint-Brieuc et Toulouse.

Le premier objectif de cette recherche était de comprendre les ressorts du réenchancement en mettant au jour les dispositions particulières qui permettent à certains ménages de se projeter dans la rénovation dans ce type de pavillon qui, aux dires des professionnels de l'immobilier, est en général difficile à vendre. Trois raisons principales expliquent l'intérêt porté à ces pavillons : ils sont particulièrement bien situés dans la ville (accès facile à la fois au centre-ville et aux grands axes routiers), tout en restant abordables financièrement ; ces maisons sont familières, saines, bien construites et techniquement faciles à rénover ; enfin, elles offrent un « déjà-là » rassurant et permettent à leurs habitants de s'approprier rapidement les alentours, contrairement à des quartiers neufs encore en devenir.

Trois prédispositions permettent aux ménages de se projeter vers le réenchancement :

- Technique : savoir évaluer les contraintes structurelles, avoir une idée juste du coût des travaux pour maîtriser son budget et, fréquemment, évaluer ce qu'il sera possible de réaliser en auto-rénovation ;
- Esthétique : repérer ce qui fait le charme de la maison et y injecter les inspirations qui circulent dans l'air du temps ;
- Economique : repérer la bonne affaire et investir de manière raisonnée.

La mise en œuvre du réenchancement se traduit par des transformations très profondes qui métamorphosent ces maisons achetées initialement « dans leur jus » :

- Ces transformations sont facilitées par l'obligation systématique d'une mise aux normes techniques (ex. reprise totale de l'installation électrique), couplée à un besoin d'appropriation immédiate de certains espaces qui symbolisent les « impuretés » laissées par le précédent propriétaire (cuisine, salle de bain, etc.) ;

- Elles sont massivement pensées et conçues au sein du ménage, avec une forte volonté de maîtriser le projet ;
- Dans la plupart des cas, on constate une forte augmentation de la surface habitable/chauffée facilitée par le fait que ces maisons des années 50-70 sont particulièrement plastiques ;
- Le jardin multi-usage devient la « cinquième pièce de la maison ».

À l'occasion de ces rénovations profondes, on passe couramment à côté d'une performance énergétique pour tant à portée de main :

- Les combles sont systématiquement isolés, mais c'est rarement le cas des parois opaques ;
- Le confort d'été est très peu pris en compte, alors que de larges ouvertures sont créées ;
- L'énergie solaire est quasiment toujours absente.

On peut cependant noter que le poêle à bois se généralise, d'autant qu'il constitue un élément décoratif.

Les principaux obstacles à l'optimisation de la performance énergétique sont les suivants :

- Les projets sont rarement pensés avec une vue d'ensemble ou une feuille de route dès le départ ;
- Le changement de système de chauffage est souvent réalisé en première étape, notamment pour des besoins d'agencement des espaces ;
- Des arbitrages financiers défavorables, car bien souvent les ménages sous-estiment le coût global de l'ensemble des travaux.

En outre, les transformations architecturales qui sont opérées à l'occasion du réenchancement de ces pavillons conduisent à poser deux questions complémentaires du point de vue de la performance énergétique :

- L'unité de mesure de la performance énergétique (kWh/m²) est-elle la plus pertinente quand la tendance à agrandir les surfaces habitables/chauffées est systématique ? Ne pourrait-on pas aussi parler de kWh/habitant ?
- La gestion différenciée des températures de consigne selon les espaces reste-t-elle réaliste et possible dans les larges volumes horizontaux et verticaux résultant de la mise au goût du jour de ces pavillons ?

Les matériaux d'origine présentent un fort potentiel de réemploi, mais celui-ci est limité par les savoir-faire contemporains des artisans et des entreprises qui interviennent.

La multiplication des salles de bain, la désirabilité des piscines, la présence balbutiante des récupérateurs

INTERVENANTE



Viviane Hamon
Ethnologue et
consultante



d'eau de pluie peuvent être interprétées comme des signes que la culture de la sobriété en matière d'eau reste largement à construire.

Concernant la mobilité, il apparaît que les habitants des quartiers pavillonnaires restent dépendants de la voiture, alors même qu'ils ont choisi d'habiter à proximité des transports en commun. Mais la manière dont la ville conçoit ceux-ci (ainsi que les mobilités douces), dans une logique prioritaire centre/périphérie ne correspond pas à la réalité majoritairement transversale et complexe des déplacements quotidiens. En réalité, ce sont les nombreux déplacements induits par la vie quotidienne qui rendent la voiture indispensable. Ces quartiers sont d'ailleurs victimes de cicatrices et de coutures (rocales et voies rapides). Les cheminements doux sont quasiment inexistant, peu attractifs ou dangereux. Enfin, concernant la biodiversité, la culture jardinière est clairement à reconstruire. Le jardin, cette « cinquième pièce de la maison », est en cours d'artificialisation. Le besoin d'intimité fait obstacle aux corridors écologiques.

Ces quartiers pavillonnaires sont à ce jour invisibles et non considérés. Comme ils semblent ne pas poser de problèmes aigus, ce sont les grands oubliés des politiques publiques. De ce fait, ils sont exposés à deux principaux risques : l'absence d'un accompagnement de proximité

qui peut favoriser leur transition environnementale et la diminution de l'offre de maisons en ville sous la pression de l'idéal de densification. Un double phénomène est déjà à l'œuvre, particulièrement en zone tendue : la gentrification rapide de ces quartiers pavillonnaires au fur et à mesure que l'offre de maisons en ville diminue ; la continuation de l'exode vers le périurbain qui continue d'offrir une offre de maisons individuelles.

Quelques pistes d'action ont été identifiées :

- Piste 1 : reconnaître la capacité d'adaptation du pavillonnaire urbain et accompagner des rénovations vraiment globales : architecturales, énergétiques, écologiques ;
- Piste 2 : proposer des inspirations architecturales et environnementales, et les diffuser largement ;
- Piste 3 : contrer les risques d'une patrimonialisation tardive qui pourrait interdire des solutions telles que l'isolation par l'extérieur ou la pose de systèmes d'énergie renouvelable ;
- Piste 4 : jouer sur des actions collectives pour contrer l'artificialisation des quartiers pavillonnaires ;
- Piste 5 : panser les cicatrices provoquées par les rocales et autres boulevards urbains et recoudre les liaisons entre ces quartiers et la ville ;
- Piste 6 : réinventer le commerce urbain de proximité.

Présentation de la recherche « Ré-enchanter le pavillonnaire urbain des années 1950-70 »



PHOTOS
© Hortense Soichet
Commande de
Leroy Merlin Source
et l'Ademe



Un auditeur demande l'avis de l'intervenante concernant la possibilité de détachement de la parcelle comme solution de densification [ndlr : concept aussi connu sous l'acronyme de de « BIMBY » pour « Build in my back yard »].

Viviane Hamon explique que dans ces quartiers urbains typiques des années 50-70, la plupart des parcelles mesurent au maximum 400 m², avec souvent un recul sur rue correspondant à la longueur d'un véhicule ; de plus, on y trouve déjà pas mal de mitoyennetés. Donc, le détachement de parcelles n'y est que rarement une option techniquement possible. De son côté, l'Institut Paris Région a publié des recherches qui viennent questionner la solution du BIMBY dans le contexte de l'Île-de-France, car il fait perdre très largement le poumon vert que représentent les cœurs d'îlots, alors que les questions de confort d'été et de biodiversité deviennent prégnantes. Viviane Hamon se dit nuancée sur le sujet ; cela ne peut pas être une solution universelle, sous prétexte de densification à tout prix.

Une auditrice souligne que les logements individuels des années 50-70 ne sont pas vraiment concernés par les risques de dégradation et donc de paupérisation, car ils sont de très bonne qualité, contrairement aux nombreux logements qui se sont développés par la suite. Selon elle, l'enjeu porte surtout sur les pavillons construits dans les années 70-90.

Viviane Hamon l'entend parfaitement. Son propos est justement d'alerter sur ces quartiers car, malgré leurs qualités constructives indéniables, ce sont les premiers à disparaître sous l'effet de la densification et des promoteurs. Et ce, justement parce qu'ils bénéficient d'une implantation urbaine très attractive.

Une auditrice souligne que les plus jeunes ménages ont

une vision très artificielle du jardin et ne font rien pour favoriser une bonne gestion de l'eau.

Viviane Hamon se dit persuadée que des actions collectives sont possibles dans les espaces extérieurs en faveur de la biodiversité.

Un auditeur souligne l'importance de faire intervenir les architectes, car ils sont les mieux placés pour réenchanter les quartiers pavillonnaires.

Viviane Hamon rejoint complètement ce point de vue. Elle publiera d'ailleurs une note intitulée « Les architectes et la rénovation en logement individuel ». Elle plaide également pour mettre en place un audit qui ne soit pas uniquement énergétique, mais qui soit aussi architectural. Selon elle, dans la mesure où les ménages ne souhaitent pas payer la maîtrise d'œuvre, il serait plus judicieux de flécher les aides vers cela plutôt qu'exclusivement vers les travaux. Elle souligne toutefois le manque d'architectes qui sont en mesure de travailler et de s'investir sur la notion de « chez soi ».

Un auditeur reconnaît que les ingénieurs ne sont pas forcément indispensables dans le cas de la rénovation énergétique en maison individuelle, car les solutions techniques peuvent être simples à préconiser. Certains architectes travaillent sur la rénovation de maisons individuelles, mais leurs honoraires sont souvent un frein pour les ménages. Il est en effet important de flécher le sujet vers les architectes. Concernant le risque de gentrification des pavillons, elle est déjà présente en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. La vraie question qui se pose est plutôt celle de la sobriété foncière. La trame verte ayant disparu, rien n'empêche de densifier les habitations. Or, cet aspect semble complètement évacué du travail de Viviane Hamon.

Viviane Hamon plaide à nouveau pour que la sensibilisation aux enjeux de la biodiversité soient aussi portés auprès des ménages habitant ces quartiers, plutôt que



d'accepter passivement qu'ils soient définitivement versés dans la catégorie « artificialisée » des textes accompagnant la loi ZAN.

Une auditrice souligne que le micro-projet impose de nouvelles missions et l'intervention d'un architecte n'est pas compatible avec ce genre projet, du moins dans les formes habituelles. L'enjeu est de présenter de nouvelles missions et de nouveaux accompagnants qui intègrent par exemple l'auto-construction, mais cette démarche se heurte à un problème d'assurance et de financement par les banques, ces dernières imposant des devis complets d'entreprises.

Viviane Hamon explique que les membres de l'association Architectes de la rénovation proposent des avancées intéressantes (d'autres types de contrats, d'autres types de missions, etc.).

Une auditrice se dit surprise par la volonté de certains ménages de garder la maîtrise du projet en excluant la maîtrise d'œuvre. Selon elle, les ménages ont plutôt l'illusion de maîtriser le projet, mais ne le maîtrisent pas vraiment, ce qui les met au-devant de grandes déconvenues. Le problème vient aussi du fait que le prix de vente dans certaines régions est beaucoup trop élevé et qu'il ne permet pas aux ménages de réaliser des travaux par la suite.

Viviane Hamon indique que, en tant qu'anthropologue, elle ne peut que constater qu'il existe une rupture entre les architectes et les ménages, certainement due à de nombreux malentendus, de part et d'autre. Elle précise que les maisons à Saint-Brieuc se vendaient à des prix très abordables et les ménages qui les ont achetées sont des ménages modestes.



Bâtiments tertiaires

Siège de la Chambre de commerce et d'industrie Nice Côte d'Azur : réhabilitation globale d'un bâtiment patrimonial en urbain dense



Laurence Chrapaty et Ludovic Asso présentent le projet de réhabilitation de la CCI de Nice Côte d'Azur.

Le siège de la Chambre de commerce et d'industrie de Nice se trouve dans un palais consulaire construit en 1880 et dont les façades principales, les façades adjacentes, l'atrium du bâtiment central et ses décors sont classés comme éléments remarquables. Le projet de réhabilitation a été initié dans le cadre du projet européen « Pays Ecogétiques » et en étroite collaboration avec les services de l'État. Le projet de réhabilitation et de rénovation énergétique a démarré en 2020 par la réalisation d'un audit énergétique. Dans un second temps, la CCI Nice Côte d'Azur a missionné SLK Ingénierie (ainsi que le bureau d'études LE BE) pour

l'aider à construire une stratégie de rénovation énergétique. Le démarrage des travaux était prévu en 2022, ce qui laissait le temps suffisant pour définir la stratégie et lancer les consultations de travaux. Ce bâtiment se voulait aussi l'emblème du savoir-faire des entreprises du bassin azuréen (Club Energie Côte d'Azur) et en même temps un lieu pédagogique sur le sujet de la rénovation. La commande impliquait la définition de différents scénarios proposant plusieurs approches et niveaux d'investissement. C'est le comité de pilotage du projet, réunissant le président de la CCI, le directeur général, les moyens généraux, le contrôle de gestion, la direction des travaux et les représentants du personnel, qui a choisi la proposition de manière collégiale. La commande prévoyait aussi de construire une stratégie qui permette de répondre aux trois échéances 2030, 2040 et 2050 du décret tertiaire. Les porteurs du projet ont choisi l'année 2014 comme année de référence de manière à profiter des économies réalisées avant 2020, notamment celles réalisées grâce aux travaux sur la chaufferie. Les trois bâtiments étaient alimentés par un système complexe constitué d'une chaudière à gaz, d'un groupe froid, d'une pompe à chaleur et de plusieurs CTA. 70 % des espaces étaient chauffés par des systèmes collectifs et 30 % par des systèmes

individuels. L'ensemble se caractérisait par un enchevêtrement de systèmes différents et par une hétérogénéité des émetteurs, ce qui a compliqué le travail du bureau d'études dans la mise en place du système smart grid. Or, l'un des objectifs de la réhabilitation était d'obtenir les consommations détaillées par bâtiment et par usage. L'ABF a été rencontré au début du projet pour évoquer plusieurs sujets : l'isolation par l'extérieur en façade nord, les ombrières dans les grandes fenêtres en ogive et les panneaux photovoltaïques en toiture. **L'ABF a refusé l'isolation par l'extérieur, mais a donné son accord pour les ombrières et les panneaux photovoltaïques.** Il a toutefois imposé certaines contraintes esthétiques pour que les pan-

neaux soient construits dans l'esprit de la verrière située sur le bâtiment central. C'est la raison pour laquelle les panneaux ont été disposés sous la forme d'un parallélépipède homogène et monochrome noir. Les panneaux sont lestés au sol et ne sont pas visibles depuis la route. Ces différentes mesures ont permis d'obtenir l'accord définitif de l'ABF. Il est à noter que les panneaux sont de fabrication européenne et permettent de produire 26 000 kW/h par an. Le prix de l'énergie a augmenté, mais la consommation du bâtiment suit une tendance à la baisse.

Une approche comportementale a été mise en place avec une agence parisienne (Sobre Energie) sur le thème de la rencontre amoureuse dans le but de sensibiliser les usagers du bâtiment sur les écogestes. Les ascenseurs, qui représentent environ 6 % des consommations électriques du bâtiment, ont été intégralement floqués et un parcours pédagogique a été créé avec sept points d'intérêt sur l'ensemble du site (mobilité, centrale photovoltaïque, isolation, etc.). Ce parcours permet d'accompagner des délégations et leur montrer qu'il est possible de réaliser une réhabilitation

énergétique sur un site historique. Enfin, **il était nécessaire de convaincre le contrôle de gestion, ce qui a donné lieu à un travail important pour**

La réhabilitation a ainsi permis de générer des économies à hauteur de 8 000 € en 2021 et 15 000 € en 2022

Plusieurs éléments-clés de réussite peuvent être mis en avant : l'engagement de la gouvernance, la participation d'un réseau de partenaires efficaces et à l'écoute et l'intégration paysagère des panneaux photovoltaïques sur un patrimoine classé

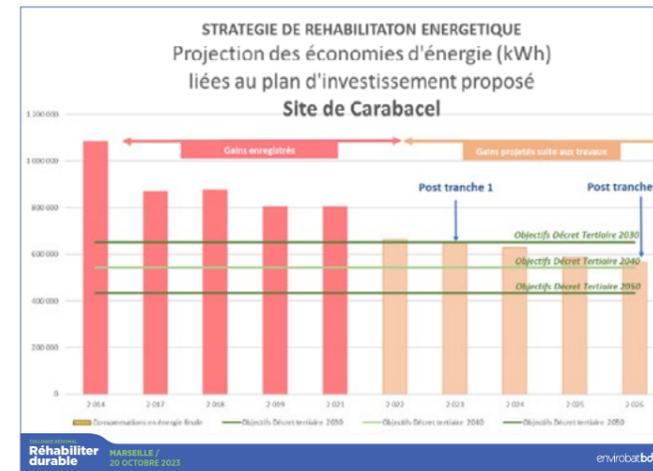
LES INTERVENANTS



Laurence Chrapaty
SLK Ingénierie



Ludovic Asso
Responsable pôle Industrie et Énergie à la CCI Nice Côte d'Azur



mesurer les économies d'énergie d'année en année. La réhabilitation a ainsi permis de générer des économies à hauteur de 8 000 € en 2021 et 15 000 € en 2022. Sur le cycle 2022-2025, les économies devraient s'élever à hauteur de 92 000 €, ce qui permettrait de financer une année pleine de travaux. Le bâtiment devrait être en avance par rapport à l'échéance 2030 du décret tertiaire à la fin de l'année 2023 et quasiment à l'échéance 2040 à la fin de l'année 2026. Et ce sont toutes ces économies d'énergie qui permettent à la CCI de continuer d'investir pour atteindre l'échéance 2050.

