



c h a u f f e r i e p a i l l e e t b o i s

Echalot / Côte-d'Or

AGROénergie)

cultivons des énergies différentes



la chaufferie d'AgroÉnergie

- un projet qui valorise les ressources locales
(depuis sa conception jusqu'à son mode de fonctionnement)
- une installation construite "dans et pour" le respect
de son environnement
- un exemple concret d'activité économique en phase avec
le développement durable...

Introduction

En 2002, le contexte énergétique plaidait déjà en faveur du développement des énergies renouvelables.

Jacques et Charles Schneider, exploitants agricoles à Salives, ont pris contact avec la direction du CEA¹ Valduc, pour lui proposer un étonnant marché : la fourniture de chaleur à partir de paille ! L'objectif essentiel était de pérenniser localement le débouché de la paille. Aussi, ils se sont assurés, auprès des exploitations agricoles voisines de pouvoir mettre en place un système de récolte à cette fin.

MM. Schneider, père & fils, ont créé une SARL : AgroÉnergie, dont l'activité est de produire et de vendre de l'énergie à partir de sous-produits agricoles. Ils ont conçu et réalisé l'ensemble du projet.

Cette société qui a construit l'usine et le réseau, exploite les installations et organise l'approvisionnement en paille (5 000 tonnes par an) et en bois (800 tonnes par an).

La chaufferie, d'une puissance de 5 MW (MegaWatt)², est l'installation la plus importante de France. Elle est inspirée de méthodes éprouvées dans d'autres pays européens, comme le Danemark, l'Autriche ou la Pologne.

AgroÉnergie a signé un contrat de 12 ans, par lequel le CEA s'engage à acheter 20 400 MWh (MégaWattheure) par an minimum à un prix défini et révisable en fonction de différents paramètres, soit 36,05 euros le MWh en 2005, toutes prestations comprises (achat de combustible, entretien, maintenance, amortissement des installations).

(1) Commissariat à l'Énergie Atomique

(2) Soit 5 millions de watts

Échalot
en Côte d'Or
à 48 km de Dijon



Des combustibles renouvelables

Au projet initial de consommer de la paille, s'est greffé la solution de mélanger du bois. Cette solution a deux avantages : l'avantage économique de diversifier la ressource et donc de s'affranchir des tensions éventuelles de part et d'autre sur l'approvisionnement en paille, l'avantage technique que le bois, en mélange à la paille dans la combustion, permet de diminuer les problèmes liés à la fusion des cendres de paille.

La paille

Une ressource locale abondante

La paille est un sous-produit de cultures céréalières.

Après récolte des céréales, la paille est :

- soit broyée puis enfouie dans le sol où elle se décompose lentement, contribuant ainsi au maintien dans le sol de matières organiques et d'éléments minéraux,
- soit pressée afin d'être utilisée comme litière ou fourrage pour les animaux,
- soit brûlée sur champ.

Dans le Châtillonnais (et les plateaux de Bourgogne) où l'élevage est de moins en moins présent, sachant que la période de la levée des graines d'oléagineux est gênée en cas d'enfouissement et qu'il y a une préférence à ne pas labourer (pour limiter l'érosion des sols), la paille est très souvent brûlée à l'air libre.

Dans ce secteur géographique, la production de paille de céréales est de 2,5 à 3 tonnes par hectare. Dans un rayon de 10 à 20 km autour de l'usine, le gisement disponible en paille a été évalué à 37 à 45 000 tonnes par an sur une superficie de 15 000 hectares. La surface de culture de céréales nécessaire à la fourniture de la chaufferie est de 2 000 hectares.

Au regard de ces quantités, le prélèvement de la paille prévu

pour la chaufferie est sans incidence pour l'environnement.

Le bilan humique (les gains et pertes d'humus sur la couche de terre travaillée) reste stable notamment grâce aux caractéristiques du sol et à son utilisation, ainsi qu'au climat (taux de matière organique de 3 à 5% en sol argilo-calcaire).

Prix et approvisionnement

Le prix de la paille est susceptible de subir des variations importantes : en 2003, des fluctuations fortes à cause de la sécheresse printanière et de la canicule par exemple. En 2004, le prix était bien différent et les gisements très disponibles.

