

# Une chaufferie de

Ouvert après rénovation en 2009, l'Ecocentre de Villarceaux dispose d'une installation de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire uniquement basée sur des équipements biomasse et solaire. La réalisation d'un ouvrage qui a demandé de longues années.

Imposant corps de ferme implanté à proximité des célèbres château et parc de Villarceaux, au cœur du Vexin, la ferme de La Bergerie est depuis quelques années la propriété de la fondation de droit suisse Charles Léopold Meyer Pour Le Progrès de l'Homme. Ce site est au centre d'une énorme propriété de 790 ha qui comprend les 65 ha de parcs des deux châteaux, les 110 ha du golf, les 405 ha de terres agricoles et les 210 ha de forêts. Depuis plusieurs années, la fondation propriétaire s'emploie à appliquer sur les biens dont elle dispose les principes scientifiques et humanitaires qui perpétuent l'héritage de l'ingénieur chimiste français à son origine. Dans ce cadre, au cours des années 2003-2005, la ferme a abandonné ses activités agricoles et pris le statut d'Ecocentre, un lieu à la fois lieu de découverte, de rencontres, d'hébergement, d'accueil de familles et de groupes – dont des scolaires – autour d'activités orientées vers l'agriculture biologique et l'éducation à l'environnement. D'ores et déjà, tout le site agricole – qu'il s'agisse de culture ou d'élevage – est géré selon des méthodes biologiques.

La chaufferie de l'Ecocentre de Villarceaux exploite deux chaudières à plaquettes, de 170 et 425 kW. Modulantes, associées à un ballon tampon de 6 m<sup>3</sup>. Gérées en cascades, elles permettent de couvrir tous les besoins de chauffage et d'appoint thermique pour l'eau chaude sanitaire.

Les travaux de transformation ont commencé à être livrés en 2009. Ce site compte désormais : un hébergement collectif sur deux niveaux pour une soixantaine des résidents scolaires, deux salles d'enseignement, une grande salle polyvalente, cinq gîtes pour accueillir une trentaine de personnes, une salle de restauration de soixante-dix à quatre-vingts repas par jour, une médiathèque, une salle d'exposition, des bureaux... Soit environ 3 500 m<sup>2</sup> à chauffer, et des besoins d'eau chaude conséquents pour les cuisines, l'hébergement collectif et, prochainement, un camping.

Les travaux de rénovation ont porté sur tout le parc bâti. Les murs ont par exemple été isolés par l'intérieur avec 5 à 10 cm de liège avant d'être revêtus de panneaux de chanvre ; le U atteint 0,18 à 0,20 W/m<sup>2</sup>K. La production d'énergie, comme les matériaux de rénovation de l'enveloppe des bâtiments, devait répondre au cahier des charges «développement durable» du maître d'ouvrage. Au chapitre de la thermique et de l'utilisation des eaux sanitaires, il était prescrit que

les locaux – chauffés réglementairement à 19 °C –, seront alimentés par des chaudières à plaquettes de bois fournies par le domaine forestier de La Bergerie, et que l'eau chaude sanitaire sera chauffée par panneaux solaires.

Pour y parvenir, le principe était retenu d'utiliser les énergies renouvelables tant pour le chauffage des locaux que dans les eaux sanitaires. Philippe Vail, du bureau d'études thermiques éponyme, basé en région parisienne, travaille sur ce site depuis le lancement des travaux ; il a en particulier participé à la rédaction du cahier des charges pour exploiter le potentiel de cette ferme. «L'idée était de faire une chaufferie exemplaire et d'être 100 % énergies renouvelables. Précédemment, il y avait une chaudière au fioul. Elle a été supprimée pour implanter une chaufferie au bois. C'est un des rares projets de ce type.»

Pour abriter l'importante chaufferie de plus de 500 kW nécessaire pour répondre aux besoins, le hangar à machines agricoles situé à l'entrée de la ferme a été entièrement aménagé et réaffecté à ce

## 500 kW 100 % EnR

nouvel usage. Ce long bâtiment traditionnel sur poteaux de bois avec toiture de tuiles reçoit maintenant la chaufferie complète composée de deux chaudières modulantes du fabricant suisse Muller de 170 et 425 kW, des trois ballons tampons de 4, 5 et 6 m<sup>3</sup>, et de l'entreposage des plaquettes de bois : une dalle de stockage temporaire capable de recevoir jusqu'à 120 m<sup>3</sup> de combustible – livré par camion de 90 m<sup>3</sup> à fond mouvant – et un silo d'approvisionnement des chaudières d'une profondeur de près de 4 m et d'une capacité de 75 m<sup>3</sup>. La chaufferie dispose ainsi d'une autonomie d'environ 1,2 silo par mois en pointe d'hiver. Les besoins annuels pour les 595 à 660 MWh à fournir sont de 180 à 200 t de bois par an.

