

Produire de l'énergie renouvelable (solaire, éolien, biomasse)

Objectif et principe

Produire de l'énergie à la ferme en utilisant des ressources renouvelables telles que le solaire, l'éolien, ou la biomasse. Ces dispositifs permettent de :

- réduire la consommation d'énergie de l'exploitation en produisant de l'eau chaude utilisable à l'échelle des bâtiments (solaire thermique, chaudière à biomasse)
- produire de l'électricité à partir des énergies éolienne et solaire, électricité qui peut être utilisée pour l'autoconsommation ou revendue et réinjectée dans le réseau de distribution national.

La mise en place de ces dispositifs est indispensable pour obtenir des bâtiments d'élevage à énergie positive (BEBC+), à savoir des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment. Ils viennent, dans ce cas, en complément d'autres techniques ou pratiques de réduction des consommations d'énergie (cf. fiche P20 et V18 -Techniques pour une réduction efficace de la consommation d'énergie – Approche générale, cf. fiches B20 à B24 sur les différentes techniques de réduction de la consommation d'énergie en élevage bovins).

Mise en place

Les dispositifs existants sont (IFIP, 2013, IDELE, 2016) :

- le chauffe-eau solaire thermique,
- le solaire photovoltaïque,
- l'énergie éolienne,
- les chaudières à biomasse.

Le procédé de méthanisation valorisant le biogaz constitue également une technique produisant de l'énergie renouvelable. Faisant l'objet d'une présentation spécifique, elle n'est pas traitée dans la présente fiche (cf. fiche PVB 9 – Traitement anaérobie du lisier/fumier dans une unité de méthanisation)

Le chauffe-eau solaire thermique

Il s'agit de mettre en place des capteurs solaires thermiques qui permettent de valoriser l'énergie du rayonnement solaire, ici sous forme de chaleur, pour chauffer de l'eau.