Avant pressage, le prix de la paille a fluctué entre 9,15 € HT / tonne en 2002 et 15,24 € HT / tonne en 2003. Jacques et Charles Schneider, qui ont une expérience dans la commercialisation de la paille, ont vu ainsi le prix départ (pressage et stockage compris) varier de 33,54 € HT / tonne en 2002 à 53 € HT / tonne en 2003 pour finalement revenir à 32 € HT fin 2005.

Pour assurer une partie de l'approvisionnement, AgroÉnergie a passé des contrats de fourniture sur trois années avec deux exploitations locales volontaires qui peuvent fournir 2 000 tonnes par an.

Le pouvoir calorifique théorique de la paille est d'environ 4100 kWh/tonne.

CONSOMMATION PAILLE

5000
tonnes/an



Le bois

Une ressource locale sous utilisée

En Bourgogne, il se trouve des gisements importants non exploités. Les déchets d'industries du bois, qui auparavant partaient en décharge (interdit depuis 2002), ont bien souvent trouvé une valorisation en chaufferie, mais pas encore dans leur totalité.

La forêt dispose aussi d'un important gisement. La disponibilité est estimée à plusieurs centaines de milliers de tonnes par an.

La filière des emballage bois en fin de vie constitue elle aussi une réserve considérable sur la région.

Aussi la réalisation de ce type de chaufferie constitue aujourd'hui une chance pour la filière bois en général qui a besoin de valoriser ses sous-produits comme ses déchets.

Prix et approvisionnement

Il existe plusieurs moyens de mobiliser la ressource, par l'intermédiaire de sociétés régionales spécialisées, ou par d'autres solutions avec des filières très courtes comme l'approvisionnement en direct auprès d'entreprises situées à moins de 5 km dans le cas d'AgroÉnergie. Le prix de la plaquette de bois est également fluctuant, les récentes augmentations du prix du pétrole se sont aussi répercutées sur le bois pour plusieurs raisons, dont le report de consommation de fuel sur le bois.

Le prix en moyenne fin 2005 est à 34 € HT la tonne.

Le pouvoir calorifique du bois dépend essentiellement de son niveau d'humidité, très peu de l'essence. Celui qui est livré à Agro Énergie est en moyenne de 3000 kWh/tonne.

CONSOMMATION BOIS

800
tonnes/an



Eléments techniques

Une chaufferie paille et bois
pour alimenter en énergie le CEA Valduc

Implantation

Comme il était exclu de construire la chaufferie paille dans l'enceinte du CEA Valduc, la solution retenue fut de la construire sur une parcelle située sur la commune d'Echalot, de l'autre côté de la RD 101K (Salives-Léry) qui longe Valduc.

Dimensionnement

Couvrir les 2/3 des besoins
du CEA Valduc

Le site de Valduc dispose d'une chaufferie centralisée au fuel lourd (3 chaudières de 10, 10 et 5 MW) et d'un réseau de chaleur alimentant les différents points de consommation du site et fonctionnant sur un régime 105-85°C.

La puissance maximum appelée est de 15 MW et les besoins sont de 30 500 MWh/an sur une période de septembre à mai. AgroÉnergie devant livrer 20 400 MWh minimum sur la période de chauffe, la taille de la chaudière a été dimensionnée à 5 MW, couvrant ainsi les 2/3 des besoins selon le souhait du CEA.

