



Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBC+)

Solutions pour réduire sa consommation d'énergie
et produire des énergies renouvelables dans la filière Volailles de chair

Edition 2013





Préambule

Ce document est un mémento des solutions permettant de réduire les consommations d'énergie dans les bâtiments d'élevage à travers des pratiques d'élevage ou de nouvelles/récentes technologies. Il recense également les techniques de production d'énergie.

L'objectif de ce guide est avant tout de fournir les éléments permettant d'aboutir à la construction d'un bâtiment à énergie positive. Cependant, son organisation en fiches techniques permet d'adapter le contenu des fiches à des bâtiments existants.

Dans ce guide, les éléments quantitatifs concernant les économies d'énergie et les coûts sont basés sur l'année 2009 qui sert ainsi de référence.

Bien que l'énergie constitue l'élément principal de ce document, les solutions présentées permettent de maintenir les performances techniques et parfois même peuvent les améliorer.

Ce guide est l'un des produits du projet «Bâtiment d'élevage à énergie positive» financé dans le cadre des appels à projet CASDAR¹ et piloté par l'IFIP-Institut du porc avec la collaboration de l'Institut de l'élevage, de l'ITAVI, des Chambres d'agriculture de Bretagne, de Bourgogne, des Pays de la Loire et de la Manche, ainsi que de la Ferme expérimentale Blanche-Maison.

1 Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural

Sommaire

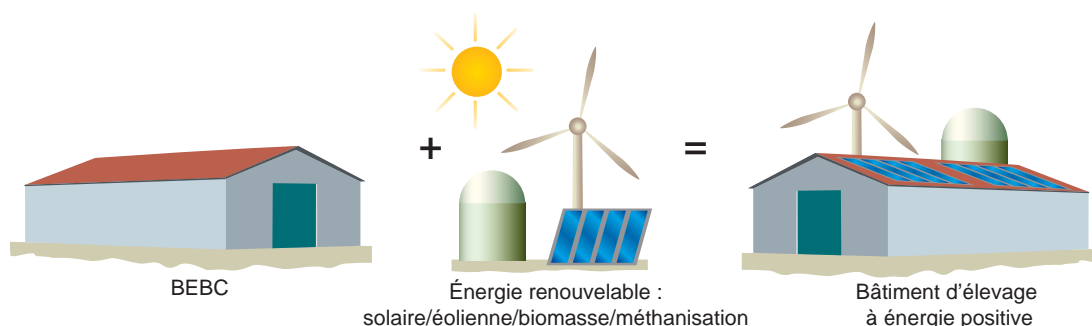
Introduction	3
Partie I : Réduction des consommations	15
La topographie du terrain	17
L'effet des vents dominants	19
L'isolation renforcée des bâtiments	21
Les ponts thermiques	25
L'inertie thermique	27
La régulation.....	29
Le comptage d'énergie	31
L'éclairage	33
La récupération de chaleur par échangeur air/air	37
La récupération de chaleur en sous-toiture.....	39
La récupération de chaleur au cours du stockage de produits organiques avicoles.....	41
Le démarrage en densité élevée et en poussinière	43
L'entretien du matériel	45
Partie II : Production d'énergies renouvelables	49
Les chaudières à biomasse.....	51
La combustion des litières	55
Le solaire photovoltaïque	57
La méthanisation	59
La gazéification	61
L'énergie éolienne	63

Introduction

Un bâtiment à énergie positive, c'est quoi ?

À l'image de la maison à énergie positive du secteur résidentiel, un bâtiment d'élevage à énergie positive est un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Cependant, aboutir à ce type de bâtiment nécessite deux étapes :

1. **Réaliser un bâtiment d'élevage à basse consommation d'énergie (BEBC),**
2. **Compenser les consommations d'énergie restantes par la production d'énergie renouvelable en lien avec le bâtiment d'élevage.**



Cette démarche concerne uniquement les bâtiments d'une exploitation agricole qui abritent des animaux d'élevage. Néanmoins, pour la filière ruminant, le périmètre de la démarche est également étendu aux hangars de stockage (matériels, fumières...) et à la salle de traite.

Les seuils pour obtenir un BEBC

Pour être BEBC, un bâtiment doit respecter une obligation de moyen avec un objectif de résultat. Ainsi, il s'agit de proposer un bâtiment d'élevage qui permet de ne pas dépasser, a priori, un seuil de consommation d'énergie (Cf. Tableau ci-dessous) fixé sur la base des références des consommations de l'année 2009.