Son remplissage s'effectue simplement par chargeur à godet, d'une travée à l'autre du bâtiment. Une vis latérale alimentée par un désilage rotatif conduit les



La chaufferie a été installée sous l'ancien hangar à matériels agricoles. A droite, derrière le rideau métallique, le stockage temporaire et quai de déchargement des plaquettes ; plus à gauche, le silo d'alimentation des chaudières ; la chaufferie est derrière les deux portes du centre de la façade.

plaquettes vers les chaudières grâce à un répartiteur, selon leur demande. «La pertinence économique d'un tel projet se retrouve à partir du moment où on a fait une étude correcte et un bon dimensionnement en fonction des besoins», souligne Philippe Vail. Ce chantier a fait l'objet d'un appel d'offre sur la base d'un contrat P1/P2/P3 de type «comptage» ; il a été remporté par l'entreprise parisienne Siat, Société industrielle d'applications thermiques.

Quelle stratégie d'exploitation a été proposée par Philippe Vail et adoptée par l'entreprise ? En chauffage, le principe de la cascade a été retenu (voir le plan page 45). La chaudière de 170 kW assure la fourniture d'énergie en base en début de saison de chauffe et en fin de saison de chauffe ; elle produit aussi l'appoint d'eau chaude sanitaire tout au long de l'année. Ensuite, selon la rigueur climatique et de l'utilisation des bâtiments – très intermittente –, la deuxième chaudière de 425 kW est mise en marche, et la gestion technique interrompt la chaudière de 170 kW. Quand la 425 kW atteindra sa puissance maximale – en pointe d'hiver – la chaudière de 170 kW est remise en fonctionnement pour fournir l'énergie complémentaire nécessaire. Ces deux chaudières sont montées en parallèle et reliées à une bouteille de mélange. Leur gestion est commandée par automatismes.

Le concepteur et l'exploitant du site optimisent ce fonctionnement en utilisant deux «leviers» : les capacités de modu-

lation de 30 à 100 % des générateurs, et l'hydroaccumulation de 6 m<sup>3</sup> installée sur le réseau primaire du circuit de chauffage. Ce montage relativement classique – mais ici de taille imposante – permet de lisser la production thermique lors des périodes de faibles demandes ; il évite ainsi les relances intempestives des chaudières. Le tampon est en permanence maintenu en température, à 85-90 °C. Cette eau de chauffage disponible sur le



La gestion technique pilote aussi le rendement de l'installation par introduction d'air primaire et secondaire dans le foyer.



Une vis conduit les plaquettes du silo vers un répartiteur entre les deux chaudières. Cette distribution est commandée par les besoins thermique de l'installation.





Le tableau de commande de la chaudière permet de lire l'état précis de la puissance et la combustion de chaque générateur.

circuit primaire est ensuite distribuée par trois circuits :

- deux circuits de chauffage – dits «est» et «ouest» – qui alimentent une douzaine de sous-stations réparties sur l'écocentre et assurent la fourniture d'énergie aux différents émetteurs, planchers chauffants ou radiateurs en basse température ;
- un circuit d'appoint pour la préparation d'eau chaude sanitaire – prioritairement solaire, on le lira plus loin - : ce préparateur semi-instantané et anti-légionelles de 4 m<sup>3</sup> délivre ensuite son énergie via un échangeur à plaques.

En été et en intersaison, l'eau chaude sanitaire est produite par 96 m<sup>2</sup> de capteurs plans sous argon – fournis par Buderus, «*donc, à haute efficacité*», souligne Philippe Vail. Son enthousiasme pour le matériel est cependant contrarié par leur placement. Initialement prévus sur le toit de la chaufferie et ainsi orientés plein sud, ils ont été refusés par l'Architecte des bâtiments de France. À contrecœur, le concepteur leur a trouvé une place sur un toit bien plus bas et plein ouest ; certains jours, en raison de l'ombre portée par la chaufferie, ils ne voient pas le soleil avant 11 h 00 du matin...

Pour le moins, ils assurent un préchauffage de l'eau chaude sanitaire par un circuit d'eau glycolée et grâce à un ballon de 5 m<sup>3</sup> en Inox (les trois ballons ont été

réalisés par l'entreprise Charot). Philippe Vail a ici adopté un montage avec régulation différentielle à deux niveaux : alimentation d'un échangeur à plaques et stockage secondaire. La sortie d'eau chaude est dotée d'un thermostatique pour éviter les hautes températures durant les mois d'été par mélange avec de l'eau de ville. La température de départ est fixée à 62 °C.