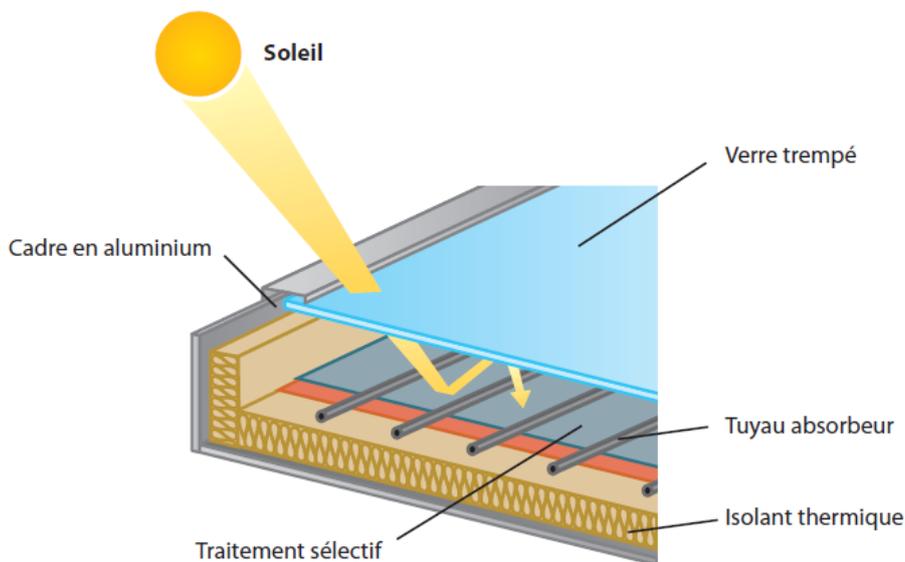


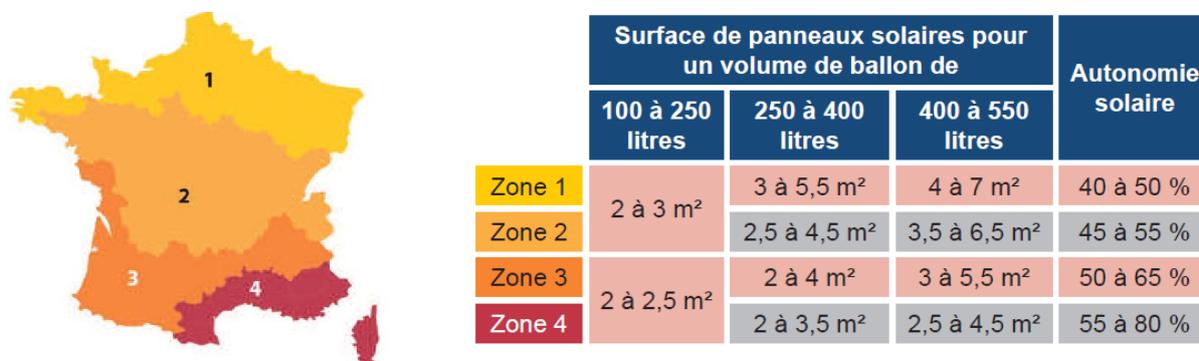
Figure 1 : détail en coupe d'un panneau solaire thermique

Il existe plusieurs familles de capteurs solaires thermiques (IFIP, 2013):

- Les capteurs non vitrés : ce sont des dispositifs très simples composés d'un réseau de tubes en plastiques noirs (essentiellement utilisés pour le chauffage de l'eau des piscines en été),
- Les capteurs non vitrés à revêtement sélectif, à irrigation totale, en acier inoxydable (essentiellement utilisés pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire, le chauffage basse température de plancher chauffant, et le chauffage des piscines),
- Les capteurs plans vitrés (Figure 1), utilisent un fluide caloporteur (généralement de l'eau mélangée avec un antigel alimentaire) circulant dans un serpentin plaqué en sous-face d'une feuille absorbante. L'ensemble est positionné derrière une vitre, dans un caisson isolé (laine minérale et/ou mousse composite polyuréthane),
- Les capteurs à tubes sous vide, dans lesquels le fluide caloporteur circule à l'intérieur d'un double tube sous vide. Ils se différencient des capteurs plans vitrés par le mode d'isolation qui est, ici, simplement assuré par l'absence de molécules d'air (vide).

L'utilisation de cette eau chaude produite peut varier en fonction des élevages, par exemple, en élevage ruminants, elle est valorisée pour un usage sanitaire, alors qu'elle est plutôt recherchée pour le chauffage de l'eau de boisson dans les élevages de veaux de boucherie (IDELE, 2016).

Le dimensionnement des capteurs solaires thermiques et le niveau d'autonomie solaire vont dépendre de la situation géographique de l'exploitation et des niveaux d'ensoleillement (Figure 2).



(source : ADEME, 2014 dans IDELE, 2016)

Figure 2 : Surface de panneaux solaires selon la zone géographique et autonomie solaire

Il conviendra de dimensionner l'installation solaire à un usage complet de la production d'eau chaude en été. En effet, un surdimensionnement des panneaux par rapport au volume du ballon, entraînera une perte de productivité en été.



Le solaire photovoltaïque

Les capteurs solaires photovoltaïques transforment l'énergie lumineuse du soleil en électricité, sous forme de courant continu. Ce dernier est dirigé vers un onduleur qui le convertit en courant alternatif afin de pouvoir être injecté dans le réseau de distribution public. Les panneaux solaires photovoltaïques sont constitués de matériaux semi-conducteurs, généralement à base de silicium cristallin. Cette production d'électricité se fait sans utiliser de pièce mécanique, et sans émissions sonores (Figure 3).