Plusieurs limites sont à signaler. Le bâtiment étant en pierre, il serait nécessaire pour améliorer l'isolation de remplacer une partie des fenêtres, de casser certaines cloisons pour éviter les ponts thermiques et de réaménager complètement les plateaux. En moyenne, ces travaux d'isolation coûteraient 1000 €/m², ce qui démontre

la limite de la réhabilitation sur des bâtiments patrimoniaux. Le coût de la mise en conformité au regard du décret tertiaire représenterait plusieurs millions d'euros. **Trois stratégies ont donc été envisagées : la stratégie par opportunité (profiter des projets internes pour apporter des améliorations au fil de l'eau), la stratégie énergétique et la stratégie patrimoniale (optimiser l'achat de matériaux sur plusieurs bâtiments).**

Plusieurs éléments clés de réussite peuvent être mis en avant : l'engagement de la gouvernance, la participation d'un réseau de partenaires efficaces et à l'écoute et l'intégration paysagère des panneaux photovoltaïques sur un patrimoine classé. Un point de vigilance doit toutefois être mentionné : l'appropriation des fonctionnalités par les personnels techniques et les usagers est nécessaire pour garantir la réussite du projet.

ARCHITECTE DE LA RÉNOVATION
Billy Goffard
Architectes



Un auditeur demande quel est le fournisseur de GTB et comment maîtriser le risque incendie des panneaux photovoltaïques.

Ludovic Asso répond que le fournisseur de la GTB est Loytec. Concernant la gestion du risque incendie, la toiture terrasse est accessible à pied et le système dispose d'un onduleur principal et d'arrêts d'urgence. Les pompiers n'ont pas fait état de points de vigilance ou de demandes spécifiques à ce sujet.

Comment est effectuée la maintenance des panneaux photovoltaïques ?

Ludovic Asso répond que les panneaux peuvent être démontés et nettoyés

individuellement. Les perches permettent de nettoyer facilement les panneaux les plus éloignés de la zone de circulation sur le toit.

Une auditrice souhaite connaître le coût des panneaux photovoltaïques.

Ludovic Asso répond que l'installation a coûté 34 000 € HT, dont 85 % ont été financés dans le cadre du projet européen. L'installation tourne depuis juillet 2022 et est déjà quasiment amortie.

Les travaux nécessaires à l'analyse fonctionnelle complète de la GTB ont-ils été estimés ?

Ludovic Asso répond que des capteurs et des compteurs ont été déployés et permettent de

mesurer la consommation de chaque bâtiment et de chaque étage. Un travail de découpage a d'ailleurs été réalisé pour la comptabilité analytique.

Laurence Chrapaty ajoute qu'il était impossible d'instrumenter le bâtiment à 100 %, car le coût était trop important. L'exercice visait à mettre en place un système performant, tout en produisant en parallèle les formules et les indicateurs permettant l'analyse la plus détaillée possible. Le pilotage de la consommation est également un élément très important, car certaines salles sont utilisées très ponctuellement.

Un auditeur souhaite connaître le résultat financier de ce projet sans les aides du programme

européen.

Ludovic Asso répond que le retour sur investissement de l'installation photovoltaïque était d'une dizaine d'années en tenant compte du prix de l'énergie en 2022. Il doit être désormais de moins de dix ans.

Une auditrice souhaite savoir pourquoi l'ABF a refusé l'isolation par l'extérieur.

Ludovic Asso répond que l'ABF n'était pas complètement opposé à la solution d'une isolation extérieure, mais qu'il souhaitait que lui soit démontré le gain de cette solution sur une autre. Mais c'est finalement au titre du classement Unesco que l'isolation par l'extérieur a été interdite, ce qui exclut tous travaux de ce type à l'avenir.

Triangle Saint-Charles à Marseille : rénover du bâti avec une toiture végétalisée en urbain dense



Marseille Triangle est un immeuble de 13 000 m² qui se trouve à proximité de la gare Saint-Charles, dans un environnement très minéral et encerclé par des immeubles de logements. Il s'agit d'un immeuble mixte industriel et tertiaire occupé par La Poste. **Le projet de rénovation poursuivait plusieurs objectifs : supprimer les surfaces vacantes, générer le moins de déchets possible et générer un impact positif sur l'environnement proche de l'immeuble** (zone très urbanisée et populaire). Il est à noter que depuis le 1^{er} janvier 2023, la loi Climat et résilience impose aux bâtiments de plus de 8 000 m² d'aménager une partie de leur toit, soit en couvert végétal, soit en panneaux photovoltaïques (30 % en 2023, 40 % en 2026 et 50 % en 2027). Le projet répond parfaitement aux impératifs de cette loi. L'immeuble répond également à une triple certification : BDM niveau Argent en phase réalisation, Effinature et BBC Rénovation.

Le site à l'origine était une laiterie, avec des plafonds très hauts, de grandes dalles et une structure poteaux-poutres. Le bâtiment était chauffé au fioul, avec 140 000 litres de combustible stockés dans les sous-sols. Il a été décidé d'utiliser les cuves pour récupérer l'eau de pluie.

Les matériaux découverts sur place ont été aux trois quarts réutilisés. Le reste des matériaux étaient biosourcés. Les anciennes menuiseries dont les performances étaient mauvaises ont été remplacées. L'éclairage LED a été installé dans tout le bâtiment. Une végétation diversifiée a été plantée en toiture. L'ensemble des façades et toitures ont été retraitées et isolées.

Différentes démarches ont permis de générer un impact positif :

- Récupérer les eaux de pluie ;
- **Développer un îlot de biodiversité ;**
- Permettre aux occupants de suivre l'occupation des nichoirs via des caméras ;
- Permettre aux **habitants** des immeubles alentour de profiter de la végétalisation ;
- Participer à la **décarbonation de la ville** via l'occupation du rez-de-chaussée du bâtiment ;
- **Diminuer les consommations énergétiques ;**
- **Décarboner le bâtiment** en passant du fioul à l'électrique.

La loi Climat et résilience impose aux bâtiments de plus de 8 000 m² d'aménager une partie de leur toit, soit en couvert végétal, soit en panneaux photovoltaïques

Une végétation diversifiée a été plantée en toiture. L'ensemble des façades et toitures ont été retraitées et isolées

Le traitement de la cinquième façade (toiture) devait répondre à un enjeu structurel en proposant un substrat performant dans les conditions météorologiques de Marseille. Des études assez minutieuses ont été menées en phase de conception et ont abouti à l'idée de travailler la végétalisation par vagues. Il a été décidé d'opter pour un substrat extensif d'une épaisseur de 10 à 15 cm sur une surface totale de **1 400 m² de toiture végétalisée**. Cette opération a été initiée en 2015 et demeure en cours d'optimisation en 2023, car il s'agit d'une opération expérimentale dont le but est de recréer un écosystème au sommet d'un immeuble en milieu urbain. Les trois paramètres à prendre en compte étaient le support, la végétation et les habitats. C'est la raison pour laquelle des nichoirs à oiseaux et un hôtel à insectes ont été installés.

Au bout d'un an de culture, avec un arrosage continu, les résultats se sont avérés très satisfaisants. Les sédums étaient toujours présents et une végétation graminée spontanée de 50 à 70 cm s'était développée. Il ne s'agissait pas de végétation arbustive, mais le résultat n'en demeurait pas moins très encourageant. Le milieu restait très anthropisé, car l'arrosage était encore nécessaire, mais 90 % de la toiture étaient végétalisés. Le système Aquatex qui avait été

installé au départ a finalement été remplacé en 2023 par un système de goutte-à-goutte. Le fournisseur de semis végétal préconisait 3 litres par m² d'arrosage, soit une moyenne de 63 m³ par mois d'arrosage. À ce jour, cette moyenne mensuelle de 63 m³ comprend également les sanitaires. Les suivis de la consommation font état d'une moyenne mensuelle d'une trentaine de m³ pour la toiture végétalisée et pour les sanitaires. Les suivis de la consommation se poursuivent afin de bien distinguer les consommations des bureaux et de la toiture.

Des tests ont été réalisés en juillet 2023 et ont montré que la température de la dalle atteignait des niveaux assez élevés en journée, ce qui signifie que le substrat léger ne permet pas une véritable isolation thermique. Une étude qui a été menée à Athènes sur une toiture en pleine terre avec un substrat de 20 à 30 cm a montré

LES INTERVENANTS



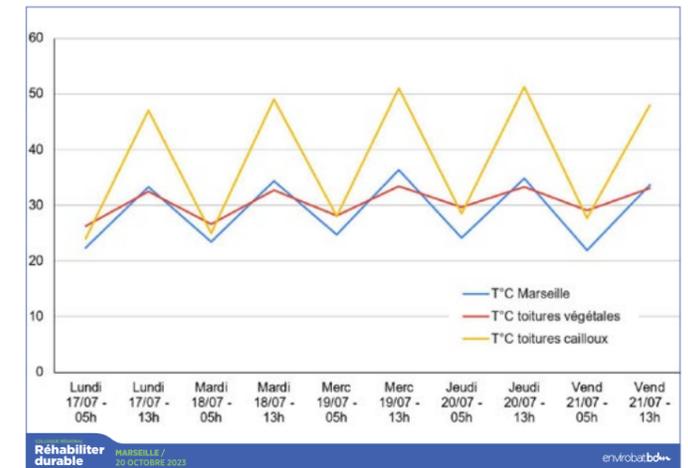
Leslie Morfin Fau
Maître d'ouvrage pour La Poste Immobilier



Cédric Juvenelle
Assistant à maîtrise d'ouvrage Novacert



Jean-Claude Richier
Maître d'œuvre AI Project



que la dalle restait à une température d'une vingtaine de degrés, malgré des températures estivales élevées, ce qui prouve que **l'épaisseur du substrat joue un rôle déterminant sur le confort thermique**. Le couvert végétal de l'immeuble Marseille Triangle a permis de créer de la biodiversité, mais il n'a pas atteint l'objectif de confort thermique. Par ailleurs, **des mesures acoustiques ont montré que la toiture végétalisée réduisait les nuisances sonores de 10 dB**.

Concernant la maintenance, la GTB est en fonctionnement depuis 2021 et de nombreux problèmes sont survenus dans la mise en route et la phase de réglages. En effet, le locataire a modifié le découpage initial des zones que le bailleur avait mises en place, ce qui a déréglé l'organisation générale de la GTB. Les correctifs ont été apportés, mais quelques soucis demeurent encore.

Dans l'ensemble, les travaux ont coûté 815 € HT/m². La végétalisation seule a coûté 165 € HT/m².

Plusieurs éléments reproductibles ont été identifiés :

- Profiter de la réflexion de l'étanchéité pour développer la végétalisation en toiture ;
- **Profiter des particularités du site pour stocker de l'eau ;**
- Créer des espaces végétalisés avec un impact humain minimal afin de permettre le développement de la biodiversité.

Ainsi que des points de vigilance :

- Identifier de véritables partenaires ;
- **Vérifier les équipements et l'entretien des espaces verts même lorsqu'ils sont laissés en autonomie ;**
- Porter une attention non pas à la végétation en tant que telle, mais à la qualité du substrat.

ARCHITECTE
DE LA RÉNOVATION
Ai Project



Un auditeur demande si le bâtiment parvient à stocker suffisamment d'eau pour assurer l'arrosage de la toiture toute l'année. Il demande également des précisions sur la réflexion carbone en zone urbaine.

Jean-Claude Richier explique que le bâtiment n'utilise pas toute sa capacité de stockage d'eau, car l'ensemble des cuves peuvent contenir 140 000 litres d'eau. Les cuves sont situées à -8 m et l'eau doit pouvoir monter à 25 m de hauteur, ce qui implique des équipements spécifiques dont l'efficacité n'était pas garantie au début. À l'avenir, les usagers décideront peut-être d'installer les équipements nécessaires pour exploiter la capacité totale de stockage des cuves. Quant à la réflexion carbone, les derniers kilomètres de La Poste se font toujours en vélo ou en véhicule électrique. Ils ne

gènèrent donc pas de CO₂.

Cédric Juvenelle explique que l'eau fonctionne en circuit fermé, les seules pertes d'eau étant dues à l'évapotranspiration et à la consommation des plantes.

Les coûts d'entretien ont-ils pu être anticipés ? Il existe des techniques de couvert végétal sans eau, avec du sol ramassé à proximité et aucun arrosage. L'inconvénient est que la végétation sèche et jaunit l'été. En revanche, les coûts de gestion sont moins importants. Quant au mur végétal, dont une expérience a été menée en Avignon, il coûte très cher et consomme beaucoup d'eau...

Cédric Juvenelle explique qu'il était irréaliste de vouloir installer un mur végétal sur les quatre étages.

Leslie Morfin Fau explique que l'arrosage a été

particulièrement intensif au début pour permettre aux plantes de s'installer, même s'il s'agit de plantes méditerranéennes. Plus tard, il s'est avéré que le système d'arrosage ne correspondait pas au substrat, ce qui a nécessité de le remplacer. De plus, lors des travaux de remplacement, le mainteneur n'avait pas mis en route les pompes pour récupérer l'eau des cuves. Ces quelques désagréments ont fait gonfler le coût d'entretien au début. Désormais, le système est stable et les coûts en eau devraient diminuer.

Cédric Juvenelle ajoute que le système Aquatex, qui était installé initialement, fonctionne avec une certaine qualité du substrat. Il n'a pas fonctionné sur le toit de l'immeuble, car le substrat, qui est fait de terre arable et de billes d'argile, n'est pas assez dense pour faire

remonter l'eau par capillarité. Le système de goutte-à-goutte permet désormais de maintenir la partie haute du substrat humide, ce qui entraîne toutefois des pertes liées à l'évapotranspiration.

Quels sont la fréquence et le coût des interventions des paysagistes et des jardiniers ?

Leslie Morfin Fau répond que l'objectif était de créer un îlot de biodiversité en minimisant l'impact de l'homme. Le paysagiste intervient une fois par an.

Un auditeur demande s'il est prévu de mener des études dans les années à venir pour vérifier l'efficacité de la toiture végétale en termes de biodiversité.

Leslie Morfin Fau confirme que ces études sont prévues.

Pierre verte à Auch dans le Gers : bâtiment à énergie positive et bas carbone, 100 % autonome en énergie



Alain Castells présente le bâtiment de Pierre verte à Auch, un hôtel particulier construit entre 1760 et 1770 qui a été occupé entre 1841 et 1893 par l'Ecole Normale des Maîtres, puis par la Gendarmerie d'Auch de 1894 à 2001. Le bâtiment était fermé depuis 13 ans.

Il est situé en Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP), sous contraintes ABF, ce qui interdisait l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture. Le bâtiment a été intégralement désamianté. Les éléments architecturaux intéressants ont été conservés. La cour intérieure a été déminéralisée et revégétalisée. L'ABF a donné son accord pour changer les vitrages qui dataient des années 1970. **Une isolation de 40 cm en ouate de cellulose et/ou fibre de bois, a été installée en toiture.**

Les murs étant construits en agrégat hétérogène (pierre, sable et graviers) sur plus de 50 cm d'épaisseur, il a été décidé de réaliser un « projet manifeste », en choisissant de ne pas isoler ces murs, pour conserver leur inertie, évitant ainsi le besoin de rafraîchissement actif en été, tout en garantissant une grande stabilité thermique en hiver, et de bien plus faibles déperditions que celles approchées par calcul (car aucun logiciel de simulation thermique dynamique n'est capable de modéliser ce type de paroi hétérogène). En revanche, le reste des parois a été parfaitement isolé. L'ambition étant de construire un bâtiment « bas carbone » ; il a été décidé d'exclure le placoplâtre. **Toutes les cloisons, chauffantes, ont été construites en terre, bois et fibre de bois.** Tous les autres éléments en bois sont massifs. Le bâtiment est C2 et au-delà du niveau 3 du BBCA.

il a été décidé de réaliser un « projet manifeste », en choisissant de ne pas isoler ces murs, pour conserver leur inertie, évitant ainsi le besoin de rafraîchissement actif en été, tout en garantissant une grande stabilité thermique en hiver

Les équipements techniques du bâtiment sont les suivants :

- Luminaires 24 à 36 LED avec gradateur et détection ;
- Chaudière bois à granulés de 70 kW couplée à un ballon tampon primaire de 2000 litres ;
- 100 m² de panneaux photovoltaïques ;
- Unité de stockage de 37 batteries de 200 Ah pour 83 kW de stockage plomb+ deux armoires de puissance au lithium de 10 kW, assurant l'autonomie énergétique ;
- Conception d'un dispatching et d'un bus continu organisant le couplage des différentes sources et alimentant l'éclairage LED et l'ensemble de l'informatique en courant continu (CC).