Fonctionnement

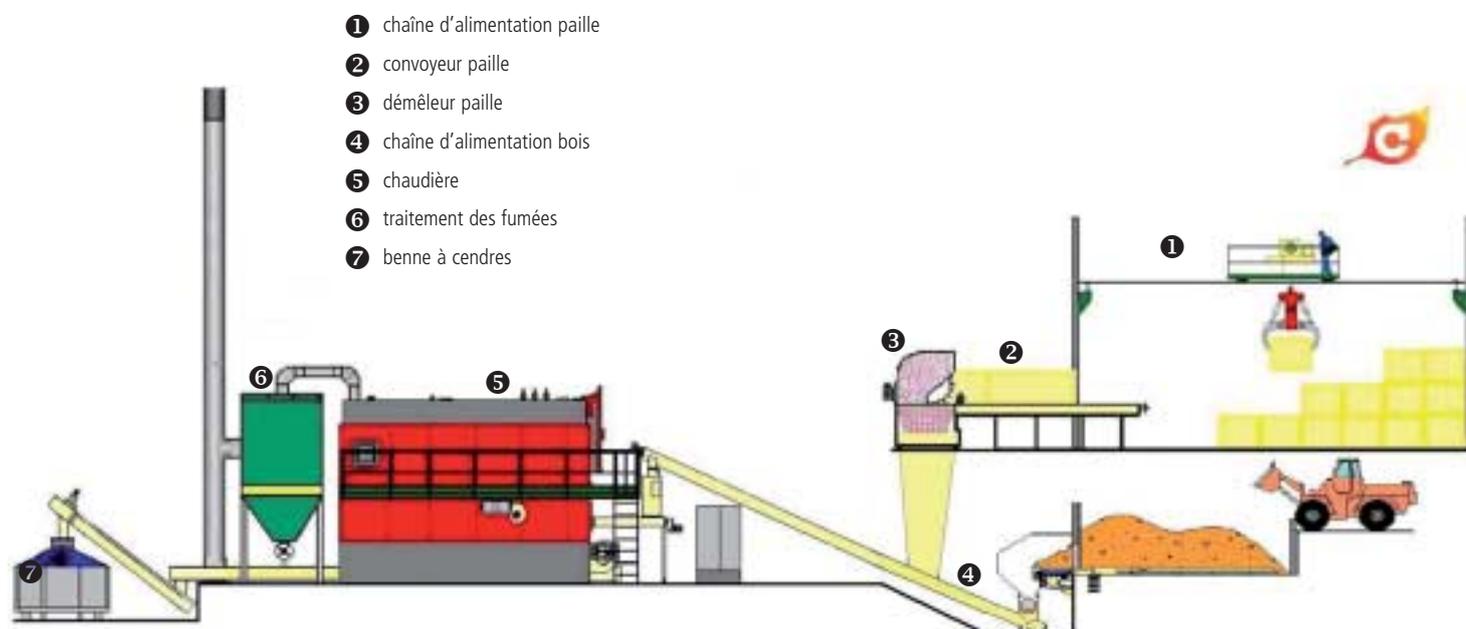
Une chaudière alimentée
automatiquement

La paille est stockée sous forme de bottes carrées en quatre endroits, distants en moyenne de 5 km. La capacité totale de stockage est de 5 000 tonnes, correspondant aux besoins d'une année. Sur le site même, un hangar de 750 m² de type agricole abrite une capacité utile de 750 tonnes.

La chaîne d'alimentation entièrement automatique est composée d'un stockage intermédiaire assurant l'autonomie de la chaufferie (240 bottes, soit environ 4 jours de fonctionnement), d'un système de manutention, de convoyage et de broyage/hachage lent des bottes.

La paille ainsi "démêlée" est acheminée vers la chaudière par un convoyeur à bande. C'est à cet endroit qu'elle rejoint la chaîne d'alimentation bois avant l'introduction du combustible dans le foyer de la chaudière.

Une écluse coupe-feu avec sécurité anti-incendie évite les éventuelles remontées de feu depuis le foyer.



La chaudière

PUISSANCE
DE LA CHAUDIÈRE | 5 MW

Le combustible arrive dans la chaudière et se propage sur un foyer dont les grilles font progresser le combustible et en même temps tomber la cendre. Celle-ci est évacuée par une vis dans une benne. Des ventilateurs d'air primaire et secondaire apportent de l'oxygène en fonction des températures du foyer pour réguler la combustion et parer à l'instabilité du combustible due aux variations d'humidité par exemple.

Les gaz sont ensuite brûlés dans un espace de post-combustion.

Toute la chaleur est alors récupérée par l'intermédiaire d'échangeurs qui transfèrent les calories dans le réseau de chauffage.

Enfin l'air issu de la combustion, ayant perdu l'essentiel de son énergie, est conduit dans un filtre pour le dépoussiérer avant d'être rejeté dans l'atmosphère. Les poussières sont évacuées par vis dans la benne à cendres.

