

# Stockage d'énergie solaire pour un bâtiment tertiaire lyonnais Bepos

Le siège KTR France à énergie positive associe isolation performante et mix énergétique (solaire, géothermie, Pac...).



**Le confort des salariés du siège du groupe industriel allemand spécialisé dans la transmission mécanique KTR France est assuré grâce à quatre sondes verticales permettant de stocker dans la roche à 150 mètres de profondeur l'énergie thermique solaire produite par des panneaux hybrides. Il s'agit de la première éco-rénovation tertiaire à énergie positive avec stockage en Europe.**

**E**n 2017, KTR fait l'acquisition d'un bâtiment des années 70 à Dardilly, dans la banlieue ouest de Lyon, pour y transférer son siège France. Marc Campesi, dirigeant la société de conseil et de maîtrise d'œuvre Diagonale Concept, propose au directeur

France de KTR Pierre Martin de réaliser un bâtiment à énergie positive, produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme et qui tend vers l'autonomie énergétique. «Il n'est pas toujours facile d'isoler et d'étancher un bâtiment en rénovation, prévient Marc Campesi. Partant du principe qu'il y a une limite à réduire les consommations

sans réduire le confort, l'idée du projet était de bénéficier d'un maximum d'énergie gratuite renouvelable pour compenser les déperditions.» «L'objectif était de créer un bâtiment exemplaire à l'image de notre entreprise et de ses valeurs, explique de son côté Pierre Martin. L'idée était de rénover le siège de Dardilly avec un niveau de perfor-



Les sondes verticales sont dotées de capteurs qui vont récupérer les calories du sol pour chauffer le bâtiment en hiver et le rafraîchir en été.

*mance énergétique élevé et un cadre de travail confortable et ergonomique pour nos collaborateurs et nos clients. Marc Campesi nous a proposé d'aller encore plus loin et d'intégrer une dimension écoresponsable plus globale au projet tout en impliquant les salariés de l'entreprise.»*

### Sondes verticales en guise de stockage

Dans le cadre de cette éco-rénovation à énergie positive, Diagonale Concept a choisi pour couvrir la totalité des besoins de chauffage du bâtiment – auparavant chauffé à l'effet Joule – la solution géothermique la plus adaptée en termes écologiques pour ce bâtiment. Le procédé stocke l'énergie thermique solaire dans la roche à 150 mètres de profondeur via une batterie de 4 sondes géothermiques de marque Terrendis – filiale du groupe Elydan –. L'énergie thermique est produite par 25 panneaux hybrides (photovoltaïque + thermique) Dualsun Solarworld PV monocristallin biverre 280 Wc installés en toiture et orientés sud/sud-est à 10 °. Les panneaux Dual-Sun produisent de l'eau chaude en été et en inter-saison dont les calories vont être stockées à une dizaine de degrés dans un réservoir à calories. Cette énergie thermique est ensuite restituée par une pompe à chaleur eau glycolée/eau qui chauffe ou rafraîchit l'ensemble du bâtiment. «Ce système permet à la pompe à chaleur de consommer très peu d'électricité. Ainsi sa performance est optimale toute l'année. Ce système garantit le confort des habitations sans générer d'émission de gaz à effet de serre, complète Marc Campesi. Aujourd'hui, tout le monde se contente de bâtiments passifs mais il faut faire plus. La

*géothermie est un élément essentiel à ce projet global. Nous avons fait le choix des sondes géothermiques Terrendis qui nous garantissent une résistance aux chocs, fissurations, rayures, etc., avec une durée de vie estimée à plus de 60 ans.»*

sonde pour éviter les interférences. Ce procédé ne nécessite aucune maintenance», développe Philippe Charlès, directeur commercial du fabricant de capteurs géothermiques Terrendis France. Fabriquées en polyéthylène PE 100 RC – résistance à la fissuration lente et aux poinçonnements –, les sondes ont un diamètre de 32 cm. En bas des sondes, deux demi-pieds de sonde sont rattachés ensemble avec un bouclier de protection. Un fluide calo-