Ces équipements ont été complétés par des systèmes additionnels :

- Chaudière à gaz de 40 kW (uniquement en secours) ;
- Planchers chauffants et murs chauffants ;
- Ventilation CTA double flux avec échangeur à 85% ;
- Petits ballons électriques pour l'ECS ;
- GTB et comptage.

La consommation de chauffage la première année était proche des prévisions, à savoir 90 000 kWh, en maintenant une température de 19° C. **Grâce à la GTB, la consommation électrique n'a pas dépassé les 18 000 kWh, pour une prévision à 19 000 kWh.** Concernant le photovoltaïque, malgré un problème qui a retardé la mise en route la première année, la production d'électricité est légèrement supérieure aux prévisions. La réhabilitation a coûté 1,28 million d'euros, le passage à l'énergie positive, 70 000 € et le stockage des batteries, 100 000 €, ce qui aboutit à un ratio de 1233 €/m².

Sur une durée de 50 ans, le bilan carbone de ce

INTERVENANT



Alain Castells
Fondateur
et gérant
d'ADDENDA,
bureau d'études
environnement
basé à Auch



bâtiment s'établirait à 65 tonnes de CO₂.

Une construction neuve identique, chauffée au gaz, aurait produit 1620 tonnes de carbone ; l'exploitation du bâtiment maintenue en l'état aurait produit 4 830 tonnes de carbone, soit 74 fois plus de rejets de CO₂.

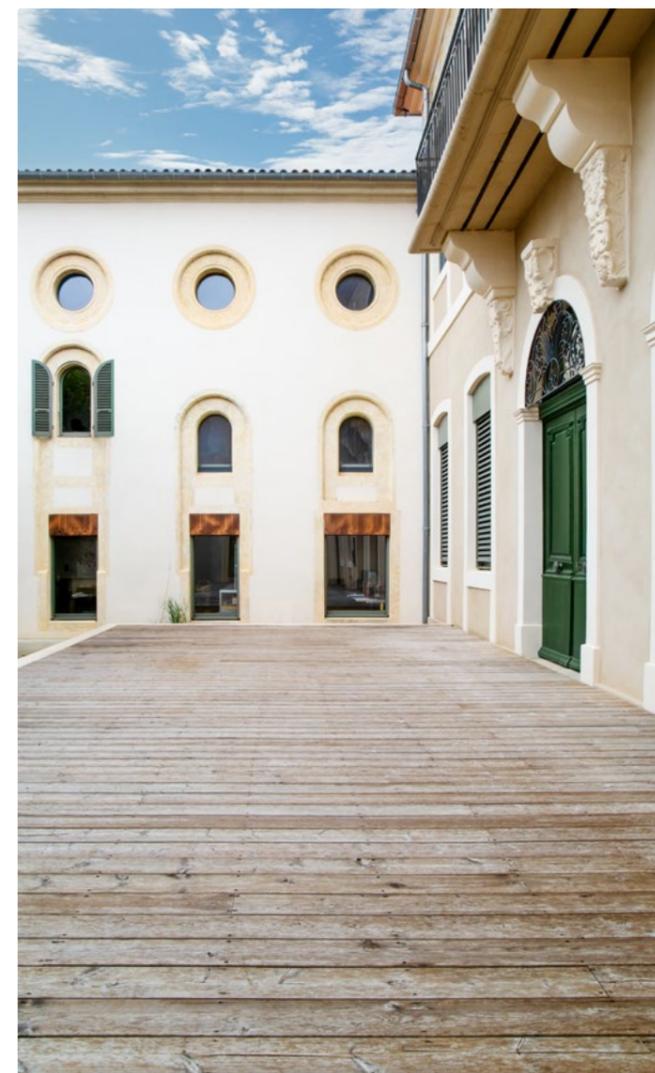
Des sondes ont été placées tous les 10 cm dans les murs pour étudier le transfert thermique à l'intérieur. En hiver, dans une pièce fermée, non ventilée et dont la fenêtre n'est pas protégée, la température est particulièrement stable tout au long de l'année ce qui prouve qu'il est inutile d'isoler le bâtiment dont les murs de ce type sont en agrégat de pierre de 50 cm d'épaisseur. **Le bâtiment se régule lui-même.**

Le projet a été marqué par des réussites notoires :

- Confort intérieur en été, en hiver et en demi-saison, ressenti comme très doux ;
- Calme et performance acoustique ;
- Très bon éclairage naturel ;
- Circulation adaptée ;
- Qualité de l'air intérieur ;
- Très bons résultats en termes de consommation (Le bâtiment est BEPOS niveau E4).

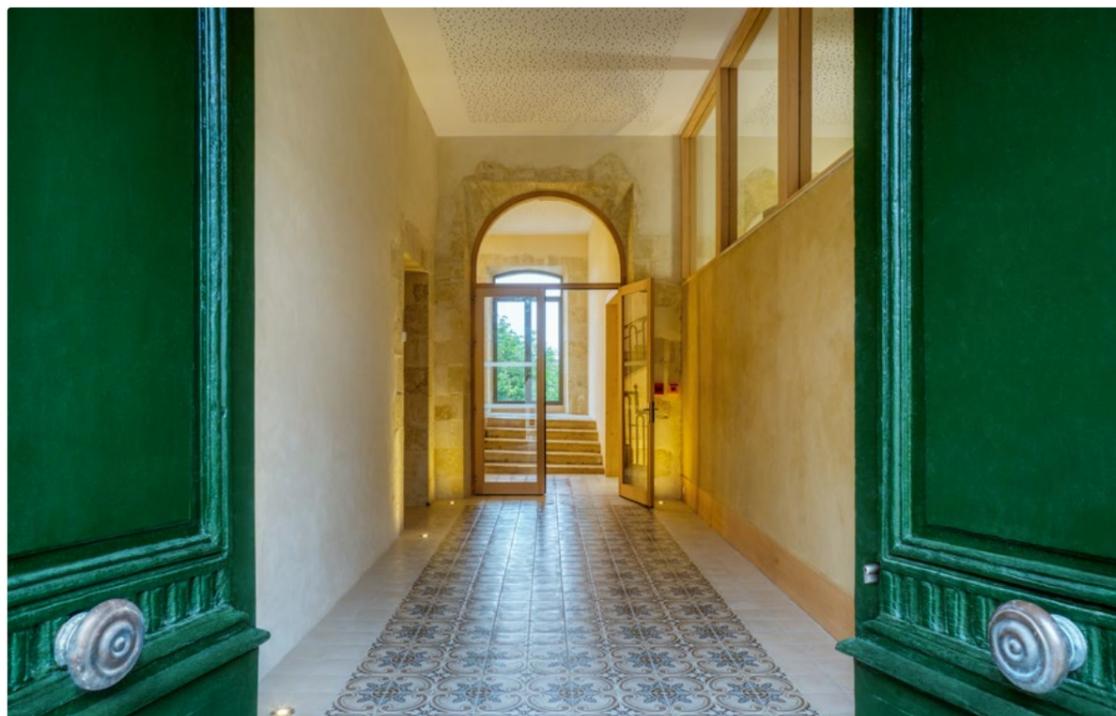
Mais aussi par des difficultés :

- Nécessité de former les usagers qui changent en permanence ;
- Nécessité de ne pas interrompre la stabilité du bâtiment (inutile d'ouvrir les fenêtres en hiver pour ventiler, la CTA avec échangeur s'en charge) ;
- Gros problèmes de sérieux et de constance des entreprises ;
- Mise au point plus longue ;
- Difficultés d'approvisionnement en cas de problème technique en période post-COVID ;
- Cahiers de préconisation pour les locataires qui ne remontent pas depuis les sièges parisiens (CNFPT, Banque de France) ;
- Réglage délicat du niveau d'oxygène dans la chaudière biomasse.



Pierre verte à Auch: bâtiment à énergie positive et bas carbone, 100 % autonome en énergie

ARCHITECTE
DE LA RÉNOVATION
Agence Airoldi



Un auditeur souligne qu'un mur non isolé subit forcément une déperdition en hiver. Il demande si cette perte en hiver est compensée par le gain en été.

Alain Castells explique que :

1. La consommation est nettement plus maîtrisée que l'on pourrait le penser, du fait du très bon comportement de la forte inertie non homogène (grande stabilité et faible transfert thermique);

2. Consommer un peu plus d'énergie n'est pas un problème si celle-ci est produite par une énergie non carbonée et renouvelable (en l'occurrence, le bois). Seul l'impact financier pourrait être un frein, mais les très faibles besoins rendent ici cet aspect négligeable;

3. Le fait de ne pas isoler les murs permet de ne pas avoir besoin de rafraîchissement.

Cela amène à supprimer l'installation d'un matériel (production, distribution, émission) très

carboné pour sa conception, consommateur de matière première épuisable, consommateur d'énergie électrique et nécessitant de l'entretien maintenance. Paradoxalement, l'enjeu n'est pas tant la réduction de la consommation énergétique (si celle-ci bien sûr est décarbonée et renouvelable) mais plutôt la réduction drastique de l'impact carbone du bâtiment et de ses systèmes techniques et thermiques depuis la restructuration (voire, la construction) jusqu'à sa déconstruction et son réemploi/recyclage. L'objectif à poursuivre en priorité est la réduction des émissions carbone, surtout si l'énergie est décarbonée et renouvelable.

Un auditeur souligne que si tous les bâtiments anciens devaient être chauffés au bois, la production de bois par les forêts françaises serait insuffisante.

Alain Castells estime que le manque de bois dans les forêts françaises est une chimère et

qu'il faut d'abord réduire la consommation au strict minimum: la ressource ne devrait pas manquer si elle est gérée correctement. Les effets de manque ponctuels tiennent à l'adaptation de la gestion et non pas à la ressource.

Un auditeur confirme que la forêt continue de croître chaque année et que la biomasse disponible reste importante. La capacité de production de granulés de bois augmente considérablement, notamment grâce à l'optimisation des excédents de bois dans les scieries. Compte-tenu de ces paramètres, la ressource n'est pas près de se tarir, surtout si les consommations sont aussi raisonnables que dans ce bâtiment.

Un auditeur en déduit qu'il est possible de consommer l'énergie dès lors que le bilan carbone de sa production n'est pas élevé.

Alain Castells confirme que le véritable enjeu n'est pas de réduire la consommation d'énergie à tout prix, mais de maîtriser le type d'énergie et son impact carbone.

Un auditeur estime que ce type de projet doit être montré aux ABF pour leur prouver qu'il est possible de réhabiliter efficacement un bâtiment et d'en faire un lieu de vie agréable sans impacter sa valeur patrimoniale.

Alain Castells explique que le projet a proposé une réflexion globale incluant chaque élément architectural dans la recherche de solutions techniques. Dans la chapelle, la ventilation a été intégrée dans un meuble de rangement afin de cacher tous les éléments techniques. C'est ce genre de travaux qui permettent au bâtiment d'être efficace sans déqualifier son architecture.



Une auditrice note que la température des parois ne descend pas en dessous de 19°C.

Alain Castells explique que dans une pièce chauffée par système convectif (sans plancher ni cloison chauffante), la température des parois peut être inférieure. Mais dans les pièces chauffées par systèmes radiatifs de type cloisons chauffantes, celles-ci rayonnent en vis-à-vis des murs extérieurs et maintiennent la couche superficielle de ces murs à une température proche de l'ambiance 19-19,5°C. Le ressenti est confirmé par l'adjectif de qualification du confort qui est souvent employé par les visiteurs: «il fait doux».

Est-ce que le fonctionnement du bâtiment implique de réguler la nuit ?

Alain Castells explique qu'un tel bâtiment a seulement besoin d'un peu d'énergie pour monter lentement en température car il se régule ensuite tout seul. En général, le fait de réguler

la nuit fait baisser la masse en température, ce qui obligerait de consommer de l'énergie le matin pour retrouver une température acceptable. Il ne faut donc surtout pas faire de ralentis de nuit, c'est inutile.

Comment procéder pour réhabiliter un bâtiment à forte inertie lorsque les panneaux photovoltaïques ne sont pas forcément autorisés ?

Alain Castells explique que l'enjeu est de trouver les bonnes solutions avec les ABF au regard des besoins techniques et des obligations patrimoniales. Pour un projet dans le centre historique de Cahors, il a été proposé de reproduire un élément de « motif architectural » en positionnant les panneaux photovoltaïques en faitière de manière à reproduire l'ancien motif des verrières de toit, tout en conservant au bâtiment patrimonial, la sobriété esthétique de cette toiture.



Ferme réhabilitée à Champs-sur-Marne : un changement de destination pour accueillir de nouveaux usages

L'agence Belus & Hénocq a conçu la Maison des étudiants, imaginée autour d'un projet de rénovation d'une ancienne ferme fortifiée entourée d'un territoire traversé par des axes de circulation et par un vaste système d'irrigation. Une ferme n'est pas seulement un bâtiment, mais un écosystème global et c'est de cette manière qu'il doit être considéré dans le cadre d'un projet de réhabilitation.

La première étape de cette conception a consisté à mettre en adéquation, dans la partie diagnostic, le programme et l'état du bâti afin de penser une stratégie de long terme. Les espaces en double hauteur ont été conservés. Le bâtiment étant particulièrement long, il a été décidé de créer un faitage unitaire pour redonner sa force à l'ensemble et conserver la massivité des murs. **La toiture est un élément structurant du projet, car elle permet à la fois d'isoler, d'apporter de la lumière et du confort acoustique, d'abriter tous les réseaux et de conserver les éléments de maçonnerie.** En effet, les ouvertures ont pu être conservées en les agrandissant et en descendant les allèges. Il a été décidé d'ajouter une sur-toiture qui occupe une double fonction : cacher toutes les émergences et faire de l'ombre sur le bac acier pour éviter qu'il fasse chauffe trop en été. Le coût des travaux s'est élevé à 4,2 millions d'euros : ordre de grandeur identique à celui d'une construction neuve. Les matériaux employés sont biosourcés, même s'il ne s'agissait pas d'une demande explicite de la maîtrise d'ouvrage. Elle a toutefois sollicité un pilotage de l'ensemble du bâtiment par une GTB, pour faciliter le suivi des consommations et l'apport de mesures correctives rapides si nécessaire. La ventilation est assurée par un système double flux avec échangeur thermique récupérant les calories dans les parties hautes des volumes intérieurs. Concernant le traitement des murs, le cabinet a décidé

de recourir au béton de chanvre projeté, un matériau à changement de phase. Ce procédé présente une particularité liée à l'humidité : lorsque la chaux est projetée, elle est mélangée à l'eau. Or, la chaux est hydrophobe, ce qui explique les suintements au moment de la projection.

L'intérêt du béton de chanvre est qu'il permet la complémentarité entre la chènevotte, qui absorbe l'humidité, et la chaux qui la rejette. **Il s'agit donc d'un matériau à changement de phase qui permet au mur de réagir en fonction du niveau d'humidité.** Allié à la pierre, le béton de chanvre apporte aux murs une réelle capacité de déphasage, permettant notamment d'apporter de la fraîcheur en été.