Objectifs de résultats pour obtenir un BEBC

	Consommation de référence actuelle	Consommation maximale pour obtenir un BEBC	Unité	Pourcentage d'économie à atteindre
Type de production	Filière avicole			
Volailles de chair en bâtiment fermé*	120	65	kWh/m ² /an	45 %
Volailles de chair avec parcours*	85	65	kWh/m ² /an	25 %
Stade physiologique concerné	Filière porcine			
Maternité	900	540	kWh/place	40 %
Post-sevrage	85	51	kWh/place	40 %
Engraissement	40	20	kWh/place	50 %
Gestation	160	80	kWh/place	50 %
Tous stades confondus	983	491	kWh/truie présente	50 %
Type de bâtiment	Filière ruminant (bovin lait, bovin viande)			
Salle de traite + laiterie	49	29	Wh/litre de lait	41 %
<i>Sont pris en compte : tank à lait, eau chaude, pompe à vide, machine à traire.</i>				
Stabulation VL logettes lisier raclage	209	150	kWh/VL/an	28 %
<i>Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage mécanisé (chaîne carrée ou câble), mélangeuse distributrice.</i>				
Stabulation VL Aire paillée	179	125	kWh/VL/an	30 %
<i>Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage mécanisé hydraulique, curage tracteur des aires paillées, dessileuse pailleuse.</i>				
Stabulation VA Aire paillée alimentation libre-service	114	62	kWh/VA/an	46 %
<i>Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage des couloirs + curage (tracteur), libre-service.</i>				
Stabulation VA Aire paillée alimentation distribuée	129	74	kWh/VA/an	43 %
<i>Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage des couloirs + curage (tracteur), tracteur chargeur.</i>				

* Attention, ce seuil est établi sur la base des références et des rotations annuelles 2008-2009 (ex : poulet standard : 6,30 ; dinde médium 2,4 ; poulets labels : 3,24 ; ...). Si la rotation est différente, il faudra en tenir compte pour pondérer le seuil visé

En raison des écarts de consommation importants liés au **climat**, il est nécessaire de pondérer ces seuils par un coefficient (μ) de correction qui permet de prendre en compte cette diversité climatique (cf. ci-contre).

- en zone verte $\mu = 1$
- en zone jaune $\mu = 1,2$
- en zone orange $\mu = 0,8$

Selon la zone où se trouve le bâtiment d'élevage, il faut donc multiplier le seuil (Cf. Tableau ci-dessus) par le coefficient μ .



Remarque :

Pour les élevages dont les bâtiments se trouvent à plus de **1000 m d'altitude**, $\mu = 1,2$ et ce, quelle que soit la zone géographique.

Situation de référence

Dans cette partie est décrite la situation de référence qui est utilisée pour calculer les économies d'énergie de la partie « Comparer... » de chaque fiche.

Filière Avicole

Dans la filière avicole, les consommations d'énergie de référence utilisées comme base de calcul pour l'ensemble des économies d'énergie sont précisées dans le tableau ci-dessous :

Consommations de référence par m² et par an en production de volaille de chair

Productions concernées	Poste de consommation	Chauffage	Ventilation, éclairage, alimentation, abreuvement...	Groupe électrogène et engins motorisés	Ensemble
	Energie la plus couramment utilisée	Gaz propane	Electricité	Fuel	
Volailles de chair en bâtiment fermé	Consommation/ m ² /an	6,9 kg	15 kWh	1 litre	
	kWh/m ² /an	95	15	10	120
Volailles de chair avec parcours	Consommation/ m ² /an	5,1 kg	7 kWh	0,8 litre	
	kWh/m ² /an	70	7	8	85

Le poste **chauffage** représente 80 % de la consommation totale d'énergie directe de l'atelier avicole. L'énergie la plus fréquemment utilisée est le gaz propane. Les principales utilisations de l'électricité sont l'éclairage, la ventilation, l'alimentation, l'abreuvement.

Il s'agit des consommations de référence de l'année 2009 issues des enquêtes menées en élevage par les Chambres d'agriculture du Grand-Ouest et l'ITAVI.