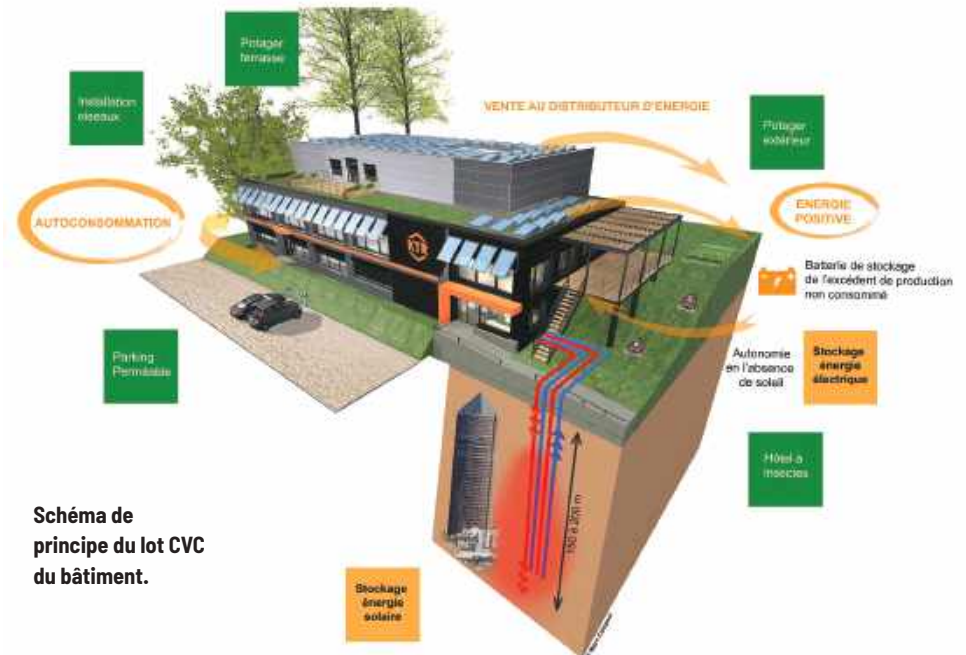


Schéma de principe du lot CVC du bâtiment.

Deux semaines de travaux ont été nécessaires à l'entreprise alsacienne Geoforage pour installer les 4 sondes verticales Terra Extrem Terrendis en circuit fermé. «Lors du forage, un tube d'injection de même longueur que la sonde va faciliter l'injection d'un coulis géothermique pour le scellement des sondes. Cela permet de faire la cimentation et de remplir la cavité entre la sonde et le sol pour reboucher le trou. Ce coulis géothermique va améliorer la conductivité et l'échange thermique entre le sol et la sonde. Dix mètres séparent chaque

porteur à base de monopropylène glycol – pour éviter le gel – transporte l'énergie transmise par le sol via la sonde géothermique verticale. Le choix des sondes s'est porté sur la gamme Terrendis pour la performance du système de captage géothermique, la profondeur d'enfouissement du système de 60 à 150 mètres et la performance technique permettant de diminuer la résistance thermique du fluide ainsi que les pertes de charges, explique le bureau d'études. «Au-delà de 150 mètres la réalisation du forage nécessi-



**Le bâtiment a produit trois fois plus d'énergie qu'il n'en consomme en pleine période caniculaire du 3 au 9 août 2020.**



**Le rafraîchissement par géocooling dans les sondes fonctionne puisque la température dans le bâtiment est restée constante malgré les fortes chaleurs extérieures.**

tait l'utilisation de sondes à un diamètre 40. Pour une question de débit et de pertes de charge, nous avons donc opté pour un diamètre 32», ajoute Philippe Charls.

## Photovoltaïque en toiture

Le bâtiment est également producteur d'énergie électrique grâce à une centrale photovoltaïque dont une partie est en autoconsommation. 25 modules Solarworld PV monocristallin bi-verre 280 Wc transparents – ayant également une fonction de brise-soleil – assurent en priorité le fonctionnement du process

thermique (alimentation des pompes), alimentent une batterie de stockage pour contrer les coupures de courant et d'onduleur et les prises de charge – des véhicules électriques. 96 cellules PV monocristallines Maxeon Gén de 210 m<sup>2</sup> de surface complètent la production d'énergie électrique. Cette énergie est injectée dans le réseau général Enedis et produit un revenu financier à KTR qui couvre les coûts de consommations résiduelles hors abonnement. Ces panneaux assurent la protection solaire d'une partie de la couverture. En 2019,

le bâtiment a produit 34 MWh d'énergie – dont 6 MWh en autoconsommation – pour une consommation tous usages de 36,6 MWh.