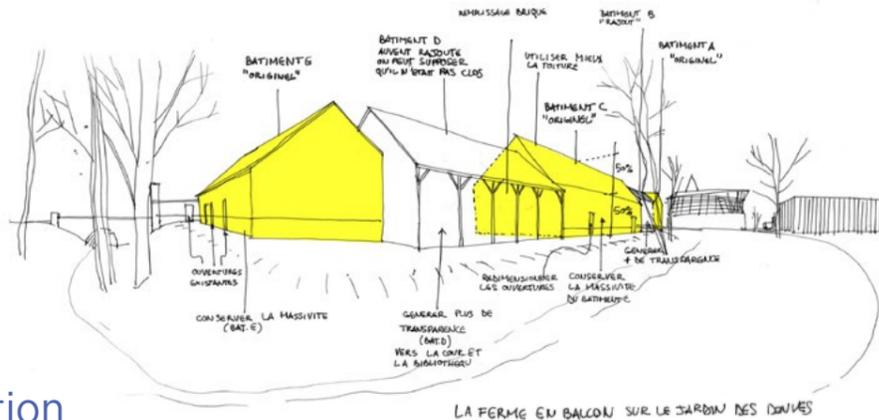
Ce bâtiment a été pensé comme un bâtiment outil. Les réseaux ont été calculés le plus soigneusement possible pour garantir une facilité de branchement et d'accès aux commandes de l'éclairage. La salle polyvalente a la possibilité de se fermer sur toutes ses faces. Les ouvrants de ventilation sont actionnables grâce à un bouton lorsque la température est trop élevée. Ils se referment automatiquement au bout de 30 minutes. **Les ouvrants n'ont pas été complètement automatisés pour laisser une place à l'intervention humaine.**

Les réussites les plus notoires de ce projet sont le confort d'été, la ventilation double flux, l'inertie des murs et le déphasage. Comme dans d'autres projets, la ventilation double flux nécessite un certain temps pour se mettre en place et être appropriée par les usagers. Quant au béton de chanvre, il met longtemps à sécher. **Le bâtiment n'atteint le niveau optimal qu'un an après sa livraison. Il est important de garder ce paramètre à l'esprit**

de manière à bien choisir la date de début des travaux. D'autre part, une fois que le bâtiment a été livré, les usagers ont fortement chauffé pendant l'hiver, ce qui a provoqué des fissures dans le mur.

Allié à la pierre, le béton de chanvre apporte aux murs une réelle capacité de déphasage, permettant notamment d'apporter de la fraîcheur en été

Les réussites les plus notoires de ce projet sont le confort d'été, la ventilation double flux, l'inertie des murs et le déphasage



ARCHITECTE DE LA RÉNOVATION
Belus & Hénocq
architectes

INTERVENANT



Adrien Hénocq
Cabinet d'architectes
Belus & Hénocq



Une auditrice souhaite savoir comment ces fissures ont été reprises.

Adrien Hénocq répond que l'enduit hygrothermique chaux-chaux a été repris à l'issue de la première année avec un badigeon.

Est-il possible d'utiliser le béton de chanvre à l'extérieur du bâtiment ?

Adrien Hénocq explique qu'à l'époque des travaux cette technique n'était pas très courante, mais qu'elle l'est davantage désormais. Si le bâtiment devait être réhabilité en 2023, plusieurs aspects seraient mis en

avant, notamment développer le réemploi, réutiliser la matière de béton projeté tombée au sol pour l'isolation de la toiture et privilégier d'autres matériaux que l'aluminium.

Une auditrice suggère de projeter le béton de chanvre au printemps pour qu'il ait le temps de sécher pendant l'été. Elle demande comment ont été gérées les boîtes électriques.

Adrien Hénocq répond qu'elles n'ont pas vraiment posé problème, car les circulations de réseaux dans le béton de chanvre sont assez peu nombreuses. La projection du béton a été terminée en mars. Le bâtiment étant très long, les

projections ont été réalisées par phase, ce qui a permis aux différentes parties de sécher progressivement. Il est vrai qu'il est risqué de terminer béton de chanvre en automne.

Un auditeur souligne que l'utilisation de l'argile a augmenté les phénomènes d'évaporation et de condensation.

Adrien Hénocq répond que la chaux est hydrophobe et qu'elle chasse l'humidité du mur lorsque nécessaire, alors que la terre crue ne fonctionne pas de manière aussi mécanique. Il est toutefois vrai que la terre est un matériau très approprié pour les pièces exposées à l'humidité.



Réhabilitation de la ferme du Mazet en Maison des Arts à Fos-sur-Mer

L'objet de cette réhabilitation : transformer une ancienne ferme en Maison des Arts pour doter la ville de Fos-sur-Mer d'une salle de danse et d'une salle de musique. Le bâtiment présente une superficie de près de 1500 m². Les travaux ont commencé durant l'été 2017 et le projet a été livré fin 2019.

Afin de respecter le patrimoine, la réhabilitation devait conserver les murs en pierre et rénover la charpente en bois. Le projet reposait également sur un fort enjeu de gestion des déchets, le bâtiment ayant servi de dépôt pour la mairie. Par ailleurs, lors du chantier, une fosse à pluie a été découverte, ce qui a conduit à la réhabilitation du puits.

LE RETOUR DES USAGERS

Les usagers sont extrêmement positifs. Selon le mot de la directrice, la maison des Arts est un « petit joyau de la ville et une belle réussite. On nous envie ce bâtiment ».

La mairie a su exploiter ce bâtiment polyvalent à travers de nombreux usages : mise à disposition d'une salle de réunion, organisation de vernissages, cérémonies, mariages, etc. Le retour d'expérience montre une bonne tenue des matériaux en façade et des menuiseries.

De plus, les espaces verts sont bien entretenus malgré les difficultés rencontrées concernant l'arrosage.

Les usagers ne notent pas d'inconfort l'été dans le hall d'accueil. L'acoustique des salles est excellente. Enfin, la salle de danse bénéficie d'une belle luminosité.

Thomas Passi présente ensuite les évolutions du projet depuis sa conception. Il fait part de quelques ajustements depuis la livraison du projet. Certaines cloisons qui avaient été mises au R+1 ont été supprimées. En outre, un rack à vélos a été installé à la suite des constats d'usagers.

Quelques réglages auraient pu être optimisés :

- Les usagers font part d'une gestion difficile du confort thermique, notamment lorsque des activités avec des besoins différents se succèdent (yoga ou danse par exemple) ;
- Le zonage des équipements techniques est défini par ailes et non par exposition ;
- La programmation horaire, variable manuellement, nécessite un temps d'adaptation. Entre la première et la deuxième année, cette programmation a permis une baisse de 30 % sur le chauffage et de 20 % sur la ventilation. L'accompagnement a permis de rendre le bâtiment plus performant énergétiquement.

Quelques problèmes d'humidité ont été remontés avec l'apparition de salpêtre sur les murs en pierre. En juin 2021, le traitement à base d'ammoniac ou de vinaigre n'a pas permis de résoudre le problème. Les solutions pour traiter l'humidité sont lourdes et difficiles à mettre en œuvre.

À l'usage, en ce qui concerne les espaces verts, les niveaux d'eau insuffisants dans la cuve n'ont pas permis d'assurer une irrigation correcte. De plus, les épisodes caniculaires des étés 2021 et 2022 ont conduit à l'assèchement des réserves. Des travaux

ont été réalisés pour alimenter l'arrosage avec l'eau de ville parce que la mairie souhaitait conserver un niveau élevé d'entretien de ces espaces.

Concernant les désagréments constatés du bâtiment, les usagers mentionnent la présence de nombreux luminaires dans certaines salles qui sont parfois éblouissants et ne disposent d'aucun système de réglage possible.

En ce qui concerne le confort d'hiver, le bâtiment est difficile à chauffer ce qui entraîne un inconfort ponctuel du personnel à l'accueil (courant d'air dans le hall).

Les consommations d'éclairage ont été plus faibles

Entre la première et la deuxième année, cette programmation a permis une baisse de 30 % sur le chauffage et de 20 % sur la ventilation

INTERVENANT



Thomas Passi
Accompagnateur
BDM, Bureau
d'études SINTEO



que prévues (mais auraient pu l'être davantage). Les consommations d'ECS sont très faibles, les usagers n'en profitent pas spécialement. En revanche, les consommations de chauffage sont plus élevées que prévues ce qui s'explique par l'extension des plages horaires d'ouverture. Enfin, les consommations de ventilation sont également beaucoup plus importantes, notamment en raison du COVID.

D'après les réponses apportées au questionnaire transmis, 87 % des usagers sont très satisfaits du bâtiment. Les coûts des travaux ont représenté 3 894 000 HT € (soit 1909 € HT/m²).

LES ENSEIGNEMENTS À RETENIR

La principale réussite du projet repose sur la redynamisation du quartier et de ses services. **La réhabilitation du projet a offert un lieu satisfaisant et agréable à vivre que les utilisateurs se sont approprié en respectant les bonnes pratiques de manière générale, comme la mise en place de la ventilation naturelle plutôt que la climatisation.** La qualité acoustique a été à la hauteur des attentes pour la danse et la musique.

Parmi les points d'amélioration, il convient de mieux prendre en compte les activités et l'exposition pour le zonage des équipements de chauffage et la climatisation.

ARCHITECTE
DE LA RÉNOVATION
Damien Blaise
Architectes



À quel point les heures d'ouverture du lieu ont-elles varié par rapport au programme initial ?

Thomas Passi explique que pendant la phase de conception, le planning d'ouverture a été considéré de manière standard. À l'usage, le bâtiment est ouvert plus tardivement pour répondre aux besoins associatifs.



Logements

Rénovation de copropriétés : les lauréats des Trophées 2023 de la rénovation énergétique

Introduction

Virginie VIERI rappelle que l'Agence départementale d'information sur le logement (ADIL), l'Agence locale de l'énergie et du climat (ALEC) et la Maison énergie, habitat, climat (MEHC) sont les trois structures associatives qui animent le service public de la rénovation de l'habitat France Renov' à l'échelle des Bouches-du-Rhône. Leurs missions sont d'accompagner et sécuriser gratuitement les projets de rénovation énergétique des maisons individuelles et copropriétés : choix des travaux, équipements, aides financières, réglementation, liens avec les entreprises, aide à la lecture de devis, etc. Romain TAHON affirme que l'un des enjeux actuels de la rénovation énergétique des copropriétés est de transformer une obligation réglementaire telle que le plan pluriannuel de travaux (PPT) ou le DPE collectif en opportunité. Bien préparées, ces obligations peuvent mener à un projet ambitieux d'économies d'énergie, permettre de mobiliser des aides financières et de bénéficier, in fine, de logements plus confortables. L'ALEC et la

MEHC accompagnent les copropriétés tout au long du parcours de rénovation, en les mettant en relation avec des professionnels compétents et en leur fournissant des cahiers des charges des différentes missions (audit énergétique, DTG, plan pluriannuel de travaux, etc.) pour mieux cadrer les demandes de devis. L'ALEC et la MEHC mettent également en place des actions de mobilisation et de sensibilisation au sein des copropriétés.

L'ALEC et la MEHC animent depuis 2022 à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille-Provence le programme national « Rénovons Collectif » piloté par Ile-de-France Energie. Dans ce cadre, les Trophées Réno Copro Aix-Marseille-Provence Métropole ont été organisés à partir de 2023 pour valoriser des rénovations énergétiques de copropriété. Les premiers lauréats de ces trophées : la Résidence des Cyprès à Salon-de-Provence avec le grand prix Réno Copro et la Résidence de la Madeleine à Aix-en-Provence, prix spécial du jury.

LES INTERVENANTS



Virginie VIERI
Chargée
d'animation
territoriale de la
Maison Energie
Habitat Climat
(MEHC)



Romain TAHON
Conseiller
copropriété pour
l'ALEC



Rénovation de copropriétés: **les lauréats des Trophées 2023 de la rénovation énergétique**

La Madeleine à Aix-en-Provence: une rénovation reproductible? Quels critères environnementaux ont pu être atteints?



Mathilde Collineau indique que la copropriété de la Madeleine comprend 32 logements répartis sur deux bâtiments datant de 1962. Les 32 logements appartiennent à sept copropriétaires, ce qui a simplifié la prise de décision.

Clément Forvieux ajoute que cette copropriété présente la particularité d'avoir une façade en pierre de travertin. Il s'agissait donc de faire de la rénovation énergétique sans toucher à cette pierre. La rénovation s'est voulue volontairement respectueuse de l'existant. Les bâtiments étaient confrontés à des phénomènes de carbonatation des bétons, d'oxydation des aciers et de porosité de la pierre.

Mathilde Collineau explique que l'audit énergétique mené en 2017-2018 a mis en évidence la nécessité de remplacer les fenêtres dont la plupart étaient d'origine, d'isoler le toit terrasse et de l'étanchéifier, d'isoler les plafonds bas et quelques surplombs et de changer la VMC collective. En revanche, les deux chaudières au gaz datant de 1991 ont été conservées, tant que les travaux d'isolation n'étaient pas réalisés et que le besoin en chauffage restait inconnu. Bien que le diagnostic énergétique ait montré que les murs étaient responsables d'une grande déperdition, il a été décidé de ne pas réaliser d'isolation ni par l'intérieur ni par l'extérieur. Les gains énergétiques se sont focalisés sur les fenêtres, les planchers et la ventilation.

Avant rénovation, la copropriété consommait environ 550 MWh de gaz par an. Après travaux, la consommation s'est établie à 361 MWh, soit une diminution d'environ 30% des factures réelles de gaz pour le chauffage.

Le programme de rénovation voté par la copropriété a consisté à isoler le toit terrasse et les planchers bas, remplacer la pompe de circulation, équilibrer les réseaux, mettre en place une VMC hygroréglable et à remplacer les vitrages. Ce programme permettant de réaliser 36% de gain énergétique (calcul réglementaire) ouvrait droit à plusieurs aides financières: Ma Prime Réno Copropriétés, CEE Coup de pouce rénovation globale et EcoPTZ collectif. Un prêt complémentaire a été contracté pour financer les travaux autres qu'énergétiques (ravalement des façades en pierre, rénovation des balcons, réfection des

halls, réaménagements des jardins).

Clément Forvieux ajoute que le diagnostic énergétique et les études thermiques permettent de déclencher une rénovation globale de la copropriété et de bénéficier de financements globaux. La pierre a été nettoyée et hydrofugée. Les toitures ont été isolées avec ajout de nouveaux garde-corps (obligation imposée par le bureau de contrôle). Le remplacement des fenêtres simple vitrage par du double vitrage et du cadre alu d'origine a été rendu obligatoire par un vote «d'intérêt général» en assemblée générale de copropriété. Tous les planchers bas situés sur des zones non chauffées ont été isolés par un flochage. Les travaux ont été réalisés en site occupé, avec une gestion assez complexe des rendez-vous avec les locataires qui représentaient 60% des occupants. En outre, la dépose totale de l'étanchéité des balcons et la mise en place d'un carrelage ont entraîné des nuisances importantes. La réfection des balcons a aussi nécessité de réaliser des grilles d'évacuation sur mesure en inox.

Mathilde Collineau précise que des vitrages avec un faible facteur solaire ont été installés sur les façades ouest et que des vitrages avec un fort facteur solaire ont été posés côté sud, les surplombs des balcons protégeant largement les façades sud. Cette différenciation a complexifié la rédaction des CCTP.

Clément Forvieux indique que des CCTP par façade et par bâtiment ont été établis, ainsi qu'un bordereau de prix unitaire par logement type afin de faciliter le vote en assemblée générale. S'agissant des vitrages, le rendu en matière d'entrée de lumière s'est avéré un point de litige, les appartements situés dans les étages bas ayant perdu en luminosité. Il aurait sans doute fallu adapter le type de vitrage par étage, en plus de l'orientation de la façade.

En ce qui concerne la VMC, Mathilde Collineau indique que les gaines ont été vérifiées et les bouches d'aération

LES INTERVENANTS



Mathilde Collineau
Ingénieur Ecole Centrale Paris, thermicienne, bureau d'études Enéides



Clément Forvieux
Architecte dplg, Secrétaire Général du Syndicat des Architectes des Bouches-du-Rhône (SA13)



classiques remplacées par des bouches hygroréglables. Un nouveau caisson en toiture a été installé, avec un cadre antibruit.

Clément Forvieux ajoute que l'ambiance générale de la copropriété a été améliorée grâce à un certain nombre de travaux complémentaires: remplacement des éclairages dans les parties communes, rénovation des halls, mise aux normes des boîtes aux lettres, installation d'une correction acoustique dans les halls et aménagement des jardins.

Mathilde Collineau indique que le coût total du projet

s'est élevé à 963 000 €, dont 580 000 € de travaux énergétiques. **La copropriété a bénéficié de 128 000 € de**

Ma Prime Réno Copropriété et de 40 000 € de certificat d'économie d'énergie. Le reste à charge pour chaque copropriétaire s'est élevé à 323 €/m².

Plusieurs facteurs ont facilité la prise de décision: la présentation de devis précis et, en particulier, de devis de fenêtres par typologie de logement, la présentation de l'ingénierie finan-

cière du projet avant le vote en assemblée générale, l'assistance du syndic.

le diagnostic énergétique et les études thermiques permettent de déclencher une rénovation globale de la copropriété et de bénéficier de financements globaux

ARCHITECTE
DE LA RÉNOVATION
Clément Forvieux



Les doubles vitrages qui existaient déjà ont-ils été changés?

Mathilde Collineau répond que 6 logements étaient déjà équipés de doubles vitrages, ils n'ont pas été changés. Seuls les simples vitrages ont fait l'objet d'un vote d'intérêt général et ont été remplacés. Les quotes-parts de travaux ont tenu compte de cette situation.