Les bâtiments utilisés comme référence pour calculer les économies d'énergie ou les investissements complémentaires nécessaires ont les caractéristiques suivantes :

<i>Bâtiment de volailles de chair fermé :</i>	<i>Bâtiment de volailles de chair avec parcours</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Coque traditionnelle de 1 200 m² obscur • Isolation 40 mm mousse Polyuréthane (PU) • Ventilation dynamique • Trappes d'entrée d'air discontinues • Chauffage aérotherme gaz • Régulation centralisée • Sol en terre battue • Absence de système de récupération et de production d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> • Coque traditionnelle de 400 m² clair • Isolation 40 mm mousse Polyuréthane (PU) • Ventilation naturelle par lanterneau • Trappes d'entrée d'air classiques continues • Chauffage radiants gaz • Régulation semi-automatique • Sol en terre battue • Absence de système de récupération et de production d'énergie

Filière Porcine

Dans la filière porcine, les consommations d'énergie de référence utilisées comme base de calcul pour l'ensemble des économies d'énergie sont présentées dans les fiches précisées dans le tableau suivant.

Références des consommations d'énergie par poste et par stade physiologique en production porcine

	Conso. de référence tout type confondu	Conso. de référence chauffage	Conso. de référence ventilation	Conso. de référence alimentation	Conso. de référence éclairage	Unité
Stade physiologique concerné	Filière porcine					
Maternité	900	729	90	9	72	kWh/place
Post-sevrage	85	67	12	1	5	kWh/place
Engraissement	40	0	36	3	1	kWh/place
Gestation	160	0	144	8	8	kWh/place

Il s'agit des consommations de référence pour un élevage naisseur-engraisseur total, dont la coque est composée de panneaux béton isolés (15 cm d'épaisseur), avec une ventilation par salle et un plafond diffuseur de type perflu + 10 cm de laine de verre. L'élevage de référence ne possède aucune technique ou technologie économe en énergie et consomme uniquement de l'électricité pour le **chauffage, la ventilation, l'éclairage et l'alimentation**.



La maternité de référence possède 24 places, le post-sevrage possède 200 places, l'engraissement est également de 200 places et la verraterie-gestante est de 150 places.

Filière Ruminant

Pour concevoir une construction BEBC pour la filière ruminant, il est important de rappeler les spécificités de ces bâtiments d'élevage.

En effet, les élevages de ruminant n'utilisent aucun moyen de chauffage des locaux, à l'exception parfois d'un chauffage très localisé, par exemple en nurserie au moyen d'un radiant infrarouge ou en salle de traite par un chauffage d'appoint. Par conséquent, les économies d'énergie directe ne peuvent pas provenir d'une meilleure isolation des locaux ou d'une optimisation des moyens de chauffage. De plus, aucune économie d'énergie n'est possible pour les dispositifs de ventilation, la très grande majorité des bâtiments pour ruminants étant ventilés naturellement (à l'exception des bâtiments de veaux de boucherie ou encore de quelques chèvres ou bergeries pour ovins laitiers).

Les principales dépenses énergétiques sont engendrées par deux types d'activités, d'une part l'**entretien des aires de vie des animaux et l'alimentation** (fioul par les engins mobiles généralement), d'autre part toutes les opérations liées à la **traite** pour les animaux laitiers (électricité principalement).

En élevage de ruminant, l'objectif de basse consommation d'énergie sera atteint par le recours à des **matériels plus économes** (pompe à vide à débit variable par exemple), par la mise en place de dispositifs de **récupération d'énergie** (récupérateur de chaleur) ou d'une technologie **limitant la consommation d'énergie** (pré-refroidisseur de lait).

Pour les engins mobiles, on cherchera à optimiser le **couple « tracteur + outil »** pour éviter les gaspillages d'énergie liés à l'utilisation d'un tracteur beaucoup trop puissant.

L'**éclairage** des locaux est aussi un point sur lequel une diminution de la consommation est possible par le recours à des dispositifs récents «basse consommation», en particulier pour les éclairages puissants et localisés, généralement peu économes.

Pour la filière ruminant, le tableau ci-après rassemble les consommations d'énergie de référence utilisées comme base de calcul pour l'ensemble des économies d'énergie qui sont décrites dans les fiches de ce guide.