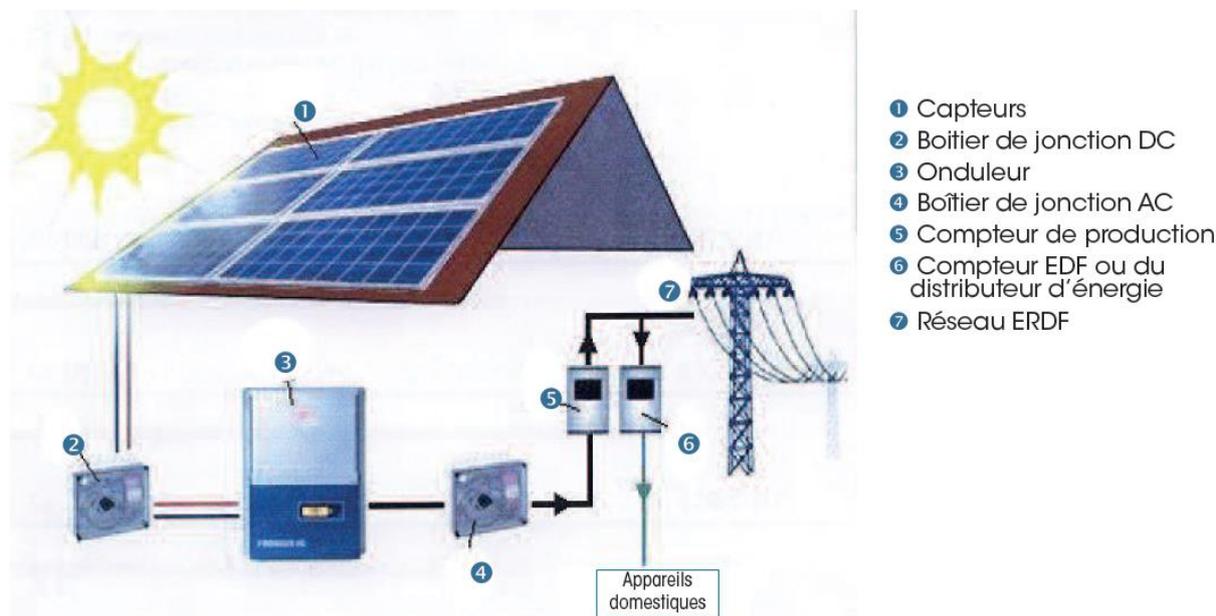


Figure 3 : Schéma de principe du fonctionnement d'une centrale photovoltaïque (source : ADEME, 2014 dans IDELE, 2016)

Le solaire photovoltaïque positionné en toiture :

L'installation de ces panneaux solaires est possible sur les bâtiments neufs, les rénovations, les extensions, comme sur les bâtiments existants, même si elle est plus difficile à mettre en œuvre sur ces derniers (bâtiments vieillissants, insertion difficile des panneaux sur la toiture). En revanche, il est déconseillé de les implanter sur des bâtiments accueillant des animaux, en raison des risques de corrosion (liés aux émissions d'ammoniac) et d'empoussièremment, et des contraintes d'assurance. Il existe des conditions à respecter pour l'installation de panneaux solaires (orientation, inclinaison, absence d'ombres portées, ventilation de la sous-face des panneaux). Il faudra bien sûr prendre en compte la résistance de la charpente pour l'implantation des panneaux. Dans tous les cas, l'implantation d'une installation photovoltaïque ne devra pas porter préjudice à la fonction première du bâtiment d'élevage. Les contraintes sont moins fortes sur les bâtiments annexes (stockage de fourrages ou de matériels).

En termes de dimensionnement, il existe deux types d'installation :

- Les installations inférieures à 9 kWc (représentant environ 60 m² de panneaux) : Les panneaux assurent l'étanchéité du bâtiment, qui doit être impérativement clos et couvert. L'installation est dite « intégrée au bâti ».
- Les installations de 9 à 100 kWc : les panneaux sont implantés sur des bacs en acier ou par-dessus la toiture existante à l'aide de voligeage bois ou de rails spécifiques. L'installation est dite « non intégrée au bâti ».

Préalablement à l'implantation de l'installation, et dans le cas d'une revente de l'électricité produite, il conviendra d'étudier la faisabilité du raccordement au réseau électrique public. Les coûts engendrés peuvent parfois être dissuasifs.

En Bretagne, 1 m² de panneaux photovoltaïques correspond à 153 Wc, ce qui équivaut à une production de 1008 kWh/an. Pour une puissance de la centrale photovoltaïque de 100 kWc, il



faudra une surface de 653 m², pour une production d'électricité par an de 100 800 kWh (ou 362 880 MJ (IDELE, 2016).

Le solaire photovoltaïque sur mât :

Afin de s'affranchir des contraintes liées à l'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture de bâtiments d'élevages (orientation des bâtiments, études de faisabilité et d'implantation des panneaux sur la toiture, éventuels préjudices occasionnés sur les performances techniques des animaux...) une nouvelle génération de panneaux, positionnables autour des bâtiments, a vu le jour : les trackers/traqueurs solaires ou traqueurs motorisés. Il s'agit d'un panneau photovoltaïque positionné sur un mât motorisé. Le traqueur solaire suit la course journalière du soleil dans le ciel et se déplace ainsi d'Est en Ouest durant la journée. Puis, pendant la nuit, il retourne à sa position d'origine. Ce système assure un rendement nettement supérieur aux panneaux positionnés en toiture : + 50 à 65 %.