Combien de temps s'est déroulé entre l'audit initial et la fin du chantier?

Mathilde Collineau indique que l'audit a été mené en 2018, puis mis à jour en 2020 pour

déposer les dossiers d'aides. Les travaux ont duré 18 mois, ils se sont terminés entre février 2023 et mai 2023. L'accord de paiement a été validé en septembre 2023. Les travaux n'étant pas préfinancés par des aides dans les copropriétés classiques, le prêt complémentaire est essentiel pour assurer la trésorerie de la copropriété.

Le cabinet Enéides travaille-t-il avec des copropriétés fragiles et des bailleurs sociaux?

Mathilde Collineau répond qu'elle a déjà travaillé avec bailleurs mono propriété, mais pas pour des copropriétés fragiles et des bailleurs sociaux.

Clément Forvieux indique, quant à lui, que son agence travaille avec des copropriétés fragiles et en arrêté de péril. Dans ce cas, le préfinancement est absolument primordial.

Quel type d'audit a été réalisé?

Mathilde Collineau répond qu'elle a réalisé un audit complet façon Ademe, auquel elle a ajouté la partie réglementaire, puis la partie DPE afin de répondre aux exigences des dossiers d'aides. Dans son rôle d'AMO, elle utilise le logiciel Proge Copro qui permet à chaque copropriétaire de visualiser sa quote-part de travaux.

Les coffres de volets roulants ont-ils été changés? Comment avez-vous procédé pour ne pas relever les conduits de VMC au-dessus de l'étanchéité à plus de 80 pour respecter le DTU 49-1?

Clément Forvieux concède que le DTU 49-1 n'a pas été respecté. Cela a simplifié les choses, mais entraîné une prise de risque. Dans les rénovations, la technique et la réglementation sont parfois incompatibles. Quant aux coffres de volets roulants intérieurs, ils n'ont pas été remplacés.

Rénovation de copropriétés: **les lauréats des Trophées 2023 de la rénovation énergétique**

Les Cyprès à Salon-de-Provence: rétrospective d'un accompagnement à la décision qui a permis le passage à l'acte de rénovation des façades

Cécile Cormeraie propose de montrer en quoi la participation active des copropriétaires a valorisé leur adhésion et leur engagement vers et dans un projet de rénovation globale.

Hervé Reboulin indique que la copropriété des Cyprès date de 1962, elle est située dans le quartier des Canourgues à Salon-de-Provence. Ce quartier réalisé

la toiture ainsi qu'à améliorer le système de ventilation.

Dans un premier temps, les copropriétaires souhaitaient seulement réparer les façades et assurer l'étanchéité des toitures. Hervé Reboulin indique qu'un travail avec les copropriétaires a été mené pour les inciter à se diriger

un travail avec les copropriétaires a été mené pour les inciter à se diriger vers une rénovation globale, leur permettant de mobiliser davantage d'aides et de réduire leur reste à charge.

Tout le projet ayant été co-construit, les copropriétaires avaient déjà tous les éléments avant l'assemblée générale et le vote s'est avéré une formalité.

dans les années 50 à 70 regroupe un tiers de la population de la ville. Il mêle logements sociaux et copropriétés privées dont la tendance est à la dégradation et à la paupérisation.

La copropriété des Cyprès est composée de 66 logements, bâtis selon le plan type de l'architecte Gaston Jaubert. **Pour un coût total de 1,1 million d'euros, la rénovation a consisté à isoler les façades, à refaire et isoler**

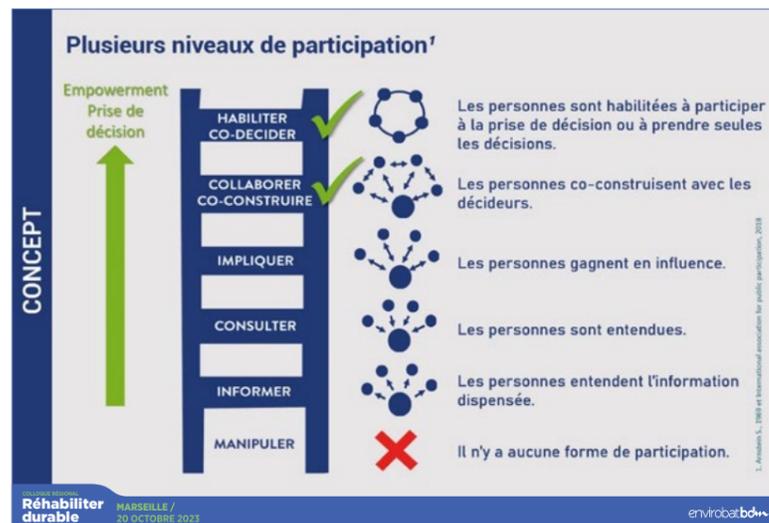
vers une rénovation globale, leur permettant de mobiliser davantage d'aides et de réduire leur reste à charge.

Cécile Cormeraie et Hervé Reboulin présentent la démarche participative mise en œuvre.

Pour aller vers la rénovation globale, il a fallu gagner la confiance des copropriétaires. Il leur a donc été proposé de co-construire le projet dont ils étaient décideurs. En premier lieu, un travail avec le conseil syndical a été réalisé pour étendre l'instance et répartir les compétences et les tâches. Petit à petit, chaque membre s'est senti concerné par le projet et a commencé à raisonner en termes de fonctions. De la même façon, le BET, l'architecte et l'AMO ont travaillé ensemble, de manière horizontale.

En phase d'audit, des cafés copro mensuels ont été organisés en pied d'immeuble. 50 à 70% des copropriétaires étaient présents. **Les copropriétaires sont devenus de plus en plus force de propositions et ont proposé de créer des commissions par cage d'escalier.**

Tout le projet ayant été co-construit, les copropriétaires avaient déjà tous les éléments avant l'assemblée générale et le vote s'est avéré une formalité.



LES INTERVENANTS



Cécile Cormeraie
Formatrice, intervient dans des champs tels que la recherche et l'assistance à maîtrise d'ouvrage avec la participation des usagers dans des projets de rénovation énergétique.



Hervé Reboulin
Architecte DPLG



ARCHITECTE DE LA RÉNOVATION
Hervé Reboulin



Comment s'est déroulé le processus de décision? Qu'est-ce qui a été voté la première fois en assemblée générale?

Hervé Reboulin répond que pour cette opération sur les Cyprès, plusieurs votes ont été requis: un premier sur les diagnostics et la mise en place de la concertation, le deuxième sur les scénarii pour l'appel d'offres, et le troisième sur les travaux eux-mêmes. Toutes les décisions ont été discutées en amont en cafés copro, les copropriétaires avaient alors toutes les informations avant d'arriver en assemblée générale.

Tous les bailleurs participent-ils à la concertation?

Cécile Cormeraie répond par l'affirmative. Un bailleur s'est particulièrement impliqué, il venait à toutes les réunions de chantier.

Comment les copropriétaires en viennent-ils à accepter de payer un AMO pour les accompagner dans leur projet de rénovation?

Hervé Reboulin répond qu'un gros travail d'information et de pédagogie est mené au préalable auprès des copropriétaires. Plusieurs rencontres ont lieu pour qu'ils valident l'idée d'être accompagnés. Cécile Cormeraie ajoute que lors de ces rencontres, elle

incite la MOE à vulgariser les termes techniques auprès des copropriétaires. Un dialogue se joue et permet de gagner la confiance de ces derniers.

Les copropriétaires ont souvent eu une première information par l'Agence locale Energie Climat ou la Maison Energie Climat.

Hervé Reboulin précise qu'il ne présente pas forcément dans l'ordre le cahier des charges AMO habituel. Par exemple, la déclaration préalable pour la rénovation des façades n'est présentée que lorsque les copropriétaires ont voté les travaux correspondants. Il convient parfois de changer les usages et les

pratiques pour mener des projets importants de rénovation.

À quel moment et comment travaillez-vous avec les syndicats de copropriété?

Hervé Reboulin répond que l'équipe présente d'abord au syndic sa façon de travailler et recueille en général une bonne écoute. Les syndicats acceptent que l'équipe aille vers le conseil syndical, car ils comprennent que ce travail pluridisciplinaire d'accompagnement les soulage. Romain Tahon indique que l'Agence locale de l'énergie et du climat (ALEC) sensibilise les syndicats sur ces questions de rénovation énergétique à travers un parcours de formation.

Habitat social Le Castellan à Istres : CREM (Conception Réalisation Entretien Maintenance) et enquête usagers



Erilia est une entreprise sociale de l'habitat qui gère environ 65 000 logements. Elle réalise 1700 logements neufs par an et en réhabilite 2100. Une politique bas carbone a été adoptée en 2023, confortée par des démarches environnementales (BDM) initiées dès 2018.

LES AMBITIONS DU PROJET

Jean-Christophe Jambet indique que Le Castellan est une résidence de 218 logements qui se trouve en face de la mairie d'Istres. Datant des années 1960-1970, elle est composée de 10 bâtiments (des barres et des plots) alimentés par une chaufferie collective au gaz. La résidence n'avait pas fait l'objet d'une rénovation globale depuis sa construction.

Le projet a commencé par la réalisation d'un diagnostic initial au cours duquel les locataires ont été interrogés sur leurs besoins.

Le programme de travaux a été défini en Conception réalisation exploitation maintenance (CREM), avec l'exploitant. Le coût global de l'opération s'est élevé à 9,3 millions d'euros, dont 7 millions d'euros de travaux (soit 45 000 € par logement), en partie financés par des fonds européens FEDER. La rénovation n'a pas impacté les loyers des locataires.

UN PROJET, UNE ÉQUIPE

Dans le cadre de la procédure de CREM, le maître d'ouvrage a choisi un AMO pour l'accompagner dans le processus de sélection d'une équipe de maîtrise d'œuvre, d'un exploitant et d'une entreprise générale, avec un engagement sur le coût des travaux et une baisse des consommations énergétiques sur 10 ans.

Jean-François Fabri, de GCC, précise que le groupement a échangé avec le maître d'ouvrage dès le début de la conception avec de nombreux allers-retours. Ces échanges permettent d'affiner le projet et facilitent la réalisation.

Philippine Vincent, architecte, affirme que les logements du Castellan offrent une très bonne organisation et un aspect qualitatif initial favorable (double orientation, extérieur, pierre de Rognes). Un important travail a été mené sur l'enveloppe des bâtiments pour améliorer le confort thermique. Ainsi, les façades des barres, les vides-sanitaires et les toitures ont été isolés. 20 % de laine de bois a été utilisée pour l'isolation des façades en béton et 20 % d'étanchéité biosourcée pour l'isolation des toitures. Différentes épaisseurs d'isolation par l'extérieur (ITE) ont permis de donner un nouveau visage à la résidence.

Pour les bâtiments dont les façades sont en pierre de Rognes, l'accent a été mis sur les dispositifs internes pour atteindre le label BBC Effinergie Rénovation.

Les menuiseries ont toutes été remplacées. **Le parti pris a été de fermer les loggias des plots, et d'installer des occultations permettant d'améliorer le confort d'hiver des loggias orientées au nord et le confort d'été de celles orientées au sud et ouest.** En outre, les logements ont été équipés de persiennes : des persiennes repliables et en tableau pour les orientations est et nord, et des persiennes à projection pour les orientations ouest et sud, permettant une ventilation naturelle du logement.

Un jeu de couleur entre ces deux modèles de persienne a permis d'animer la façade.

Concernant la mise en œuvre de l'ITE laine de bois, Jean-François Fabri indique que les propriétés thermiques de la laine de bois sont un peu inférieures à la laine

de roche [ndlr: les propriétés écologiques de la laine de bois sont supérieures en tant que matière biosourcée et renouvelable], et que pour simplifier le respect de la réglementation incendie, la laine de bois n'a été installée qu'au dernier niveau, en proximité de fenêtres. Ce matériau étant plus lourd, la mise en œuvre est plus difficile pour les compagnons sur le chantier et son transport doit être bien organisé. Par ailleurs elle est plus dense et occasionne beaucoup de poussière lors des découpes, ce qui nécessite également d'anticiper sur le chantier la maniabilité et l'ergonomie du travail des compagnons.

Laetitia Exbrayat observe que **la mise en œuvre de la laine de bois a été un apprentissage pour GCC, l'entreprise a dû faire évoluer ses pratiques.** En outre, 20 % des toitures ont été étanchéifiées avec Soprema Mammoth Neo Cap (dérivé d'huile de colza made in France). Trois ans après la livraison, les retours sur ce produit sont très satisfaisants. Un enjeu financier a limité le déploiement du produit sur la totalité des toitures.

Laetitia Exbrayat ajoute que **la chaufferie centrale de la résidence a été conservée, avec**

remplacement des chaudières gaz existantes par des chaudières à condensation et optimisation du système de régulation et de télégestion. Cela a permis de diminuer la puissance de la chaufferie et de sortir des exigences ICPE, allégeant ainsi les coûts d'exploitation. Par ailleurs, 13 panneaux photovoltaïques ont été installés en toiture de la chaufferie pour alimenter les parties communes des bâtiments F et G.

Différentes épaisseurs d'isolation par l'extérieur (ITE) ont permis de donner un nouveau visage à la résidence.

13 panneaux photovoltaïques ont été installés en toiture de la chaufferie pour alimenter les parties communes

LES INTERVENANTS



Laetitia Exbrayat
Responsable bureau d'études énergie environnement Impulse, accompagnatrice BDM



Jean-Christophe Jambet
Erilia



Jean-François Fabri
GCC REHA MED



Gauthier Pype
Engie Solutions



Philippine Vincent
Architecte DPLG Labastie Architecte



PHASE CHANTIER

Erilia a initié une démarche d'information des locataires tout au long du chantier (livrets d'information, ateliers en pied d'immeuble, relations avec la gestionnaire locataires, réunions publiques en mairie pour faire remonter les problématiques, visite de logement témoin). Un état des lieux de chaque logement a tout d'abord été réalisé, et a notamment permis d'identifier les éventuels travaux déjà réalisés dans les logements. Des rendez-vous avec les locataires ont été organisés, facilités par la permanence de la gestionnaire dans la résidence. Les interventions dans les logements ont été réalisées de manière très ciblée pour limiter au maximum les nuisances.

SUIVI D'EXPLOITATION

À l'issue du chantier, Erilia a lancé une **enquête de satisfaction : l'opération de réhabilitation du Castellan a recueilli 85 % de satisfaction globale.** Cette opération en site occupé s'est bien déroulée, grâce aux différentes actions de communication et au respect des dates de

L'implication du nouvel exploitant dès le début du projet a aussi permis d'assurer une passation de la maintenance et de l'exploitation sans écueil.

ARCHITECTE
DE LA RÉNOVATION
Labastie
Architecte

travaux. **L'implication du nouvel exploitant dès le début du projet a aussi permis d'assurer une passation de la maintenance et de l'exploitation sans écueil.**

Gauthier Pype explique qu'Engie a réalisé les travaux de régulation de la chaufferie et de réseaux. L'entreprise assure le fonctionnement de la chaufferie avec des engagements de performance énergétique. **Après réhabilitation, l'ambition initiale de diminution des consommations d'énergie a été dépassée (-57 % de gain réalisé en 2022-2023, pour un objectif initial de -48 %).**



La commune a-t-elle été associée au projet de rénovation ? A-t-elle réalisé des travaux complémentaires sur les espaces extérieurs ?

Jean-Christophe Jambet répond que dans le cadre de ses projets de réhabilitation, Erilia se rapproche toujours de la mairie de la ville concernée pour lui présenter le projet. Pour le Castellan, Erilia a associé la mairie d'Istres pour communiquer auprès des locataires et les accompagner sur le volet social. La ville d'Istres n'a, en revanche, pas réalisé de travaux sur les espaces extérieurs qui lui appartiennent.

Des dispositifs peuvent être mis en œuvre pour isoler entièrement une façade en fibre de bois.

Jean-François Fabri confirme qu'il n'est pas interdit d'isoler

une façade qu'avec de la fibre de bois, mais il faut pouvoir répondre aux exigences des bureaux de contrôle à travers la mise en place de dispositifs permettant d'éviter la propagation du feu.

La fermeture des loggias a-t-elle augmenté la surface habitable et impacté les loyers ?

Jean-Christophe Jambet répond que ce sujet a fait l'objet d'un débat. Les loggias n'étant pas chauffées, elles n'entrent pas dans la surface habitable et n'impactent pas les loyers.

Des sous-compteurs pour le chauffage ont-ils été installés par logement afin que les locataires puissent suivre leur consommation ?

Jean-Christophe Jambet répond que les réseaux ont été découplés et des sous-compteurs ont été installés par

bâtiments. Des répartiteurs ont été mis en place sur les radiateurs.