Références des consommations d'énergie pour la filière ruminant
(bovin lait, bovin viande)

Type de bâtiment	Consommation de référence « totale »	Consommation de référence du tank à lait	Consommation de référence eau chaude (ballon à accumulation)	Consommation de référence pompe à vide	Unité
Salle de traite + laiterie	49	22	17	10	Wh/litre de lait

Sont pris en compte : tank à lait, eau chaude, pompe à vide machine à traire.

Type de bâtiment	Consommation de référence « totale »	Consommation de référence éclairage	Consommation de référence raclage	Consommation de référence distribution alimentation et paillage	Unité
Stabulation VL logettes lisier raclage	209	21	8	180	kWh/VL/an

Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage mécanisé (chaîne carrée ou câble), mélangeuse distributrice.

Stabulation VL Aire paillée	179	21	50	108	kWh/VL/an
-----------------------------	-----	----	----	-----	-----------

Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage mécanisé hydraulique, curage tracteur des aires paillées, dessileuse pailleuse.

Stabulation VA Aire paillée alimentation libre-service	114	21	57	36	kWh/VA/an
--	-----	----	----	----	-----------

Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage des couloirs + curage (tracteur), libre-service.

Stabulation VA Aire paillée alimentation distribuée	129	21	57	51	kWh/VA/an
---	-----	----	----	----	-----------

Sont pris en compte : éclairage (sans éclairage la nuit), raclage des couloirs + curage (tracteur), tracteur chargeur.

Parmi toutes les possibilités de combinaisons techniques en bâtiments d'élevage de vaches laitières (VL) ou de vaches allaitantes (VA), les consommations de référence ont été calculées avec des combinaisons de choix techniques courants et cohérents. Le type de bâtiment de référence ne possède aucune technique ou technologie économe en énergie, et consomme plusieurs types d'énergie : électricité pour le raclage mécanisé et pour l'éclairage, fioul pour les engins agricoles.



Pour les vaches laitières, le bâtiment d'élevage de référence loge 80 vaches en production. La première solution (stabulation VL logettes lisier raclage) est une stabulation composée

de logettes, de deux couloirs, d'une distribution avec une remorque mélangeuse distributrice et d'un raclage mécanisé (chaîne carrée ou câble) pour les déjections. La seconde solution (stabulation VL aire paillée) est une stabulation comprenant des logettes avec une aire paillée, deux couloirs, une distribution avec une dessileuse-pailleuse, un raclage mécanisé hydraulique des déjections et un curage au tracteur des aires paillées.

Pour les vaches allaitantes, le bâtiment d'élevage de référence abrite 96 vaches. La première solution (stabulation VA aire paillée alimentation libre-service) est une stabulation composée d'un couloir, d'une aire paillée en pente avec une alimentation libre-service, d'un raclage des couloirs et d'un curage de l'aire paillée au tracteur. La seconde solution (stabulation VA aire paillée alimentation distribuée) est une stabulation comprenant un couloir, une aire paillée en pente avec une alimentation distribuée par un tracteur chargeur, un raclage des couloirs et un curage de l'aire paillée au tracteur.

Partie I : BEBC page 13 à 48

Cette première partie du document présente les fiches permettant de réduire les consommations d'énergie dans un bâtiment d'élevage. Elles concernent soit des technologies économes, soit des pratiques d'élevage économes. Ces fiches sont réalisées dans le même format et proposent toutes une évaluation du coût de la technique/technologie et du gain énergétique associé lorsque c'est possible. Des valeurs de «coût du kWh économisé» et du temps de retour sur investissement seront disponibles.

Le coût du kWh économisé est calculé sur la base du rapport du coût de l'investissement brut / kWh économisé sur la durée de vie de la technique. Par exemple, pour un bâtiment avicole neuf BEBC de 1 200 m² (coque bien isolée avec une consommation de propane annuelle basée sur 5 kg/m²/an, soit 69 kWh/m²/an), disposant d'échangeurs de chaleur coûtant 15 000 € HT pose comprise, avec une durée de vie de 15 ans et une économie d'énergie de 30 % (économie de gaz et surconsommation électrique induites), le coût du kWh économisé sera de :

$$15\ 000\ \text{€} / (1\ 200\ \text{m}^2 \times 69\ \text{kWh} \times 30\ \% \times 15\ \text{ans}) = 0,04\ \text{€} / \text{kWh}$$

Cet indicateur signifie que si l'éleveur paye 1 kWh thermique plus cher que le coût du kWh économisé (0,04 € dans l'exemple, soit un prix de propane de 552 € HT/t), alors l'investissement est rentable.