### Pilotage et qualité de combustible

Les générateurs Muller implantés dans cette chaufferie figurent parmi les premiers fournis par ce fabricant suisse en France. Ces chaudières à triple parcours

possèdent un corps de chauffe en acier avec une voûte en pierre réfractaire. Leur rendement est donné pour un taux de 83 à 86 %. Mais sous condition de maintien du fonctionnement et de la sélection des plaquettes.

Le fonctionnement de cette installation est rigoureusement automatisé. La combustion est commandée par les besoins thermiques adressé via la gestion technique centralisée du site. De même, des sondes d'oxygène placées dans les conduits de fumée permettent d'adapter la combustion en fonction de la nature de la plaquette ; ces sondes gèrent les excès d'air par introduction d'air primaire et d'air secondaire dans le foyer des chaudières.



L'eau du circuit primaire des chaudières est stockée dans un tampon de 6 m<sup>3</sup> de manière à lisser la puissance des chaudières. Ce ballon est constamment maintenu à 85-90 °C.



Au dernier plan, le ballon de stockage de l'eau chaude solaire (5 m<sup>3</sup>) issue des 96 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques ; au premier plan, le ballon (4 m<sup>3</sup>) de stockage d'eau chaude produite par les chaudières bois et destiné à assurer l'appoint d'ECS.