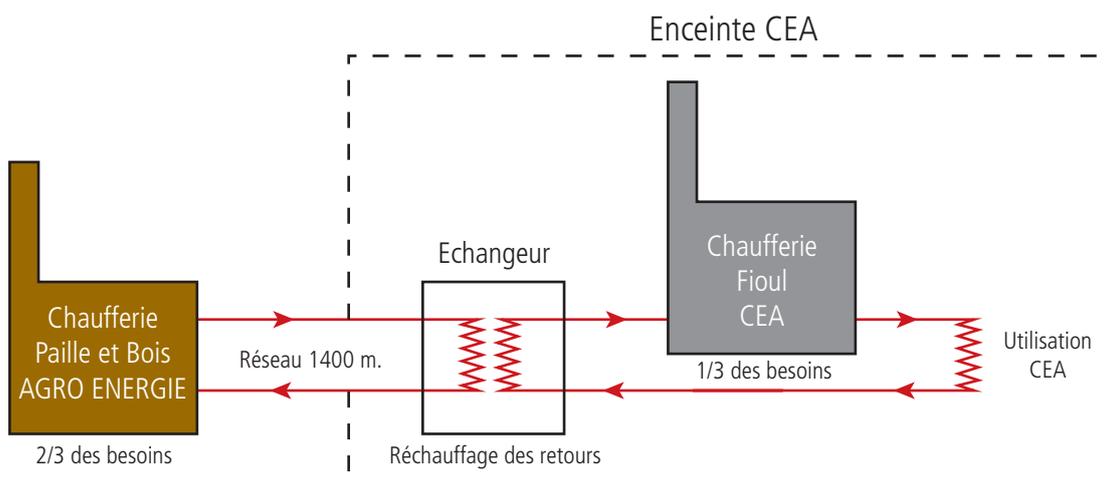
Les cendres sont ensuite épandues sur les parcelles de l'exploitation ou mélangées avec du fumier de bovins.

Le réseau

RÉSEAU | 1400 m.

La chaleur est acheminée sur le site du CEA par un réseau enterré de 1400 mètres. Celui-ci traverse la route départementale puis emprunte un cheminement parallèle à une des antennes du réseau de chaleur existant sur le centre du CEA, pour rejoindre la chaufferie centrale.

Une chambre à vannes et une sous-station avec échangeur de chaleur et des pompes ont été installées pour se raccorder sur le circuit existant mais les deux circuits restent totalement indépendants.



Eléments environnementaux

AgroÉnergie participe à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et contribue ainsi concrètement aux engagements du protocole de Kyoto.

Chaque année, 1 973 tonnes de fuel lourd TBTS (très basse teneur en soufre), soit 1 950 Tonnes Equivalent Pétrole sont substituées par la paille et le bois*. En terme de rejet et de lutte contre le changement climatique, ce sont chaque année 6 390 tonnes de CO₂ d'origine fossile et 29 tonnes de soufre en moins dans l'atmosphère.

* NOTA

Il est considéré dans ce calcul que la paille est un sous-produit des cultures céréalières. Il ne lui est donc pas affecté de dépense d'énergie fossile liée au travail du sol, à la fertilisation azotée ... Cette hypothèse serait à reconsidérer dans le cas de cultures spécifiquement dédiées à la production d'énergie.

Ces calculs sont établis sur la base d'une fourniture au CEA de 20 400 MWh / an et en prenant en compte un rendement global de la chaufferie paille de 80 % (rendement d'échange x rendement de distribution x rendement d'exploitation de la chaudière)

Ces besoins seront couverts par l'utilisation de 25 500 MWh PCI (pouvoir calorifique inférieur) de biomasse. Ceci va permettre la substitution de 22 670 MWh PCI de fuel lourd (rendement à 90%) initialement utilisés dans la chaufferie du CEA.

Eléments sociaux

Le fonctionnement de cette usine a des conséquences positives sur l'emploi local tant en terme de consolidation qu'en terme de création.

L'approvisionnement en paille permet de créer une activité nouvelle pour 10 exploitations locales (dont les sièges sont à moins de 10 km).