Laetitia Exbrayat ajoute que la mise en place de sous-compteurs individuels représentait un coût trop important pour le budget de l'opération, qui mettait en péril des opérations de rénovation de l'intérieur des logements, essentiels pour le confort d'usage. Au vu de ce coût important, il a été décidé d'adopter une solution intermédiaire par bâtiment.

L'ingénierie sociale était-elle intégrée à la maîtrise d'œuvre ou a-t-elle été prise en charge par Erilia ?

Jean-Christophe Jambet indique que l'ingénierie sociale a été un travail commun entre le maître d'ouvrage (service renouvellement urbain et cohésion sociale) et l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Existe-t-il des différences de performance énergétique selon les bâtiments ? Si oui, à quels facteurs ces différences peuvent-elles être imputées ? Gauthier Pype explique que l'engagement de performance énergétique est global et fait l'objet d'un suivi annuel global. Cependant, **des compteurs par bâtiment ont été installés et permettront de mettre en évidence les éventuelles différences de performance entre les bâtiments en béton isolés par l'extérieur et les bâtiments en pierre de Rognes.**

En quoi consiste l'équité bioclimatique ?

Philippine Vincent répond qu'il s'agit d'amener de la lumière aux logements orientés au nord, et de protéger les logements orientés ouest et sud du soleil, à travers les dentelles et les persiennes à projection.

Immeubles de logements du XVII^e et XVIII^e siècle à Paris et deux écoles du XX^e siècle : isolation chaux-chanvre, béton-chanvre et bottes de paille



Dans tous ses projets, Dumont Legrand Architectes travaille toujours avec des ingénieurs structure ayant une appétence particulière pour les matériaux biosourcés et la thermique. Les problématiques étant variées selon les patrimoines, différents modes d'intervention sont utilisés en faisant preuve d'agilité et de connaissance.

LA HUCHETTE-PARIS

La Huchette est un petit immeuble d'habitation du XVII-XVIII^e siècle, situé dans le quartier Saint-Michel. Le projet a été livré en décembre 2016, avec le concours du bureau d'études structure enveloppe LM Ingénierie. Il a été réalisé par l'entreprise Bâti-Réno (filiale de Bouygues), laquelle a fait appel à un sous-traitant, SMB, qui n'avait jusqu'alors jamais effectué de projection chaux-chanvre.

Avant sa réhabilitation, l'immeuble était quasiment en arrêté de péril. **Les travaux ont consisté à curer les planchers en gardant les poutres maîtresses, isoler en chanvre à l'intérieur, ravalement l'extérieur avec la pose d'un enduit isolant chanvre, isoler la toiture et créer un petit système de ventilation naturelle forcée.**

Le chanvre est une plante à croissance rapide dont on extrait de la chènevotte par défibrage de la tige. Le matériau est ensuite mélangé à de la chaux et de l'eau. Il existe plusieurs fournisseurs de chaux-chanvre, et les produits sont certifiés par des règles professionnelles.

Pour utiliser le chanvre, il faut que le matériau sur lequel on s'appuie ait une capacité perspirante. Dans le cadre de cette réhabilitation, du ciment (matériau non perspirant) a été découvert au 2^e étage, il a donc fallu le déposer pour retrouver la maçonnerie d'origine en moellon et pouvoir projeter le chaux-chanvre. L'isolation par l'extérieur avec un enduit hygrothermique (correcteur thermique) a volontairement été peu épaisse pour conserver au maximum l'aspect extérieur du bâtiment et homogénéiser le traitement de la façade. Cette couche a ensuite été recouverte d'un enduit chaux-sable. À l'intérieur, l'isolation a été effectuée avec un

béton chanvre de 100 mm.

Le béton chaux-chanvre présente la particularité d'être perspirant : en été, quand l'eau est présente, l'évaporation génère un peu de froid, et inversement en hiver, quand il y a de la condensation, un petit effet thermique d'un demi-degré se dégage sur la paroi.

Le chanvre est mélangé avec la chaux et l'eau dans une malaxeuse, et le matériau est projeté avec une lance.

Cette projection requiert un savoir-faire important. Il a donc fallu former les compagnons des entreprises Bâti-Réno et SMB. De manière générale, les matériaux comme le chaux-chanvre suscitent sur les territoires de l'engouement et de l'engagement pour se réapproprier les savoir-faire.

BRUNOY

L'immeuble date du XVIII^e siècle et est composé d'une dizaine de logements accueillant des personnes en transition. L'état de l'existant était très dégradé. Les lignes structurelles et les points de charpente ont été conservés, mais la réhabilitation a entraîné une reprise totale de la distribution intérieure. L'immeuble présente la particularité d'avoir en façade des modénatures en plâtre très fines. L'enduit hygrothermique de correction ne pouvait donc être mis en place.

Il a été décidé de basculer vers une solution d'isolation par l'intérieur de 12 cm, avec un panneau de doublage en Farmacell qui est robuste et peu onéreux. L'ingénieur de LM Ingénierie a fait un travail de récupération de certains éléments de la charpente qu'il a remis en œuvre à la Caserne Exelmans à Paris. Il a également expérimenté un

travail de recyclage du béton chanvre en fin de vie et étudié les performances du chaux-chanvre recyclé par rapport au chaux chanvre fraîchement mélangé.

GRUPE SCOLAIRE - CREIL

L'école, située à 50 km au nord de Paris, est en pierre calcaire. L'opération consiste à surélever d'un étage le bâtiment historique et à créer un bâtiment neuf en lieu et place d'un préau et d'un hangar existants. La façade du bâtiment

Le béton chaux-chanvre présente la particularité d'être perspirant : en été, quand l'eau est présente, l'évaporation génère un peu de froid, et inversement en hiver, quand il y a de la condensation, un petit effet thermique d'un demi-degré se dégage sur la paroi.

L'opération consiste à surélever d'un étage le bâtiment historique et à créer un bâtiment neuf en lieu et place d'un préau et d'un hangar existants.

LES INTERVENANTS



Olivier Legrand
Dumont Legrand
Architectes



Grégoire Dumont
Dumont Legrand
Architectes



GRIGNY
INTERVENTION ARCHITECTURALE
Réhabiliter durable MARSEILLE / 20 OCTOBRE 2022 envirobatb3

neuf sera en pierre Cogetherm (pierre de lave). Sur le bâtiment historique, il est prévu de conserver le soubassement en pierre calcaire et d'isoler en bloc de chanvre à l'intérieur, les travaux devant être réalisés dans un temps relativement court. La façade extérieure ne sera, en revanche, pas enduite pour conserver son caractère architectural. L'extension à l'arrière sera en ossature bois. Les traitements seront donc mixtes, peu homogènes, selon les bâtiments. **En réhabilitation, il faut effectivement accepter que les choix d'isolation s'adaptent aux matériaux d'origine.**

GRUPE SCOLAIRE PAUL LANGEVIN - GRIGNY

Le groupe scolaire date de 1972. Les bâtiments sont très modernes et offrent une belle spatialité. L'opération consiste à créer des adjonctions qui accueilleront la maternelle au rez-de-chaussée et les primaires, ainsi qu'une extension pour accueillir la restauration scolaire. **Il est également prévu de réhabiliter les surfaces existantes en les isolant avec des caissons de paille.** La perspiration du béton étant quasi nulle, il n'était pas possible d'utiliser le chaux-chanvre. La mise en œuvre des caissons de paille implique de déplacer les fenêtres d'autant.

ARCHITECTE
DE LA RÉNOVATION
Dumont Legrand
Architectes



BRUNOY
LE PROJET RÉALISÉ
Réhabiliter durable MARSEILLE / 20 OCTOBRE 2022 envirobatb3



Combien de temps faut-il pour que le béton de chanvre sèche ?

Grégoire Dumont répond qu'il faut prévoir une semaine de séchage pour 1 cm ou 2 cm de chanvre. Cela dépend un peu de la saison, de la technique de projection (par voie humide ou par voie sèche) et du dosage. Olivier Legrand ajoute que les industriels de la chaux ont fait énormément de progrès pour réduire les temps de séchage. Au bout d'un mois de séchage, les phases ultérieures de travaux peuvent être mises en œuvre.

Quel sera le fournisseur des bottes de paille de 22 cm ?

Grégoire Dumont précise que l'appel d'offres a volontairement été laissé ouvert pour ne pas se retrouver contraint par la filière. Olivier Legrand indique que les solutions de paille commencent à s'étoffer un peu. Sur le projet de Grigny, l'idée est de coupler la botte de 22 avec un complément d'isolation. Grégoire Dumont ajoute qu'un

nouvel acteur vient de se créer en Île-de-France pour le chanvre (Wall'Up) : les charpentiers se déplacent avec leurs panneaux de bois dans cette entreprise qui réalise la projection de chaux-chanvre, et les panneaux repartent ensuite sur les chantiers. Sur le même principe, quelques petits industriels commencent à faire du remplissage de paille dans des panneaux de bois. **L'objectif du marché public de Grigny est de mobiliser les forces locales.** Une expérimentation est en cours avec Paris Habitat sur des ballots de paille, mais la technique étant non courante, il est difficile de l'imposer sur un chantier avec une commune comme Grigny.

Quel est l'intérêt de la préfabrication ?

Olivier Legrand répond que la préfabrication permet un contrôle des coûts et une maîtrise de la qualité, et elle facilite les conditions de travail.

Un participant estime que la préfabrication interroge

L'intensité sociale.

Pour Olivier Legrand, l'intensité sociale du matériau est sa capacité à renouer avec des pratiques perdues, à les transmettre, à créer des liens avec le territoire et l'économie locale. Grégoire Dumont précise que les règles professionnelles actuelles du béton de chanvre ne permettent pas d'isoler au-delà du R+2 plus combles, mais les futures règles permettront certainement d'aller plus haut. Il sera alors difficile de faire de la projection de chaux-chanvre sur 3-4 étages ou plus. **La préfabrication convient bien à des immeubles collectifs d'une certaine taille, et la projection sur site est adaptée pour de petits bâtiments.** Olivier Legrand ajoute que la projection crée du rebut qu'il est difficile de ramasser lorsqu'elle est réalisée sur des étages hauts. La préfabrication apporte une capacité quantitative, elle règle en partie les problématiques de coût et de mise en œuvre.

Est-il envisagé d'utiliser un autre type de liant que la chaux

qui a un impact environnemental ? Ne pourrait-on pas travailler avec des solutions d'argile-chanvre ou de torchis ? Olivier Legrand indique que son cabinet a gagné en 2018 un marché à Biganos (Gironde) avec un bailleur. La région de Biganos étant riche en argile très pure, l'idée est venue d'utiliser cette argile à la place de la chaux. Des prototypes ont été réalisés dans la phase de concours. Les tests ont montré qu'en l'absence d'agent stabilisateur et de mise en étuve, la terre-chanvre fonctionne jusqu'à 12 cm d'épaisseur. Cependant, au-delà de 12 cm, le mélange commence à composter. L'idée de faire 2 fois 10 cm s'est avérée, quant à elle, trop coûteuse. Il a finalement été décidé de fabriquer des briques de terre extrudée en terre chanvre. **Certains acteurs développent des solutions qui incorporent un peu de chaux dans le mélange argile-chanvre ou terre-chanvre. Ces solutions mixtes pourraient constituer des pistes d'avenir.**

Résidence sociale Salvador Allende à Port-Saint-Louis-du-Rhône : un accompagnement d'assistance à maîtrise d'usage protéiforme



L'ONG Geres, développe des solutions de lutte contre la précarité énergétique en région Sud. Elle œuvre à l'international à l'amélioration des conditions de vie des populations les plus modestes et lutte contre les changements climatiques et leurs impacts.

Marie-Maud GERARD indique que la résidence Salvador Allende de Port-Saint-Louis-du-Rhône comprend 300 logements. Elle date du milieu des années 1970 et est composée de trois grands bâtiments (R+8 ou 9) et de 11 plus petits (R+2 ou 3).

Le coût de la rénovation s'est élevé à 7 millions d'euros, soit 26 000 € par logement. La rénovation, dont l'objectif était d'atteindre le label BBC Rénovation, s'est déroulée entre janvier 2016 et juin 2018. Elle a consisté à **requalifier les espaces extérieurs et les bâtiments, améliorer le confort et la sécurité des appartements, rénover les parties communes, traiter et isoler les façades et les toitures, installer dans certains logements des ballons thermodynamiques, et ce, sans augmenter les loyers.** Grâce aux travaux de rénovation, la résidence est passée de l'étiquette énergétique D à l'étiquette A.

Kamel Sadki ajoute que le marché intégrait une mission de maîtrise d'usage. Le maître d'ouvrage Erilia a, en effet, souhaité mettre en place une démarche volontaire d'information et d'accompagnement des habitants dans l'appropriation de la rénovation, avec l'aide du Geres, même s'il existait déjà sur place un gestionnaire permanent. Le Geres a ainsi participé à l'ensemble des réunions de la maîtrise d'ouvrage et du groupement et était en interface direct avec les locataires, le gardien et le gestionnaire de la résidence.

Avant la rénovation, la maîtrise d'ouvrage a organisé une réunion en mairie pour informer l'ensemble des acteurs des enjeux de cette rénovation et présenter la mission d'accompagnement du Geres. Par la suite, une gazette d'information a été diffusée aux habitants pour les informer de l'avancée de travaux, de la programmation, de la maîtrise d'usage, etc.

Kamel Sadki dresse ensuite un panorama des différentes actions menées par le Geres au cours de l'opération de

réhabilitation :

- La formation du gestionnaire de la relation avec les résidents sur les questions d'énergie, les écogestes, le fonctionnement du ballon thermodynamique, l'utilisation des brise-soleils ;
- La participation à l'animation de l'appartement témoin mis à disposition par le bailleur social ;
- L'organisation de deux balades thermographiques pour expliquer l'enjeu de l'isolation par l'extérieur et visualiser les niveaux de déperdition au niveau des façades ;
- La participation à la rédaction de guides à destination des habitants (guide de fin de travaux et guide confort d'été), permettant de leur rappeler des éléments d'utilisation et de maintenance des équipements, les écogestes ;
- L'organisation d'un événement festif dans le quartier ;
- L'organisation d'un atelier sur le fonctionnement des ballons thermodynamiques (information sur l'intérêt de bien programmer le ballon pour réduire sa facture d'énergie, explications sur la programmation de l'horloge du ballon) ;
- La mise en place d'appareils permettant de mesurer la consommation des ballons, avec le soutien de l'amicale des locataires.

Kamel Sadki souligne l'importance de diffuser l'information aux locataires au bon moment, d'adapter les actions de communication en fonction du calendrier des travaux. Par exemple, **le Geres a mené une action de sensibilisation sur le confort d'été alors même que les habitants n'avaient pas encore vu l'installation de leur nouvelle menuiserie performante.**

Kamel Sadki ajoute qu'il faut prendre le temps de convaincre l'amicale des locataires, leur expliquer l'intérêt des travaux et surtout en faire la « démonstration par la preuve » en commençant, par exemple, par les actions de mesure et de suivi dans leur propre logement. Globalement, il a fallu du temps pour gagner leur confiance et faciliter le développement des actions sur site. Le fait que les ballons thermodynamiques ne soient pas installés dans

LES INTERVENANTS



Marie-Maud Gérard
Geres



Kamel Sadki
Geres

Grâce aux travaux de rénovation, la résidence est passée de l'étiquette énergétique D à l'étiquette A.



tous les logements ou nécessitent, dans certains logements, de faire passer des tuyaux dans les chambres a cristallisé beaucoup de mécontentement.

Marie-Maud GERARD indique qu'après la réhabilitation, le Geres a été missionné par Erilia pour suivre plusieurs ballons thermodynamiques et mettre en place des mesures plus spécifiques sur le confort d'été. Kamel Sadki affirme que 80 % des locataires utilisent le brise-soleil vertical et les volets. Ils sont également ravis des casquettes en façade dont ils louent l'efficacité et leur impact positif sur l'amélioration de leur confort d'été.

En termes d'enseignements, Kamel Sadki indique que les actions menées par le Geres sur cette résidence sont

facilement reproductibles par un acteur spécialisé dans la maîtrise d'usage. L'accompagnement à la maîtrise d'usage doit être réalisé pendant le chantier, la phase de

fonctionnement, et idéalement se prolonger dans le temps. **Les actions d'accompagnement et d'information des locataires doivent s'inscrire dans le processus même de réhabilitation afin qu'elles prennent tout leur sens et ne soient pas déconnectées de la réalité du chantier.** Elles ne constituent pas forcément un volet à part, tous les acteurs de l'opération doivent pouvoir les alimenter, s'y intéresser, les enrichir. L'assistance à maîtrise d'usage doit aussi être coordonnée et suivie, préférentiellement, par l'architecte.