L'énergie éolienne

Elle consiste à utiliser la puissance du vent pour entraîner la rotation des pâles de l'éolienne. L'énergie mécanique ainsi produite est transformée en électricité par une génératrice qui produit du courant alternatif (alternateur) ou continu (dynamo). Dans ce cas, un onduleur permettra de transformer le courant continu en courant alternatif avant d'être injecté dans le réseau national. L'électricité produite peut être autoconsommée mais elle devra alors être stockée dans des batteries en attente de son utilisation. Mais leur coût reste très élevé.

Les pâles sont toujours orientées face au vent, par un système de gouvernail (petit éolien) ou par un dispositif électronique (éolienne de grande dimension). En cas de vents forts, le système de sécurité met les pâles en drapeau.

L'implantation d'éoliennes impose d'avoir une bonne connaissance des caractéristiques des vents sur le site (vitesse, stabilité de direction, absence de turbulences). Une étude de vent, confiée à des spécialistes, est donc un préalable indispensable. L'ensemble des données (vitesse et fréquence du vent) mesurées sur une année permettront de dimensionner les éoliennes (dimensionner les machines et préciser la hauteur du mât) et d'évaluer l'intérêt économique de l'installation.

La vitesse du vent a une influence sur la production d'électricité, laquelle dépend également de la taille de l'hélice et du coefficient de performance de la machine. Une éolienne tourne environ 4500 h/an et atteint sa puissance nominale pendant environ un tiers de son temps de fonctionnement. La production d'une éolienne dans des conditions très favorables est estimée à 20 000 kWh pour 10 kW de puissance installée. Mais le niveau de production peut très vite chuter si les conditions ne sont pas favorables.

Dans tous les cas, l'étude des vents devra être complétée par la courbe de puissance de l'éolienne en fonction de la vitesse du vent. La production d'électricité est essentiellement obtenue avec des vitesses de vent comprises entre 5 m/s (minimum pour la production) et 10 m/s (Figure 4).

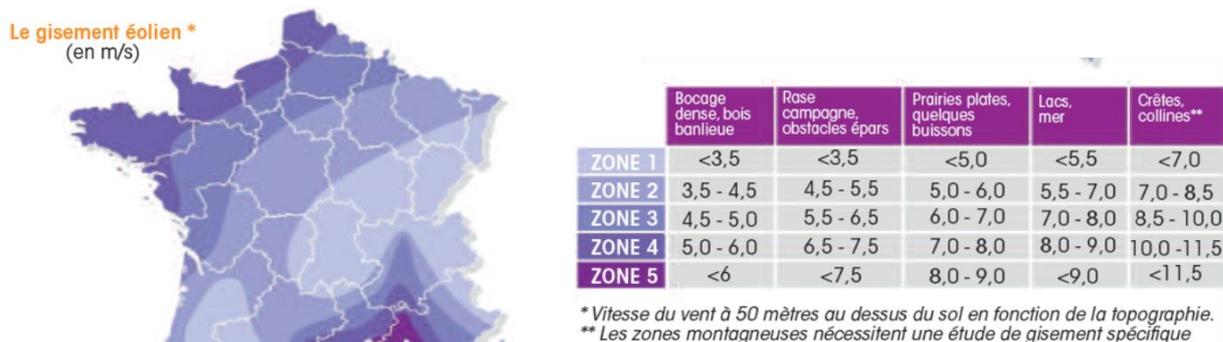


Figure 4 : Le gisement éolien en France

(source : ADEME, 2014 dans IDELE, 2016)



Il existe deux catégories d'éoliennes :

- **Les éoliennes inférieures à 36 kW de puissance** (petit ou moyen éolien) : Dans les élevages, ces aérogénérateurs domestiques peuvent être installés sur des mâts de 10 à 35 m. La hauteur optimale se situe entre 18 et 24 mètres, les vents y sont plus réguliers. Elever une machine de 12 mètres à 20 mètres peut multiplier sa production d'énergie par deux.
- **Les grandes éoliennes pouvant aller jusqu'à 2 MW** : Elles sont majoritairement installées sur le territoire.