C'est en effet de nombreuses heures de travail rémunérées chaque année :

-) 500 heures de pressage
-) 1000 heures de manutention
-) 500 heures de transport

soit 1,5 équivalent temps plein qui sont en réalité des consolidations locales.

L'entretien des abords de l'usine permet également de consolider un emploi d'insertion (300 heures sur une année).

Enfin, la conduite de la chaufferie a permis de créer un emploi net.



Eléments économiques

L'objectif de la société a été de faire intervenir sur ce projet ambitieux le maximum d'entreprises locales. 514 000 euros de travaux ont été commandés auprès d'entreprises situées dans un rayon de 45 km.

Le coût global de la construction

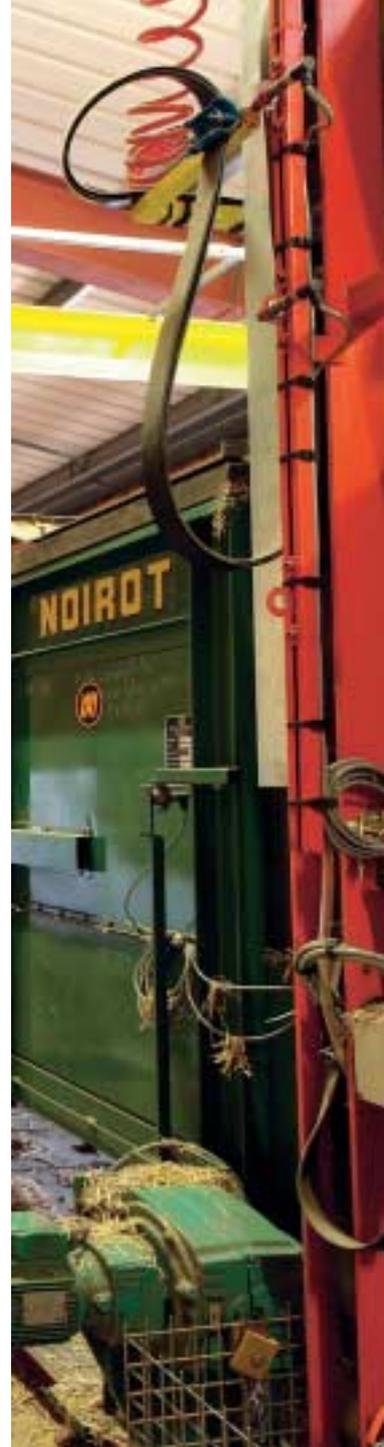
) le bâtiment (stockage paille et chaufferie)	459 742 €
) la chaîne d'alimentation en paille	70 000 €
) la chaudière *	855 770 €
) la liaison enterrée (2 x 1 400 ml) jusqu'à la chaufferie du CEA et les sous-stations	716 123 €
) la voirie et les aménagements extérieurs	84 599 €
) le raccordement de l'usine au réseau EDF	55 096 €
) le pont bascule	16 300 €
) les honoraires de maîtrise d'œuvre	92 370 €
> Le coût global hors taxes de l'usine est estimé à	2 350 000 €

* avec l'ensemble de ses périphériques : alimentation automatique, régulation, décendrage, ...

Le financement

AgroÉnergie a contracté des emprunts et les fonds propres ont été apportés par MM. Schneider. Cette opération a reçu des subventions au titre du développement des énergies renouvelables de la part de l'Union Européenne, de l'ADEME et du Conseil régional de Bourgogne, dans le cadre du Programme Régional Environnement, Maîtrise de l'Energie, Déchets (PREMED) ainsi que du Conseil général de la Côte-d'Or au titre de l'aménagement rural et de l'électrification.

) Europe (Fonds Européen FEDER)	415 846 €
) ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)	279 021 €
) Conseil régional de Bourgogne	200 000 €
) Conseil général de la Côte-d'Or	270 000 €
> Soit une aide prévisionnelle de	1 164 867 €



CHIFFRES CLÉS

substitution de près de 2000 tonnes de fuel par an

6390 tonnes par an de CO₂ en moins dans l'atmosphère

près de 3 emplois

2 350 000 euros d'investissement



Parti-pris architectural

Nicolas Favet, architecte

Fonctionnement

Un important travail d'interaction a été effectué entre la conception du process et celle du bâtiment afin d'arriver à un ensemble optimisé en terme de fonctionnement, architecturalement rigoureux et pertinent d'un point de vue environnemental. Ainsi, les bâtiments sont organisés pour former une façade s'étirant le long du chemin départemental. Cette linéarité se fait le reflet du processus industriel abrité : stockage, convoyage, broyage, chaufferie...