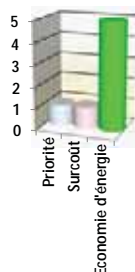
Remarque : Pour un prix du propane à 950 €/t, le prix du kWh thermique est de 0,068 €.

Le coût du kWh économisé permet de prendre en compte la durée de vie du matériel contrairement au temps de retour sur investissement (TRI).

Plus le coût du kWh économisé est faible, plus l'intérêt de la technique est grand. **Il faut absolument que le coût du kWh économisé soit inférieur au prix d'achat moyen de l'énergie.**

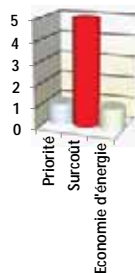
Sur chaque fiche, nous avons positionné un graphique sur lequel sont positionnés 3 indicateurs sur une échelle de 1 à 5 :

1- L'économie d'énergie susceptible d'être générée par l'équipement ou la technique (barre verte) :



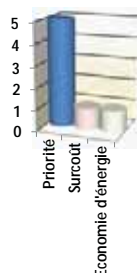
Niveau	Energie économisée par rapport à la consommation totale d'un bâtiment
1	de 1 à moins de 15 kWh/m ² /an
2	de 15 à moins de 30 kWh/m ² /an
3	de 30 à moins de 40 kWh/m ² /an
4	de 40 à moins de 55 kWh/m ² /an
5	55 kWh/m ² /an et plus

2- Le surcoût lié à l'équipement ou la technique (barre rouge) :



Niveau	Surcoût par rapport au prix d'un bâtiment standard défini en page 6
1	de 0 à moins de 5 %
2	de 5 à moins de 10 %
3	de 10 à moins de 25 %
4	de 25 à moins de 50 %
5	50 % et plus

3- Le niveau de priorité (barre bleue) :



Niveau	Priorité exprimée à dire d'expert*
1	Non prioritaire
2	Peu prioritaire
3	Moyennement prioritaire
4	Prioritaire
5	Très prioritaire

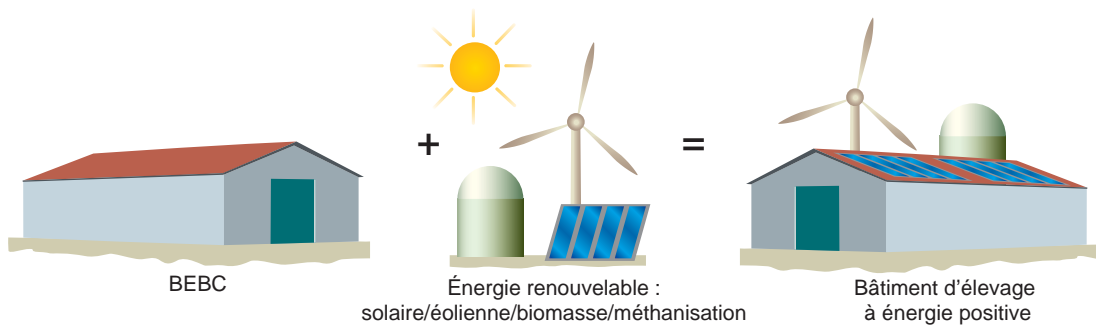
* Ce niveau de priorité est établi, en tenant compte du coût, de l'intérêt énergétique et zootechnique, de la maturité et de l'applicabilité de l'équipement ou de la technique.