L'implantation des éoliennes doit respecter des règles de constructions (distance d'éloignement des habitations, intégration paysagère, nuisance sonore) en lien avec les documents d'urbanisme et la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement. Il est à noter que l'installation d'une éolienne sur un bâtiment provoque des vibrations sur la structure de la construction (risque de dégradations et de fissures). Cette solution est donc à éviter.

Les chaudières à biomasse

L'objectif est ici d'utiliser le bois, idéalement situé sur l'exploitation, pour chauffer les bâtiments. Les exploitations d'élevage disposent d'importants linéaires de haies. On recense en moyenne 80 à 100 mètres linéaires de haies par hectare de SAU dans les fermes d'élevage herbivore (IDELE, 2016).

Il existe deux façons de valoriser le bois énergie, soit sous forme de bûches, soit sous forme de plaquettes. Le bois plaquette simplifie la récolte du bois de chauffage en réduisant le temps de chantier (3 à 4 fois) par rapport au bois bûches et il permet de valoriser l'ensemble du bois disponible sur la haie, y compris les branchages qui représentent couramment 30% du bois d'une haie. Cela permet de valoriser un bois de faible (ou sans) valeur marchande. L'automatisation des chaudières bois facilite l'utilisation des plaquettes (autonomie de 2 à 20 jours) selon les modèles et la demande en chaleur.

Les chaudières à biomasse permettent de produire de l'énergie sous forme de chaleur, utilisable pour le chauffage des bâtiments et éventuellement la production d'eau chaude sanitaire. La mise en place de chaudière à biomasse concernera préférentiellement les bâtiments neufs ou ceux déjà équipés d'un chauffage à base d'eau. Quelques éléments techniques doivent être pris en compte pour optimiser l'installation : positionner la chaudière le plus près possible des bâtiments à chauffer pour réduire les coûts associés à un réseau souterrain trop important, étudier un dimensionnement optimal (plus les besoins en chaleur sont élevés, plus l'installation est rentable – possibilité d'inclure le chauffage d'autres bâtiments tels que l'habitation), s'assurer de la qualité du bois utilisé (granulométrie, taux d'humidité, impuretés).

Pour une bonne gestion de la ressource en bois, la mise en place d'un plan de gestion du bocage s'avère indispensable.

Bénéfices environnementaux

Tous ces dispositifs permettent de réduire la consommation d'énergie fossile, en valorisant des sources d'énergie renouvelables.

Un chauffe-eau solaire thermique couvre 40 à 60% des besoins annuels en eau chaude (pour un élevage bovins laitier consommant 250 à 300 litres d'eau chaude par jour (au minimum 20% des besoins en hiver et plus de 90% en été) (IDELE, 2016)). Pour un élevage de porcs avec chauffage des porcelets en maternité, les besoins annuels sont couverts à hauteur de 50% au maximum, avec des pointes à 100% sur les mois de juin, juillet et août (IFIP, 2013).

L'énergie éolienne, produite de jour comme de nuit, offre un bon complément à l'énergie photovoltaïque qui est tributaire des conditions d'ensoleillement. Le gisement éolien est inépuisable.

L'utilisation du bois comme combustible permet de s'affranchir d'une énergie non renouvelable pour assurer le chauffage des bâtiments. L'intérêt du bois est qu'il présente un impact neutre sur



l'effet de serre car il dégage autant de CO² qu'il en stocke lors de sa croissance. Cela permet également de revaloriser la fonction productive de la haie avec une valorisation énergétique.

Effets croisés

La valorisation du bois énergie, par l'entretien régulier et le maintien du linéaire de haie, renforce la préservation de la biodiversité (animale et végétale).

Une réduction des consommations d'énergie entraîne indirectement une diminution des émissions de gaz à effet de serre.

NB : 1 kWh électrique consommé correspond à 84 g éqCO₂

Coûts

Le chauffe-eau solaire thermique

Le tableau 1 présente les économies d'énergie, le coût et le temps de retour sur investissement pour deux chauffe-eau utilisés en élevage bovins.