80 % des locataires utilisent le brise-soleil vertical et les volets. Ils sont également ravis des casquettes en façade dont ils louent l'efficacité et leur impact positif sur l'amélioration de leur confort d'été

ARCHITECTE DE LA RÉNOVATION
Baldassari-Sibourg



Y a-t-il eu un travail de communication et de recueil des besoins avec les locataires avant le début de la réhabilitation ?

Marie-Maud GERARD répond qu'en 2015, Erilia ne menait pas encore ce type d'action de manière systématique. Le Geres a commencé son accompagnement alors que le programme de travaux était déjà défini.

Les petits gestes d'économie d'énergie ne représentent-ils pas une charge mentale

supplémentaire par rapport au faible gain qu'ils permettent de réaliser ?

Marie-Maud GERARD précise que les conseils d'usage se focalisent sur les points les plus importants (éviter d'ouvrir les fenêtres en été par exemple).

Si la maîtrise d'usage avait été intégrée dès la phase de programmation ou dans l'équipe de conception, un certain nombre d'iniquités entre les logements auraient certainement pu être évitées.

Marie-Maud GERARD affirme

qu'idéalement, la maîtrise d'usage devrait être mobilisée dès le début d'une opération. Cela permettrait d'apporter des informations, des retours d'expérience qui seraient pris en compte par le maître d'ouvrage.

Proposez-vous au bailleur de maintenir un lien avec les locataires sur cette question de la maîtrise d'usage à travers le service gestionnaire ?

Kamel Sadki répond que le Geres parvient à inculquer un regard énergie/environnement au gestionnaire d'immeuble. Le

bailleur est généralement favorable pour que le gestionnaire serve de relais auprès des locataires pour diffuser des messages sur ces sujets. Marie-Maud GERARD ajoute que le rôle du Geres n'est pas forcément de revenir régulièrement dans une résidence, mais il incite le bailleur à organiser annuellement un temps avec les habitants pour rediscuter de ces problématiques énergétiques et faire des « piques de rappel » sur les messages de modération énergétique, les émissions de CO₂ évités etc.



Écoles

École Montessori d'Avignon : transformation d'un entrepôt en établissement scolaire



Ce projet a été porté par l'association de parents d'élèves appelée « La Maison des Enfants ». Outre sa participation et celle du bureau SOL.A.I.R. comme maîtres d'œuvre, Olivier Gaujard mentionne également l'intervention de l'architecte Daniel Fanzutti.

Historiquement, l'école, qui fêtera bientôt ses 25 ans, prenait place dans des locaux diocésains situés dans le quartier Champfleury, mais, en 2010, à la demande du diocèse d'Avignon, il a fallu trouver de nouveaux locaux pour accueillir entre 70 et 80 enfants. L'école actuelle, d'une capacité totale de 120 enfants, en accueille 104 cette année (2023-2024). Après une tentative de construire un bâtiment neuf puis plusieurs visites de locaux existants, le choix de l'équipe de la « Maison des Enfants » s'est porté sur un ancien entrepôt qu'ils ont décidé de transformer en établissement scolaire (ERP de 5^{ème} catégorie).

Le projet avait pour ambition la mise en œuvre du bioclimatisme : gestion des apports solaires directs en hiver, occultations mobiles l'été. À cet égard, les performances de ce bâtiment passif sont très largement atteintes. Il a fallu optimiser l'éclairage naturel et utiliser des matériaux bio et géosourcés (bois, fibre de bois, ouate de cellulose, sable, paille, terre) pour faire une isolation thermique par l'extérieur avec des enduits de terre et ajouter un étage sur une partie du bâtiment. Le bâtiment permet une petite production d'eau chaude solaire. Les maîtres d'œuvre ont cherché à optimiser le confort d'été sans recourir à la climatisation avec une ventilation naturelle traversante. Les travaux ont duré un an (juillet 2011 – juillet 2012).

Les maîtres d'œuvre ont cherché à optimiser le confort d'été sans recourir à la climatisation avec une ventilation naturelle traversante

Les concepteurs du projet ont gardé à l'esprit les possibilités d'évolution des usages du bâtiment.

Les lots techniques (maçonnerie, CVC, électricité, ascenseur, enduits terre) ont été réalisés par des entreprises disposant d'une assurance décennale. **Le second œuvre et les finitions ont été effectués par une équipe d'artisans, salariés de l'association, disposant d'un contrat de travail appelé « contrat de chantier à durée indéterminée ». Il s'agit d'artisans très aguerris à la construction du bois, de la paille, des enduits de terre, etc.**

Les concepteurs du projet ont gardé à l'esprit les possibilités d'évolution des usages du bâtiment.

LE DÉROULEMENT DU CHANTIER

Le chantier s'est déroulé en deux étapes. La partie ouest a été utilisée comme espace de stockage des matériaux et atelier pour transformer la partie est. Les ouvertures ont été percées dans le but de favoriser l'éclairage naturel. L'équipe a porté une attention toute particulière aux détails du bâtiment. Le public de l'école, qui n'a pas nécessairement une connaissance fine du secteur de la construction, ressent d'ailleurs un sentiment de « bien-être » dans les locaux, qui provient du « bien-faire ».

Permettant d'anticiper l'évolution des usages, la charge d'exploitation du comble aménageable s'élève à 350 daN/m². Par ailleurs, pour l'isolation extérieure du bâtiment, des bottes de paille ont été insérées dans une ossature bois. Ces dernières ont été protégées avant l'application des enduits par un gobetis de terre. Le bâtiment présente une excellente performance d'étanchéité à l'air (0,65 m³/h/m²).

UN PROJET MULTI-FINANCÉ

Le recours à des artisans salariés a permis de réduire drastiquement les coûts de construction de l'école. Le projet a néanmoins pu être réalisé grâce à un emprunt significatif de 850 000 € contracté auprès de la Nef [établissement bancaire: ndlr] sur une durée de 40 ans. L'Ademe a aussi apporté un financement à hauteur de 142 000 €. L'apport initial pour réaliser le projet était de 50 000 € mais la « Maison des enfants » a réussi à collecter plus de 450 000 € de dons et mécénats.

Répartition des coûts significatifs du projet :

Achat du site (terrain 1872 m² – bâtiment de 500 m²) = 440 000 € TTC
Frais de vente, études et mobilier environnant : 210 000 € TTC
Travaux : 850 000 € TTC soit 903 € TTC/m² SHON, soit **753 € HT/m² SHON**
Coût total de l'opération : 1 500 000 € TTC

LES INTERVENANTS



Olivier Gaujard
Fondateur de la Scop Gaujard Technologie, Président de Fibois Sud Paca



Laetitia Montpellier
Chef de projet CVC-QE & Associée SOL A.I.R.



RETOURS DE LA PHASE D'USAGE

Avec le temps, les enduits ont montré quelques traces de fissuration très localisées. L'enduit de finition de la façade s'est également décollé à certains endroits parce qu'il faisait trop chaud et sec le jour de la pose. Ces défauts ont été repris il y a 2 ans. En revanche, aucun problème de vieillissement du bois en extérieur n'est à signaler.

En ce qui concerne la consommation du bâtiment, les résultats obtenus sont très positifs, malgré la mise en place d'une ventilation à double flux qui peut parfois être décriée. D'après les relevés EDF, la consommation électrique totale représente 32 kWh/m² par an.

Selon les derniers retours des occupants, la consommation électrique serait encore en diminution (baisse de 50 % en moyenne sur les trois dernières années).



Un auditeur énonce que les bâtiments d'une école sont occupés seulement 25% du temps. Il s'enquiert des autres usages éventuels de cette école.

Olivier Gaujard fait savoir que l'école sert de lieu de répétition pour un orchestre. L'école pourrait également faire partie des futurs sites du festival Off d'Avignon. Enfin, des conférences sont régulièrement organisées au sein de l'école.

Un auditeur s'enquiert de la composition des enduits appliqués.

Olivier Gaujard spécifie que les enduits sont composés à 95 % de terre (en provenance d'une carrière se situant à proximité d'Uzès) complétée de chaux, de brique pilée, de plâtre et de fibre de paille. Les enduits font quatre centimètres d'épaisseur.

Les fonctions d'éclairage et de ventilation ont été différenciées. Pour cette raison, au niveau de toutes les ouvertures, on retrouve trois éléments : le grand vitrage fixe, le volet coulissant, servant à l'occultation du vitrage fixe, et les ventelles fixes derrière lesquelles se trouve un châssis ouvrant. Des aménagements extérieurs au bâtiment ont été réalisés (végétalisation).

Par ailleurs, l'analyse des terres du terrain environnant le bâtiment et de l'air contenu dans les vides sanitaires existants remplis de galets a révélé la présence de trichloréthylène et tétrachloroéthylène en quantités supérieures aux seuils admis pour les établissements dits « sensibles » que sont les écoles. En tout état de cause, la découverte de tels produits rendait le bâtiment impropre à son utilisation.

Pour obtenir l'autorisation d'ouverture de l'école, des mesures correctives ont dû être mises en œuvre : Pour recouvrir les fissures du goudron existant, l'extérieur a été regoudronné avec au moins 25 millimètres de bitume. L'esplanade sud a été recouverte d'une couche de terre de 40 cm d'épaisseur.

Tous les trois mois, pendant trois ans, des échantillons de l'air ont été prélevés et analysés par un organisme agréé pour mesurer l'évolution de la pollution. Rapidement, les mesures ont montré que les seuils étaient redescendus à un niveau admissible.

Une auditrice demande où a été placée la pouzzolane.

Olivier Gaujard indique qu'elle a été placée dans le soubassement (entre la maçonnerie existante et les parpaings

Olivier Gaujard signale que, selon les derniers retours des occupants, la consommation électrique serait encore en diminution (baisse de 50 % en moyenne sur les trois dernières années). Cette baisse des consommations peut probablement être attribuée aux efforts récents de sobriété énergétique.

Laetitia Montpellier ajoute que le chauffage du bâtiment se fait à l'aide de granulés de bois (consommation de 4 T de granulés par an soit 19 kWh/m²/an).

Le bâtiment a nécessité quelques mesures correctives, notamment la mise en place d'une batterie d'eau chaude sur la ventilation à double flux, en raison d'un léger inconfort ressenti en hiver à proximité des bouches de soufflage. D'autres mesures d'amélioration sont d'ores et déjà prévues : **des attentes électriques pensées en conception ont été posées lors du chantier pour permettre l'installation de brasseurs d'air** et l'acoustique dans la classe pourra être améliorée par la pose d'un linoléum sur feutre acoustique sur le plancher en bois.

ARCHITECTE
Daniel Fanzutti

supportant l'ITE paille enduite). Ce soubassement, haut de 80 cm environ, protège le bâtiment contre d'éventuelles inondations, Avignon étant située en zone inondable.

Un auditeur fait remarquer l'absence de panneaux photovoltaïques.

Olivier Gaujard répond qu'ils n'ont pas été installés pour des raisons budgétaires mais qu'ils le seront ultérieurement. Ils ne seront pas installés sur toute la surface mais seulement au droit des murs périphériques en raison de l'impossibilité de justifier par le calcul la capacité de la charpente métallique datant des années 50 à reprendre les charges supplémentaires induites par le PV dans l'éventualité d'une corrosion des assemblages métalliques qui n'aurait pas été détectée.

Maternelle La Roseraie à Marseille : projection de béton-chanvre, pose de brasseurs d'air et ventilation simple flux sur la rénovation d'une école des années 60



La Ville de Marseille a été le maître d'ouvrage du chantier de La Roseraie, un bâtiment situé dans le 7^e arrondissement et qui date des années 70. Damien Blaise est l'architecte qui a été le maître d'œuvre de cette réhabilitation, accompagné du BET SOL A.I.R.

Il s'agit d'un chantier en site occupé avec une co-activité (gros œuvre, désamiantage et menuiseries extérieures avec interface sur les tableaux/linteaux).

L'école maternelle présente une façade principale de type GEEP («Pailleron»). Le programme de travaux recouvrait le désamiantage des sols, la dépose de la façade en L de type GEEP, la pose de nouvelles façades, la pose de brise-soleil et de volets roulants, la mise en place d'isolation, la rénovation de la chaufferie, de ses réseaux et radiateurs, la reprise des éclairages et la mise en conformité PMR.

Selon la première intention de conception, le projet prévoyait des protections solaires tenues d'assurer seules le confort d'été des usagers. Le bureau SOL.A.I.R a alerté sur le risque d'un confort d'été insuffisant ou dégradé et sur les problématiques de qualité de l'air intérieur. Malgré l'absence de mission thermique et qualité environnementale, le maître d'ouvrage

a été particulièrement à l'écoute et a pris en compte les conseils du bureau d'études sur le confort thermique d'été.

Après échange avec la maîtrise d'ouvrage à la recherche de solutions simples et pérennes, l'architecte a proposé l'isolation en béton de chanvre, la conservation de l'inertie avec un plafond ajouré, les casquettes en façade est, le vitrage à contrôle solaire en façades est et sud et est ainsi que les brasseurs d'air.

Laetitia Montpellaz salue le fait que les brasseurs d'air, souvent refusés [les pratiques sont en train de changer: ndlr], ont été acceptés par le maître d'ouvrage. Enfin, deux chaudières à condensation ont été installées ainsi qu'une ventilation à simple flux par extraction sur horloge. Julien Malicki indique que ce chantier en béton de chanvre relève d'une innovation.

L'entreprise s'est notamment appuyée sur l'expertise d'une entreprise connue pour avoir déjà exécuté des chantiers en béton de chanvre. L'entreprise «Les Ouvriers d'antan», implantée à Roquevaire, a ainsi formé quatre ouvriers de chez Omnium.

L'élément clé de la réussite de ce projet repose sur un travail d'interaction en amont de la maîtrise d'œuvre et du maître d'ouvrage, y compris avec les fournisseurs, pour trouver les meilleures solutions techniques possibles

LES INTERVENANTS



Laetitia Montpellaz
Chef de projet
CVC-QE &
Associée SOL
A.I.R



Julien Malicki
Directeur
Omnium Façades



Sébastien Dagault
Ingénieur
d'affaires Groupe
Omnium

ZOOM SUR DEUX ACTEURS DE LA RÉHABILITATION

Laetitia Montpellaz présente le bureau d'études SOL A.I.R. qui existe depuis 1980. Il est spécialisé dans la thermique et l'énergétique, la qualité environnementale, les fluides et les énergies renouvelables. Près de 80% de ses projets ont lieu dans le domaine de la réhabilitation.

Le groupe Omnium, une PME qui est basée à Marseille, est spécialiste de la rénovation de l'enveloppe du bâtiment avec des entreprises dédiées par corps de métier et des approches tous corps d'état travaillant principalement sur les marchés du tertiaire public. Julien Malicki indique que 95% des chantiers (plus de 1000 par an) effectués le sont en rénovation à l'échelle régionale (régions PACA et Occitanie).



RETOURS DE LA PHASE D'USAGE

En ce qui concerne le confort d'été, le ressenti est très positif, notamment au sujet de la mise en place des brasseurs d'air. Selon le mot de la directrice: «les pales nous ont changé la vie».

En ce qui concerne le confort d'hiver, les occupants ne relèvent pas d'inconfort ni de sensation de courant d'air. Les enseignants continuent à ouvrir la fenêtre. Ils n'étaient pas au courant de la mise en place de la ventilation mécanique.

Au niveau de la consommation énergétique, il n'y a pas eu de gain depuis la rénovation, la consommation est même légèrement plus importante. Ce retour d'expérience est très courant. Il conviendrait de vérifier quelques paramétrages et de les corriger pour abaisser significativement - d'au moins 50% - la consommation énergétique.

LES ENSEIGNEMENTS À RETENIR

Ce cas montre tout d'abord l'importance de la sécurisation en amont de l'approvisionnement, compte tenu de la demande exponentielle dans le domaine de la construction biosourcée. L'élément clé de la réussite de ce projet repose sur un travail d'interaction en amont de la maîtrise d'œuvre et du maître d'ouvrage, y compris avec les fournisseurs, pour trouver les meilleures solutions techniques possibles. Enfin, l'anticipation des usages du bâtiment apparaît comme extrêmement importante.

Laetitia Montpellaz explique que les exploitants ne se rendent pas toujours compte de l'importance des petits réglages. Il est donc très important de communiquer, de manière générale, avec les occupants et les exploitants à ce sujet.

ARCHITECTE DE LA RÉNOVATION

Damien Blaise
Architectes



Quelle est la méthode utilisée pour la projection du béton de chanvre ?

Julien Malicki répond qu'il s'agit d'une projection par voie sèche. Il a fallu reconstruire une ossature bois sur laquelle a été projeté un mur de béton de chanvre de 35 centimètres avec un enduit extérieur à la chaux pour les finitions. Sur les murs existants, le béton de chanvre a été projeté avec l'utilisation d'un enduit minéral sur le béton.

Julien Malicki explique que, pour ce chantier spécifique,

toutes les commandes ont été réalisées très en amont, afin de sécuriser les approvisionnements.