Les différentes parties de bâtiment sont fermées pour des questions de sécurité. Ainsi la partie stockage constitue un ensemble autonome avec un espace extérieur abrité, et la chaîne paille automatisée est accessible sur toute sa longueur grâce à de grandes portes coulissantes intégrées dans la façade sur cour.

Volumétries

Dans sa conception d'ensemble, le bâtiment procède plus de l'intervention paysagère dans la forêt que de l'installation industrielle. Cette longue façade de plus de 100 m crée un écran visuel horizontal rythmé d'arbres à haute tige. Elle est implantée avec un angle de 20 degrés par rapport au chemin départemental permettant une découverte progressive de l'installation depuis la voie. L'ensemble du fonctionnement des installations et les cours de services sont ainsi projetés sur l'arrière, du côté de la forêt. La masse plus importante du bâtiment de stockage est éloignée de la voie.

Depuis le chemin départemental, les hauteurs de bâtiments sont harmonisées afin d'aligner les acrotères et d'obtenir une volumétrie simple et lisible évitant l'impression d'accumulation souvent liée à l'architecture des bâtiments de production.

Matériaux

Les façades sont composées selon un principe simple d'étagement :

- un soubassement en bardage d'acier galvanisé à onde sinusoïdale horizontale,
- un bardage en clin de Douglas brut de scierie posé vertical à recouvrement,
- seul le volume correspondant à la chaufferie est traité en bardage laqué gris foncé.

Les toitures sont réalisées en bac acier galvanisé à onde sinusoïdale avec des pentes de 14° environ.

Clôtures

L'implantation d'ensemble du bâtiment évite la nécessité d'une clôture visible depuis l'emprise publique, la partie inférieure de la façade en bardage en acier galvanisé à onde sinusoïdale remplissant cette fonction sur cette exposition. Pour les autres limites sur cour, il est utilisé un grillage acier galvanisé sur une hauteur de 2 m minimum, qui se déploie plus loin dans la forêt afin de ne pas créer de rupture physique entre forêt et ensemble bâti.





Parti-pris environnemental

Les principes de développement durable présidant à l'ensemble de l'opération ont été déclinés dans une conception du bâtiment selon certains principes de qualité environnementale.

Conception du bâtiment

La conception du bâtiment dans sa relation à l'environnement immédiat a fait l'objet d'un soin tout particulier. Ainsi, implanté dans un site forestier isolé, le bâtiment est davantage conçu comme un élément paysager fort et structurant que comme un ensemble bâti. Positionné en biais par rapport à sa limite sur voie, il apparaît progressivement aux conducteurs à la sortie d'un virage du chemin départemental. Le premier plan est planté d'arbres à haute tige qui rythment l'horizontalité de la façade. La cour de service est soustraite aux vues depuis l'espace public. La façade du bâtiment est conçue pour ne pas nécessiter de clôture sur l'espace public et sur l'arrière, la clôture se perd dans la forêt voisine pour ne pas devenir omniprésente et ménager une plus grande fluidité paysagère avec la forêt. Localisée à l'Ouest, la cour de service est à l'abri des vents dominants et partiellement protégée de la pluie.

Matériaux et procédés

Les matériaux et procédés constructifs visent à établir une identité forte pour l'ensemble architectural en compromis entre les aspects économiques, fonctionnels, environnementaux et architecturaux, arbitrés par des objectifs de maintenance et de durabilité. Ainsi, l'acier galvanisé a été choisi pour les soubassements pour sa résistance, sa durabilité, son économie et sa référence aux bâtiments agricoles. La bardage en pin Douglas brut a été retenu parce qu'il constitue une ressource renouvelable et durable, disponible localement. Brute de scierie, sa mise en œuvre est simple - à recouvrement - et évoque aussi les bâtiments agricoles. Les parties de

bardage nécessitant des performances techniques particulières (stabilité au feu) ont été réalisées en panneaux de bac acier laqué. Ainsi, l'ensemble acquiert les qualités d'un bâtiment agricole par le choix de la palette de matériaux et évoque la technicité d'un bâtiment industriel par l'échelle de l'ouvrage. La charpente de la partie chaufferie est réalisée en bois lamellé-collé pour des questions de stabilité au feu alors que le reste des structures est en acier.