## Une démarche bas carbone

Sur l'enveloppe du bâti, le recours à des matériaux biosourcés et issus du recyclage a guidé les choix des produits ainsi que l'analyse de cycle de vie (ACV). Du chanvre français et du liège ont été choisis pour les isolants, des produits issus du recyclage au sol, des menuiseries extérieures en bois, un bardage à base de Kraft compressé ou en bois reconstitué. Le siège de KTR France est aussi intelligent puisque chaque salarié peut accéder aux fonctionnalités de fermeture des volets, des portails extérieurs, aux systèmes de sécurité, le tout grâce à son smartphone. Les performances sont affichées en direct (performance du bâtiment, taux de CO<sub>2</sub>). Le bâtiment est également équipé d'une GTB qui remonte les informations de près de 80 capteurs. «Le volet bâtiment connecté est complexe, avec une multitude de protocoles de communication, des systèmes fermés et des entreprises qui ont dû mal à communiquer avec le monde du numérique et de la GTB ou domotique. Si c'était à refaire, il aurait fallu renforcer le travail de concertation en amont entre les intégrateurs de la GTB, les entreprises, les industriels et les usagers», poursuit Marc Campesi.

«Nous avons toutefois fait en sorte que ce bâtiment soit agréable à habiter et qu'il contribue au bien-être et la santé des usagers», ajoute le directeur de Diagonale Concept. Les aménagements ont fait l'objet d'une concertation préalable avec les salariés avec l'intervention d'une ergonome. Chaque poste de travail est équipé d'un bureau électrique pour alterner entre la position debout et assise pour une bonne circulation sanguine. Le bâtiment est largement vitré (+ 20 % par rapport au référentiel des bâtiments RT 2012) pour améliorer sa luminosité.

## CONSUMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Méthode de calcul : RT existant  
 Consommation d'énergie primaire initiale du bâtiment : 363 kWep/m<sup>2</sup>.an  
 Consommation d'énergie primaire pour un bâtiment standard : 221 kWep/m<sup>2</sup>.an  
 Consommation d'énergie primaire du bâtiment : 67 kWep/m<sup>2</sup>.an

Consommation d'énergie finale du bâtiment : 38 kWhef/m<sup>2</sup>.an

### Répartition de la consommation énergétique :

- Chauffage et rafraîchissement : 8,3 kWhef/m<sup>2</sup>.an

- ECS : 3,5 kWhef/m<sup>2</sup>.an  
 - ventilation : 3,9 kWhef/m<sup>2</sup>.an  
 - éclairage : 7,2 kWhef/m<sup>2</sup>.an  
 - auxiliaires hydrauliques (sondes et planchers) : 3,5 kWhef/m<sup>2</sup>.an (non compris bureautique 12 kWhef/m<sup>2</sup>.an dans la consommation d'énergie primaire).



**La présence de chanvre dans les cloisons et de dalles de plafond, dont le coefficient d'absorption acoustique est de 1, renforce la qualité acoustique du bâtiment.**

«Les vues intérieures ont été soignées, et les espaces de travail végétalisés dont quelques panneaux acoustiques. L'éclairage artificiel est en partie auto-gradable selon la lumière du jour. La qualité sanitaire du bâti a, elle, été étudiée jusqu'aux poignées de porte des sanitaires qui sont bactéricides. Un consultant qualité de l'air et qualité sanitaire a accompagné les entreprises pendant les travaux pour les choix de matériaux sans COV et des systèmes de traitement de l'air. Un monitoring qualité de l'air intérieur a été mis en place pendant deux mois après réception. Le CO<sub>2</sub> et l'hygrométrie dans les locaux font l'objet d'un suivi quotidien avec un affichage pièce par pièce», développe Marc Campesi.