Quel est le temps de séchage requis après la projection du béton de chanvre ?

Julien Malicki fait savoir que les ouvriers ont appliqué un temps de séchage d'une semaine avant d'appliquer les enduits. Le chantier a démarré en avril jusqu'à octobre. Laetitia Montpellaz présente en image l'évolution du chantier (photos avant/après).

Un auditeur s'enquiert de la garantie décennale pour le béton de chanvre.

Julien Malicki fait savoir que ce béton de chanvre a pu bénéficier d'une assurabilité.

Un auditeur indique qu'il y a encore entre 5 000 et 10 000 écoles Pailleron en France comme celle-ci. Au regard de cette expérience, quelles solutions seraient adoptées aujourd'hui, notamment sur le chauffage ?

Laetitia Montpellaz note que chaque configuration est différente. Elle marque cependant

sa préférence pour la ventilation à double flux thermodynamique pour améliorer le confort d'été. Jusqu'à 30 degrés à l'intérieur, les brasseurs d'air sont efficaces.

Les municipalités n'ont-elles pas intérêt à mettre en place des contrats de suivi d'assistance à l'usage pour sensibiliser les usagers ?

Laetitia Montpellaz acquiesce et ajoute que cette démarche est malheureusement souvent considérée comme suspecte et trop commerciale.

LE DÉBAT

Quelles énergies renouvelables pour la réhabilitation ?

L'énergie solaire thermique en réhabilitation

Perrine Thery, bureau d'études PLB Énergie conseil (Aix-en-Provence)

RETOURS D'EXPÉRIENCE SUR LA RÉNOVATION D'UNE RÉSIDENCE DE 2014, À LA CAPELETTE, MARSEILLE

Il s'agit d'une résidence plutôt récente de 293 logements, qui dispose d'une installation solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire collective. 230 m² de capteurs en toiture avaient été installés. Le schéma de principe utilisait le stockage en eau morte avec, en appoint, deux chaudières à gaz murales.

Le bureau d'études a réalisé un audit sur cette installation. Les propriétaires se plaignaient d'une trop forte consommation énergétique, en l'occurrence de gaz. L'analyse du schéma de principe a permis d'identifier un certain nombre de problématiques et un défaut d'optimisation: l'énergie solaire stockée dans les ballons n'était jamais utilisée. Il n'y avait aucune cohérence au niveau de la régulation: la chaudière et les échangeurs, surdimensionnés, avaient leur propre régulation, sans communication. Les retours issus des échangeurs étaient beaucoup trop chauds. En outre, il n'y avait quasiment aucun système de comptage, hormis celui de l'énergie solaire.

À partir de ce diagnostic, un programme de travaux a été établi, pour mettre en place, notamment, des modifications hydrauliques et une régulation cohérente. Les modifications visaient à optimiser l'installation existante. Ces travaux ont coûté 21 000 € TTC pour un gain estimé de -25 % sur les factures d'énergie, soit -7 000 € TTC par an (prix énergie de 2017).

Depuis 2018, 45 000 € ont été économisés sur les factures de gaz grâce à l'optimisation de l'installation et en utilisant l'énergie solaire à bon escient. Le taux de couverture solaire représente 42 % sur la saison 2022/2023. Sur les consommations totales, l'économie d'énergie est

de 32 % sur la saison 2022/2023.

La productivité solaire atteint 752 kWh/m² de capteur. L'exploitant, Ecogia, a permis d'affiner les réglages pour atteindre de tels résultats. Le temps de retour sur investissement est inférieur à cinq ans.

Les installations solaires-thermiques fonctionnent bien, à condition qu'elles aient été bien conçues (schéma de principe), bien réalisées, bien suivies (nécessité d'une régulation performante et accessible à distance) et bien entretenues (exploitant impliqué).

Muriel Sattler s'interroge sur la manière d'intégrer le solaire dans les bâtiments, notamment en réhabilitation.

Perrine Thery énonce que ce point peut parfois être problématique en réhabilitation, du fait d'un manque de place pour installer des équipements techniques. Les contraintes sont nombreuses en réhabilitation, mais des options existent, notamment en utilisant, par exemple, la place disponible dans les locaux adjacents.

Un auditeur s'enquiert du photovoltaïque.

Perrine Thery explique que l'une des contraintes du photovoltaïque est liée à l'utilisation de l'énergie au moment où elle est produite.

Un auditeur met en garde contre un mésusage du solaire thermique. En effet, s'il n'y a pas de consommation d'eau, les panneaux peuvent surchauffer et le système peut être endommagé. Ce problème se présente notamment lorsque le solaire thermique est installé dans les écoles alors qu'il n'y a pas de consommation pendant l'été.

Perrine Thery signale l'existence de système auto-vidangeable, par exemple, pour le solaire thermique permettant de contourner ces limites. Ces systèmes doivent être envisagés dès le départ.

LES INTERVENANTS



Muriel Sattler
Architecte MSA
Architecture
(Rousset),
animatrice du
débat



Jean-Baptiste Bernard
Bureau d'études
en géothermie
(Paris)



Perrine Thery
Bureau d'études
PLB Énergie
Conseil (Aix-en-
Provence)



Steve Giorno
Ingénieur
efficacité
énergétique,
GrDF (Aix-en-
Provence)



Robin Hamadi
Directeur de
l'Association
Régionale HLM
Provence-Alpes-
Côte d'Azur &
Corse



La géothermie: solution pour la rénovation, y compris en milieu urbain dense

Jean-Baptiste Bernard, Bureau d'étude en géothermie

En introduction, Jean-Baptiste Bernard présente les différents types de géothermie sur le marché:

- La géothermie dite en « boucle ouverte»: l'eau est pompée dans la nappe. Cette méthode ne donne pas lieu à des prélèvements nets de la ressource en eau, d'où le terme de « boucle ouverte ».
- La géothermie en système fermé: elle requiert l'installation de tubes dans le sol, puis l'eau circule en circuit fermé dans les tuyaux. Les contraintes sont plus faibles pour la mise en œuvre de la géothermie en « boucle fermée ».

Près de 85 % du territoire est compatible avec la géothermie. Il est également possible de recourir à la géothermie en milieu urbain très dense comme à Paris, Lyon et Strasbourg, qui a d'ailleurs une situation très favorable grâce à la présence du Rhin. À Paris, deux forages de géothermie ont récemment été lancés pour alimenter l'Élysée.

Pour mettre en place la géothermie en « boucle ouverte », il faut respecter deux conditions au niveau de la nappe: d'une part, la nappe doit être suffisamment productive et, d'autre part, l'espace minimum de distance à respecter entre les forages doit être au moins de 50 mètres. Il faut également de l'espace pour positionner les sondes.

Sur la base d'une analyse multicritères des différents bâtiments, le bureau d'études en géothermie a accompagné la mairie de Paris pour réaliser le diagnostic de 1400 sites. Cette étude a également été mise en œuvre pour la Métropole de Rouen.

Par ailleurs, le bureau a réalisé une autre étude pour l'immobilière 3 F sur la base de la technologie utilisant la sonde. Le diagnostic a été réalisé sur 1797 résidences en Île-de-France.

À la suite de cette analyse, un premier projet a été mis sur pied avec le montage d'un CREM (Conception, réseaux d'exploitation, maintenance) en 2019. Ce projet a nécessité la mise en œuvre de 12 sondes. Le retour opérationnel du projet a mis en évidence une diminution par deux des coûts de fonctionnement en termes de consommation énergétique pour le bâtiment.

LES ENSEIGNEMENTS À RETENIR

Dans le domaine de la rénovation, la géothermie peut être une solution efficace, y compris en milieu urbain. Elle permet notamment la mise en place d'un système d'hybridation. En outre, il est possible d'obtenir des subventions. Ainsi, les aides existantes pour réaliser les études

de faisabilité se situent entre 50 % et 70 % de l'investissement. Les subventions pour le fonds de chaleur à l'investissement atteignent 25 % à 40 % de l'investissement. Cette solution est aussi intéressante pour atteindre les obligations réglementaires, notamment au regard du décret tertiaire. Les offices HLM seront tenus de réaliser une étude d'intégration d'Enr dans les cinq ans (loi 2023-175).

En conclusion, la géothermie permet la réduction de l'impact carbone, la réduction des coûts de fonctionnement, la réduction de la sensibilité à l'évolution des matières premières (consommations réduites de plus de 50 %).

Muriel Sattler souhaite savoir si l'intérêt du dispositif est lié à la problématique de sécheresse. Et s'il peut être mis en œuvre dans un cœur d'îlot en centre ancien.

Jean-Baptiste Bernard souligne que cette question est légitime. En effet, l'épaisseur de la nappe est plus ou moins importante. Or, la sonde doit toujours être maintenue dans l'eau. Un travail a été engagé par le BRGM [service géologique national: ndlr] pour répertorier les ressources en géothermie en France. La cartographie présente sur le site géothermies.fr sera complétée prochainement par une étude sur la qualité de la nappe. Par ailleurs, en ce qui concerne les bâtiments, la géothermie sur nappe nécessite de la maintenance. Sur certains sites, le système se colmate faute d'entretien. Dans certains cas, à coûts équivalents, en dessous de 150 kWh de puissance,

il est préférable de recourir à la sonde qui fonctionne en boucle fermée et ne nécessite aucune maintenance. Cela peut constituer un critère décisionnel qui est lié à l'exploitation du site.

Quels sont les coûts d'investissement pour la mise en place d'un tel dispositif ?

Jean-Baptiste Bernard répond que les coûts d'investissement dépendent de la profondeur des forages et des régions. Plus le forage est profond, plus son prix est élevé. Globalement, un forage coûte entre 50 000 et 100 000 € (géothermie sur nappe). La sonde coûte beaucoup moins cher, mais il en faut plusieurs.

Un auditeur demande si la géothermie en boucle ouverte requiert une déclaration à l'assurance.

Jean-Baptiste Bernard l'informe de l'évolution de la législation en 2015 qui visait à encourager le développement de la géothermie. Désormais, une simple télédéclaration suffit dans la majorité des cas pour mettre en place le dispositif.

Près de 85 % du territoire est compatible avec la géothermie

LE DÉBAT: Quelles énergies pour la réhabilitation ?

Chaufferie hybride

Steeve Giorno, GrDF, Ingénieur Efficacité énergétique
Robin Hamadi, Directeur de l'AR-HLM PACA & Corse

Steeve Giorno explique que, globalement, les gaziers sont très contraints par un ensemble de réglementation : la RE en 2020 et le décret tertiaire. Sur le logement neuf, la mise en place d'un IC « indicateur carbone énergie » renforcera la réglementation applicable en 2025. Les solutions de gaz à 100% seront interdites. Cependant, des solutions existent pour mettre en place des systèmes hybrides durables. Le décret tertiaire introduit pour la première fois la notion d'énergie finale en France. Compte tenu de ces évolutions, la PAC [pompe à chaleur : ndlr] pourrait être favorisée grâce à son coefficient de performance. C'est un équipement intéressant, mais son coût est relativement élevé à trois niveaux : lors de son installation, son usage et sa maintenance au moment du renouvellement des équipements. Il faut ensuite regarder sa consommation d'électricité et la ressource n'est pas toujours disponible dans le logement. Il faut parfois prévoir des travaux importants. Enfin, il faut également trouver la surface disponible pour installer les équipements : la question se pose notamment dans les centres anciens.

Au regard de ces éléments, Steeve Giorno conseille par exemple de rénover la chaudière existante afin de la passer à condensation. Ce procédé permet ainsi d'économiser au moins 15 à 20% d'énergie. Cette opération est facile, efficace et relativement peu coûteuse.

Dans le cadre d'une chaufferie hybride, avec 15% de la puissance utile, où la chaudière serait conservée comme chaudière d'appoint ou de secours, il est possible de baisser la consommation de gaz de 30 à 40%.

DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE: RETOUR DE LA RÉSIDENCE CLOS VEYRIER À TRETS

L'installation hybride repose sur le principe suivant : l'association d'une PAC et d'une chaudière à gaz. La PAC assure la base des besoins de chauffage et de production d'ECS et la chaudière à gaz existante assure l'appoint. Les résultats montrent que lorsque la température extérieure descend, la production de gaz augmente. Lorsque la température remonte, la production de gaz chute. En

moyenne, la PAC assure la production et couvre 60% des besoins sur l'année.

Depuis le début de l'expérimentation, les résultats montrent que cette installation a permis d'économiser 19,3 T de carbone, soit une baisse de 45% des émissions. En conclusion, Steeve Giorno note qu'il n'existe pas de solution unique.

Robin Hamadi signale qu'à cet égard, les bailleurs sociaux s'interrogent sur les solutions à mettre en place face à la diversité des dispositifs existants. En tant que Directeur de l'AR-HLM PACA & Corse, il représente les 39 bailleurs sociaux de la région qui logent 800 000 habitants, soit 15% de la population. Considérant les enjeux humains, financiers et environnementaux, les bailleurs sociaux doivent s'assurer de prendre les bonnes décisions pour préserver la pérennité du modèle social.

Quelle est la capacité financière des bailleurs sociaux pour modifier les systèmes techniques qui permettent soit de réchauffer l'habitat, de le refroidir ou de le faire fonctionner de manière générale ?

Pour repenser le modèle de demain et être au rendez-vous de 2050, les bailleurs sociaux doivent pouvoir s'appuyer sur les différents acteurs du secteur.

Sur les 350 000 logements sociaux de la région, 25% du parc est noté A ou B (contre 9% dans la région des hauts de France), notamment grâce à l'effet mécanique du climat. Les logements « EFG » représentent seulement 9% du parc immobilier (contre 25% en Île-de-France). Néanmoins, **dès le 1er janvier 2050, seuls les logements classés A et B seront autorisés.** Les autres logements seront considérés comme indécents à la location, soit la majorité du parc actuel. Selon les estimations de l'USH, la décarbonation du parc HLM représente 14 milliards d'euros.

À date, et pour des raisons historiques, 60% du parc des logements sociaux fonctionne au gaz. Le développement d'un mix énergétique pourrait donc être une solution intéressante, afin de conserver les installations déjà existantes. Actuellement, un certain nombre d'expérimentations sont mises en œuvre pour trouver l'énergie de demain.

Le décret tertiaire introduit pour la première fois la notion d'énergie finale en France



LEXIQUE

UNITÉS DE MESURE :

Ah : Ampère-heure

CC : courant continu

dB : décibels

Décanewton (daN) et kilonewton (kN) : 1 daN = 10 N, à peu près égal à 1 kilogramme-force des anciennes unités utilisées : (1 Kgf = 9,81 N d'où 1 daN = 1,02 Kgf).

KWh : kilowatt-heure

m³/h/m² : mesure de l'étanchéité à l'air

SHON : Surface hors œuvre nette

TECHNIQUES, MATÉRIAUX ET PRODUITS :

CTA : centrale de traitement de l'air

BIMBY : acronyme de « Build in my backyard », démarche opérationnelle qui consiste à organiser une densification à l'initiative des habitants.

ECS : eau chaude sanitaire

Gobetis : nom donné à la première couche d'un enduit pour améliorer l'accrochage de l'enduit sur le support

GTB : gestion technique du bâtiment

ITE : isolation thermique par l'extérieur

Modénatures : Profil d'un ensemble de moulures dont les reliefs créent des jeux d'ombres et de lumière.

Pouzzolane : Roche basaltique, la pouzzolane est un matériau extrêmement durable, qui ne craint aucune intempérie et ne se décompose pas.

PV : panneaux photovoltaïques

Trichloréthylène et tétrachloroéthylène : solvants - cancérogènes avérés - principalement utilisés dans le dégraissage et le nettoyage des métaux.

ACTEURS, RÉGLEMENTATION ET LABELS :

ABF : Architecte des Bâtiments de France

Conformité PMR : conformité aux normes d'accessibilité pour les personnes en situation de handicap.

BDM : Bâtiments durables méditerranéens (certification participative)

BBCA : Bâtiment Bas Carbone (label)

BEPOS : bâtiment à énergie positive (qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme), à la fois un concept et une marque déposée.

Rédaction : les paroles des intervenants ont été rapportées par Codexa et compilées par Virginie Sancho (EnvirobotBDM)

Maquette : Les Poulets Bicyclettes

Impression : Exaprint à Montpellier

Photographies de l'évènement : © Isis Mecheraf photographe.

COLLOQUE RÉGIONAL

Réhabiliter durable

EN PROVENCE-
ALPES-CÔTE
D'AZUR



Scannez le QR code pour télécharger
les présentations sur l'enviroBOITE

Le colloque Réhabiliter durable vous est
proposé grâce au soutien de nos partenaires

Financeurs



partenaires



ORDRE
DES
ARCHITECTES



Média



Un événement organisé par

envirobat **bdm**