Comparée à l'importance de l'efficacité de la chaufferie elle-même, la gestion de l'énergie reste mineure pour le bâtiment. Seule la partie bureau est chauffée. Bien que représentant paradoxalement un surcoût (en investissement et en coût global), il a été choisi de se raccorder à la chaufferie principalement plutôt que d'installer des convecteurs électriques. L'éclairage naturel a été favorisé pour les locaux. Ainsi, seuls les locaux chaufferie et bureaux nécessitent de la lumière artificielle. Dans les locaux chaîne d'alimentation et stockage, l'éclairage artificiel n'est pas installé car superflu et risqué.

Le bâtiment a été conçu pour minimiser les opérations de gestion de l'entretien et de la maintenance : robuste et simple de conception, l'enveloppe du bâtiment constitue sa propre clôture. Les matériaux de façade ne nécessitent pas d'entretien. L'extension de la partie stockage sera aisée si nécessaire.

La gestion de l'eau de pluie est faite par une collecte dans un bassin de rétention pour l'usage des pompiers. Le surplus est infiltré dans des fossés en bordure de terrain.

Pour les travaux, il est notable aussi que les entreprises soient localisées dans un rayon géographique très restreint, contribuant ainsi au développement local et réduisant significativement les mobilités à la fois des biens et des personnes.

Contact : Nicolas Favet Architectes
nicolas.favet@nfa.fr

La réalisation des travaux

MAÎTRE D'OUVRAGE

SARL AGROénergie
Echalot – 21580 Salives
Tél. : 03 80 35 11 02
agroenergie@wanadoo.fr

ARCHITECTE

Nicolas FAVET
17, rue Guynemer
92130 Issy les Moulineaux
Tél. : 01 46 38 90 15

BUREAU D'ÉTUDES THERMIQUE

Ppi
23, rue de l'église
70400 Chalonvillars
Tél. : 03 84 28 77 07

CHAUDIÈRE BIOMASSE

COMPTE R.
Z.I. de Vaureil
63220 Arlanc
Tél. : 04 73 95 01 91

MANUTENTION

NOIROT MANUTENTION
14, rue de la Gare
52360 Neuilly l'Évêque
Tél. : 03 25 84 03 78

RÉSEAU DE CHALEUR

IMHOFF
64, Boulevard Kelsch
88402 Gérardmer Cedex
Tél. : 03 29 60 10 10

GROS ŒUVRE

GIRARDET
21510 Etalante
Tél. : 03 80 93 88 65

CHARPENTE

MORTIER
Route de Grancey
21120 Marey sur Tille
Tél. : 03 80 75 61 71

BARDAGE COUVERTURE

SCOBE
Rue Nachey
ZAC du Belvédère
21240 Talant
Tél. : 03 80 57 15 25

BARDAGE BOIS

MILLIERE
La Pierre Saint Antoine
21580 Salives
Tél. : 03 80 75 62 88

ELECTRICITÉ

TECHNIC'ELEC
6, rue Champs-aux-Fèves
21121 Fontaine les Dijon
Tél. : 03 80 58 46 18

AGROénergie

cultivons des énergies différentes

POUR PLUS D'INFORMATIONS

AgroEnergie / Charles Schneider

Echalot - 21580 Salives
tél. 03 80 35 11 02 - fax 03 80 75 63 03
agroenergie@wanadoo.fr

ADEME / Michel Aziere

10, avenue Foch - BP 51562 - 21015 Dijon Cedex
tél. 03 80 76 89 76

Conseil régional de Bourgogne / Marie-Pierre Sirugue

17, bd de la Trémouille - BP 1602 - 21035 Dijon Cedex
tél. 03 80 44 33 06

PROJET CO-FINANCÉ PAR