Tableau 1 : Caractéristiques de deux chauffe-eau solaires thermiques (IDELE, 2016)

Type de matériels	Économie d'énergie	Coût	Temps de retour sur investissement
CESI - VL consommant 300 litres d'eau chaude par jour, avec une autonomie solaire de 45 à 55 % (zone 2)	De 50 à 60 % par rapport à un chauffe-eau électrique	6 500 € à 8 000 € (matériel = pose d'un ballon de 400 à 500 litres avec 6 à 8 m ² de capteurs)	Entre 15 et 25 ans
CESI - Veaux de boucherie	-	31 à 36 000 €	De 12 à 15 ans

En élevage porcins (maternité), l'implantation d'un chauffe-eau solaire (dimensionnement : entre 0,75 et 1 m² de panneau par place de maternité) permet de couvrir 50% des besoins en chauffage. Le coût est de 800 €/m², avec un retour sur investissement entre 15 et 25 ans (IFIP, 2013).

Le solaire photovoltaïque

Concernant la revente de l'électricité sur le réseau, les tarifs sont revus chaque trimestre (tarifs évoluant en fonction du nombre projets déposés le trimestre précédent). La baisse ne peut être supérieure à 20% par an. Le niveau d'investissement est de l'ordre de 60 000 € pour une installation de 36 kWc et de 150 000 € pour une installation de 100 kWc (Hors raccordement). Le retour sur investissement varie selon le prix d'achat des panneaux, le tarif de rachat de l'électricité produite et l'ensoleillement. Il est situé en moyenne autour de 12 à 15 ans en Bretagne.

Pour les installations inférieures à 9 kWc, le tarif de rachat est identique à celui pratiqué pour les installations implantées sur les maisons. Pour les installations de 9 à 100 kWc, le prix de vente de l'électricité sera un peu moins élevé pour la tranche supérieure à 36 kWc et le coût du raccordement sera en revanche plus important. Le raccordement varie de 4 000 à 30 000 € (IDELE, 2016)).

L'éolien

Pour l'éolien, le tarif de rachat du kWh en métropole est de 0,082 €/kWh. Le tableau 1 présente deux exemples de production d'électricité à partir du petit éolien (Idele, 2016).



Tableau 2 : Production d'électricité avec du petit éolien, en fonction de la puissance installée et/ou de la vitesse moyenne du vent

	Eolienne de 6 kW		Eolienne de 20 kW	
	5 m/s	6 m/s	5 m/s	6 m/s
Frais de raccordement	1 500 € HT		5 000 € HT	
Génie civil (base 10 % du Coût)	2 400 € HT		8 000 € HT	
Coût (pose comprise)	24 000 € HT		80 000 € HT	
Investissement (Raccordement + génie civil + Coût)	27 900 € HT		93 000 € HT	
Exploitation et entretien-maintenance / an	480 € HT		1 600 € HT	
Vitesse moyenne du vent	5 m/s	6 m/s	5 m/s	6 m/s
kWh produit par kW	1 050	1 700	1 050	1 700
Production annuelle en kWh	6 300	10 200	21 000	34 000
Valorisation production électrique (rachat 0,082 €/kWh)	517 €	836 €	1 722 €	2 788 €
Temps de retour brut sans coût d'entretien annuel	54 ans	33 ans	54 ans	33 ans

Les chaudières à biomasse

La valorisation énergétique de cette ressource apparaît comme une opportunité économique pour l'exploitant. Le bois est une énergie moins chère que les énergies fossiles et son prix est plus stable dans le temps. L'investissement dans une chaudière bois permet donc une meilleure maîtrise des coûts de chauffage. De plus, la ressource peut être auto-produite, par la valorisation du linéaire de haies présent sur l'exploitation.

Le prix de revient pour produire du bois plaquette (exploitation du bois, broyage, transport, gestion des stocks,...) est estimé de 22 à 32 € le m³ (MAP : mètre cube apparent plaquette). Le prix de revient sans le coût de la main-d'œuvre et sans la valeur du prix du bois plaquettes est de 4,3 à 5,5 € le m³.

Pour un élevage porcin de 230 truies présentes (IFIP, 2013), une puissance d'installation de 55 kW serait nécessaire, alimentée par 35 tonnes de bois plaquettes par an. Cela correspond à un linéaire de haies bocagères de 15 km, avec une rotation de 10 ans à prévoir. Le coût total s'élèverait à environ 45 000 € (hors dispositif de circuit d'eau chaude et hors subvention).