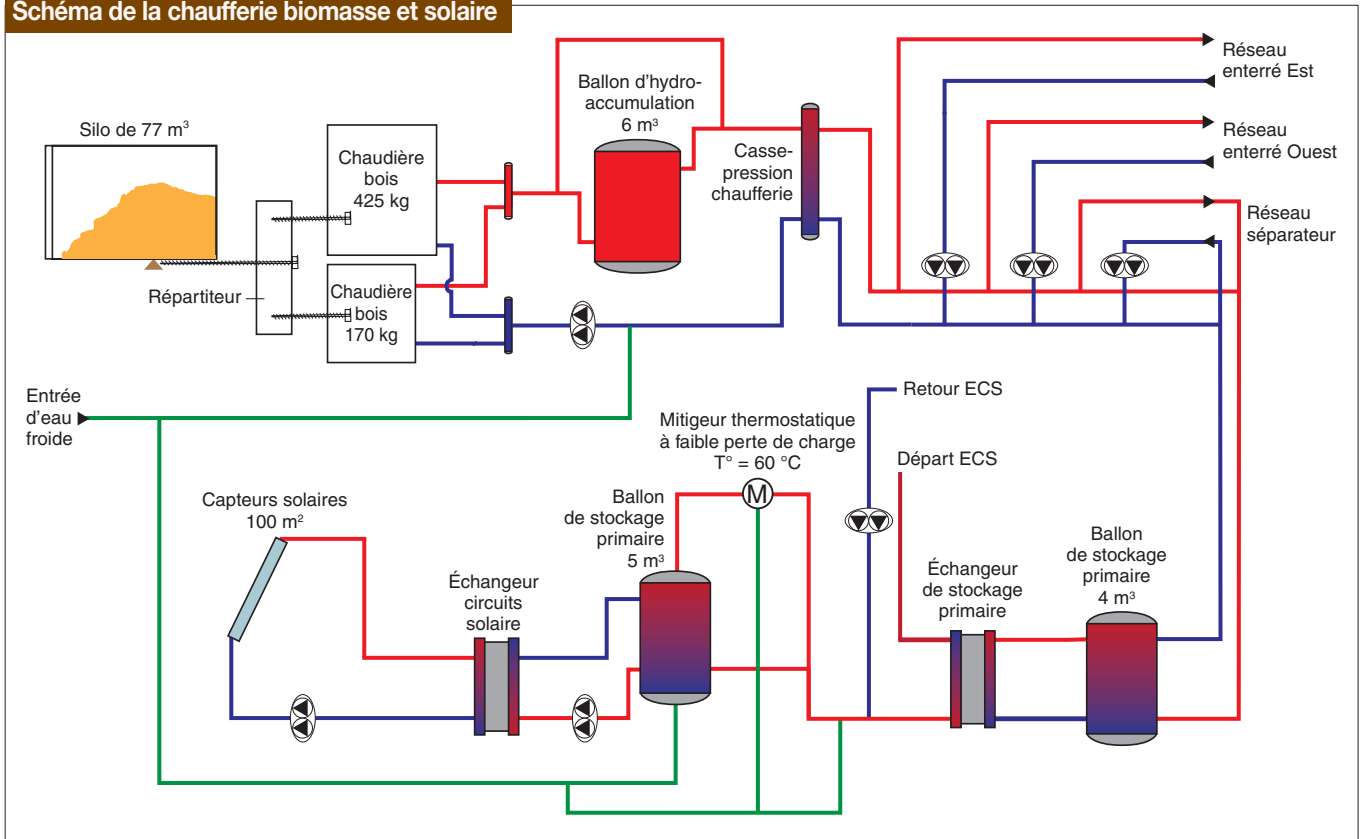
## Développer les bonnes pratiques

La démarche 100 % énergies renouvelables adoptée sur ce chantier n'est qu'un aperçu du travail réalisé sur les équipements. Ainsi, les eaux usées sont traitées par lagunage dans le vallon en contrebas de la ferme. Autres démarches que la fondation Charles Léopold Meyer Pour Le Progrès de l'Homme met en œuvre ici : l'utilisation des eaux pluviales pour charger les réseaux de chauffage, la récupération des eaux des circuits de chauffage et leur réintroduction après travaux...



Les 96 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques ont été placés le plus discrètement possible, après négociation avec l'Architecte des bâtiments de France. De fait, ils sont orientés au sud et reçoivent le rayonnement tard dans la journée.

Schéma de la chaufferie biomasse et solaire



La chaufferie bois assure l'appoint de la production d'ECS solaire l'hiver et en intersaison. Des compteurs d'énergie ont été répartis sur l'ensemble des circuits.

La gestion technique retenue permet aussi à l'exploitant de gérer l'installation depuis son siège parisien : «Elle renvoie les alarmes, les défauts et surtout, offre la possibilité de lancer ou d'interrompre chaque zone ; toutes sont séparées et dotées de régulations indépendantes : salles de cours, salle polyvalente, cuisines, réfectoires...» explique Pascal Paoutoff, président de la Siat.

Autre point capital pour lisser le rendement de combustion : la qualité des plaquettes. Certes, le fournisseur doit fournir le taux d'humidité, le pouvoir ca-

lorifique inférieur du contenu de chaque camion livré. Mais les précautions vont au-delà de cette autodéclaration. Une analyse des plaquettes par pyrolyse est pratiquée avant chaque déchargement. Pour parvenir au point anhydre et déterminer le point en eau du combustible, six échantillons de 100 g sont prélevés et passés, dans un plat en pyrex, durant deux minutes au four à micro-ondes de 1,1 kW. La perte en eau doit être, en moyenne, d'au maximum 40 % ; au-delà, le chargement est refusé. «Une bonne combustion donne une belle flamme orangée», décrit Philippe Vail.

Si l'écocentre travaille avec un fournisseur extérieur de plaquettes, le projet est bel et bien d'exploiter les rémanents issus des haies replantées depuis une dizaine d'années ainsi que du domaine forestier. La production de plaquettes in-situ est actuellement en négociation : elle prendra en compte le gisement disponible et l'économie globale du projet. Outre le combustible, l'exploitant se soucie aussi des cendres produites. Qu'il s'agisse des cendres du foyer ou de celles récupérées par le filtre multicyclone sur l'extraction de fumées, les quantités récupérées sont de l'ordre de 1,5 à 2 % du poids brut des plaquettes, soit environ 5,9 kg/MWh et une quantité d'environ 3,5 à 3,9 tonnes par an. Chargées en potasse, elles sont mélangées à du com-



Les deux boucles secondaires de chauffage alimentent une douzaines de sous-stations qui distribuent l'énergie aux différents émetteurs selon leur régime de température spécifique.

post et utilisées sur les terres agricoles. La Siat, qui a pris en charge le marché P1/P2/P3 (fourniture d'énergie, gestion et vente de l'énergie à l'écocentre) pour une durée de 10 ans avec un prix d'environ 35 € HT/MWh dispose, pour tenir ses engagements, d'une installation bardée de compteurs d'énergie sur tout le réseau.

Le marché de l'Ecocentre de Villarceaux en chiffres

Coûts de l'opération «chaufferie + réseau» :

- Chaufferie bois et chantiers connexes (hors génie civil et couverture) : 500 000 € HT.
- Réseau primaire de chaleur (hors sous stations et réseaux en distribution) : 120 000 € HT.
- Gestion technique centralisée (GTC) : 60 000 € HT.
- Estimation du coût de l'énergie (P1) : 22 000 € HT/an.
- Coût de la conduite et entretien (P2) : 25 800 € HT/an.
- Garantie totale (P3) : 8 100 € HT/an.