### Finis les surchauffes

Pour l'été, le siège n'a pas été doté de système de climatisation mais d'un plancher réversible basse température de marque Multibeton. Le plancher chauffant avec sa pose à chaud permet d'éviter les poses en escargot, de serrer les tubes près des parois froides pour un meilleur gradient de température dans les pièces. Il est raccordé aux sondes géothermiques avec une possibilité de ventilation passive. «En été, on refroidit les locaux de manière passive en absorbant les calories à l'intérieur des locaux via un plancher réversible et en les stockant pour l'hiver dans la roche via les sondes géothermiques», ajoute Géraud Bully, dirigeant de l'entreprise Industherm, en charge des installations de la Pac, de la CTA et du plancher. Le bâtiment est donc adapté à la canicule avec une consommation d'énergie effacée en pleine journée et des émissions

de CO<sub>2</sub> quasiment nulles. En juin 2019, en pleine épisode caniculaire, l'écart

de température entre l'extérieur était de 17 °C (40 °C en extérieur et 23 °C à l'intérieur des locaux) avec la seule énergie des panneaux PV en autoconsommation. Le renouvellement d'air des locaux est lui assuré par une ventilation double flux avec un échangeur thermique. En 2020, après deux cycles de stockage saisonnier, la performance s'est encore améliorée puisqu'en période caniculaire – sur la première semaine d'août –, la production des panneaux PV a été trois fois supérieure à la consommation du bâtiment.

### Mise en avant de la biodiversité

Un travail a été entrepris sur le paysage pour le bien-être des collaborateurs de l'entreprise et des riverains. Le choix d'espèces locales a été privilégié dont des arbres et des arbustes fruitiers. Les enrobés bitumeux ont été retirés du parking voiture pour permettre aux eaux pluviales de s'infiltrer directement dans le sol. Ils ont été remplacés par des graviers issus du recyclage. Il n'y a pas d'arrosage automatique pour réduire la consommation d'eau. Des ruches permettent même la production d'un miel réservé au personnel de l'entreprise et aux clients. «Cette rénovation nous a permis de fonder le bâtiment dans son environnement en associant minéral et végétal dans les éléments constructifs. La conception bioclimatique a guidé le travail sur l'enveloppe en particulier les apports gratuits via de larges baies vitrées au sud et à l'ouest. La présence d'auvents au sud (terrasse) et à l'ouest (pan-

neaux photovoltaïques) est complétée par des brise-soleil qui rythment la façade et préservent les occupants des surchauffes estivales. Le retrait des bitumes du parking, le renfort végétal sur les extérieurs et les toitures vont contribuer au confort thermique en été. Le confort toute saison est renforcé par la qualité des isolants biosourcés et les bardages qui contribuent au déphasage thermique et à l'hygro-régulation», conclut le directeur de KTR France Pierre Martin.

Après la phase de rodage et d'adaptation au changement de site et d'organisation des postes de travail, les occupants se sont montrés satisfaits. Un travail de concertation deux mois après intégration a même permis de révéler des actions correctives à mener. Les capteurs d'hygrométrie et les occupants ont rapporté une hygrométrie élevée le matin. Cela est dû à un démarrage matinal tardif de la centrale double flux pour réduire les consommations électriques. Cet apport d'humidité des matériaux de construction (chapes, etc.) sera évacué d'ici quelques mois. ●

## LE CHANTIER EN BREF

Maîtrise d'œuvre : Diagonale Concept – Marc Campesi

Maîtrise d'ouvrage : KTR France  
Architecture et design global : Ressources Green Building Rbg  
Bureau d'étude thermique :

Amstein et Walthert

Installateur des équipements CVC : Industherm

Entreprise de forage : Geoforage

Année de construction : 1970

Année de livraison du bâtiment

renové : 2018

Coût des systèmes d'énergies renouvelables : 170 000 euros

Principales distinctions :

– Green Solutions Awards 2018 –  
Grand prix Rénovation (France et International)

– Trophées du Moniteur – Promotelec au salon des Maires de Paris en 2018

– Global Energy Awards – France 2020.