Applicabilité

Les capteurs solaires étant le plus souvent installés sur les bâtiments (soit en façade ou en toiture), il conviendra de respecter les démarches administratives obligatoires, soit le dépôt d'une déclaration de travaux en mairie pour les bâtiments existants, soit une demande de permis de construire pour un projet de bâtiment neuf. Ces installations nécessitent un entretien annuel, avec vérification des sondes de températures, du fonctionnement du circuit hydraulique. Dans ce cas, la durée de vie est estimée à une vingtaine d'années. Des aides financières incitatives existent.

L'implantation de panneaux photovoltaïques nécessite également de respecter certaines règles administratives : demande de permis de construire (bâtiment neuf) ou de déclaration de travaux (remplacement d'une toiture existante), demande de devis de raccordement auprès du gestionnaire du réseau d'électricité et après acceptation de ce dernier, une demande de contrat d'achat de l'électricité auprès d'EDF. La production photovoltaïque doit s'envisager sur le long terme. Il faut prévoir un entretien annuel des installations raccordées au réseau (contrôle, nettoyage des surfaces,...) pour leur assurer un bon fonctionnement et une durée de vie d'au moins 25 ans. Les onduleurs sont à remplacer tous les 10 ans. Il est aussi important de prévoir le démontage et le recyclage des panneaux.



Pour l'implantation d'éoliennes inférieures à 12 mètres (hauteur du mât) une déclaration de travaux en mairie est nécessaire. Pour les éoliennes dont le mât est compris entre 12 et 50 m (pour une puissance $P < 20$ MW) une demande de permis de construire en parallèle d'une déclaration au titre des installations classées pour la protection de l'environnement sont nécessaires. Comme pour les dispositifs précédents, les éoliennes doivent bénéficier d'un entretien annuel afin de contrôler les pièces en mouvement, le graissage, les serrages et les connections électriques. La durée de vie d'une éolienne est estimée à environ 20 ans tandis que celle d'un onduleur est inférieure à 10 ans.

Facteurs incitatifs

Produire de l'énergie renouvelable à la ferme, ne répond pas seulement à des objectifs environnementaux mais cela constitue également une source d'économie pour les exploitations agricoles.

Afin de respecter les seuils pour qu'un bâtiment soit reconnu BEBC +, le recours à des dispositifs de production d'énergie renouvelable est indispensable.

État des lieux de l'application de cette technique

L'installation de chauffe-eau solaire thermique, d'éolienne ou de chaudière à biomasse reste encore relativement anecdotique.

Le panneau solaire photovoltaïque a connu un certain succès sur les bâtiments d'élevage, au vu de la surface de toiture disponible. Cet engouement a, en partie, été enraillé par quelques exemples d'élevages où les performances et le comportement des animaux semblait avoir été impactés par l'installation de panneaux. Les nouvelles générations de panneaux traceurs solaires pourraient à l'avenir relancer l'intérêt des éleveurs pour cette technologie. Ils pourraient bénéficier de ce type d'énergie renouvelable sans risquer d'altérer les performances techniques de leur exploitation.

Pour en savoir plus

- *Blanchin J.Y., 2016. La ferme d'élevage à énergie positive. Principes et fiches techniques pour améliorer le bilan énergétique des fermes d'élevages et de ruminants. IDELE éd. Paris, France, 74 p.*
- *IFIP, ITAVI, IDELE, 2012. Le bâtiment d'élevage à basse consommation d'énergie (BEBC). IFIP éd. Paris, France 8 p.*
- *IFIP, 2013. Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBC+) – Solutions pour réduire sa consommation d'énergie et produire des énergies renouvelables dans la filière porcine. IFIP éd. Paris, France, 72 p.*
- *ITAVI, 2014. ITAVI éd. Paris, France, 14 p.*

Contacts : michel.marcon@ifip.asso.fr; yvonnick.rousseliere@ifip.asso.fr ;
nadine.guingand@ifip.asso.fr (porcs) ; blazy@ifip.asso.fr (volailles) ;
elise.lorinquer@idele.fr (herbivores)

Pour citer le document : RMT Élevage et Environnement, 2019. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. Fiche PVB13 : Production d'énergie renouvelable (éolien,solaire). 8 pages.