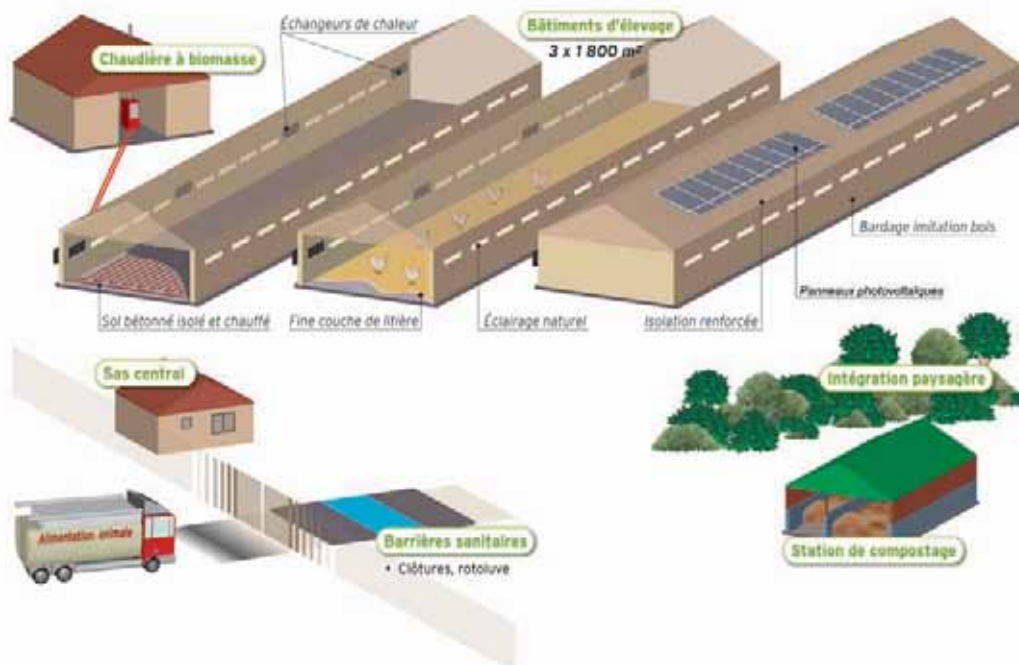
Les éléments de comparaison présentés dans les fiches du guide sont issus d'une moyenne nationale et de prix moyens. Chaque élevage étant spécifique, il est nécessaire d'évaluer la rentabilité d'une technique avec des devis réalisés sur des cas concrets. **Les éléments technico-économiques sont présentés à titre indicatif** et ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble des cas particuliers présents sur le terrain.

Partie II : BEBC+ page 49 à 64

Cette deuxième partie du guide concerne l'ensemble des techniques permettant de produire de l'énergie. Les fiches techniques sont rédigées sur le même format que les fiches «économies d'énergie». Les tarifs de rachat de l'énergie renouvelable présentés dans les fiches sont basés sur l'année 2013. Selon l'évolution de la réglementation des tarifs de rachat, il faudra recalculer les éléments économiques des fiches «production d'énergie++».



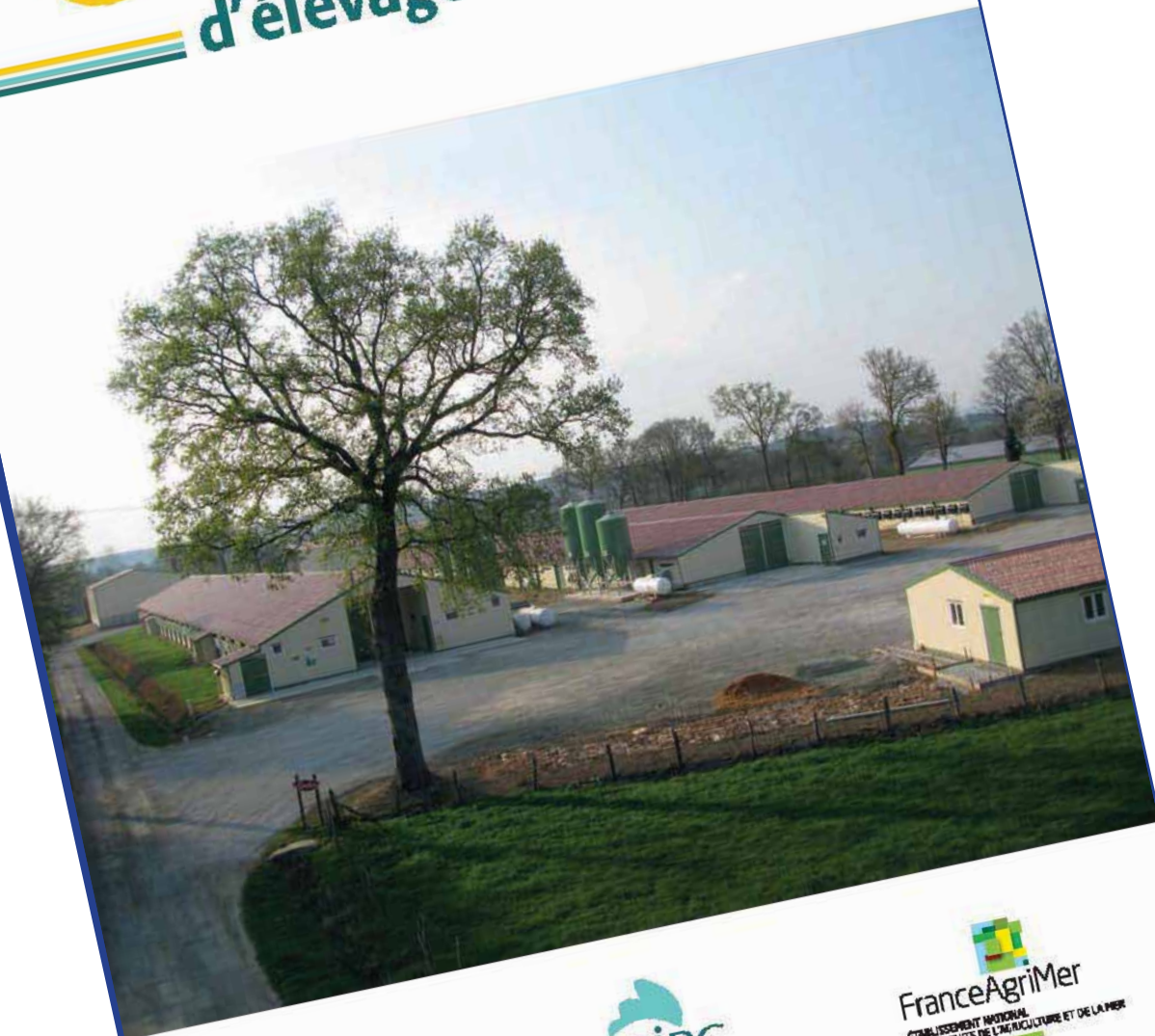
Le bâtiment à énergie positive



L'exploitation avicole du futur



es nouveaux modèles d'élevage avicole

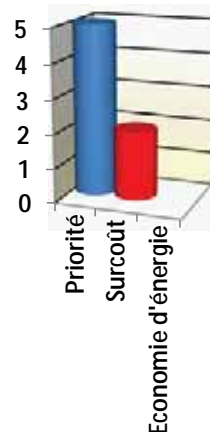


**Télécharger gratuitement
sur le site ITAVI - www.itavi.asso.fr**



Partie I : Réduction des consommations

La topographie du terrain



Quel intérêt ?

La présence de vents trop violents ou au contraire l'absence de vent sur le site d'implantation peut induire un refroidissement ou un réchauffement non maîtrisé du bâtiment d'élevage et ainsi générer des surconsommations d'énergie. Il s'agit d'implanter le bâtiment dans un environnement topographique qui permette de limiter ses besoins en énergie tout en assurant un fonctionnement optimal.

Dans le cas d'un bâtiment avec parcours, on veillera à la facilité d'accès au parcours par les animaux ainsi qu'à la bonne exposition de ce parcours (orientation plutôt au sud).

Comprendre !

L'implantation du bâtiment peut impacter fortement les consommations d'énergie de ce dernier. L'effet du vent sur une construction va générer une différence de pression qui va être à l'origine d'une zone plus froide sur le côté opposé au vent. Le choix d'un lieu d'implantation sain, protégé des vents forts mais aéré, sec et bien drainé, permet un meilleur confort thermique tout en limitant l'utilisation du chauffage en période froide et de la ventilation et/ou du refroidissement en période chaude.

Il faudra veiller également à ne pas implanter la construction à proximité d'un plan d'eau ou au-dessus d'une nappe phréatique. Ces deux cas de figure peuvent générer des remontées d'eau dans le bâtiment par le sol (phénomène de capillarité notamment) notamment en période de chauffe pour les bâtiments chauffés, mais aussi accélérer le vieillissement des matériaux (isolants, structure), voire affaiblir la structure du bâtiment.

Ce type de site présente par ailleurs l'intérêt de réduire, entre autres, les risques de problèmes d'ordre sanitaire (respiratoires, parasitaires, ...) (Cf. Figures 1, 2 3).

En pratique pour un bâtiment BEBC

Les obstacles peuvent casser la vitesse du vent mais peuvent aussi être à l'origine de turbulence. La distance minimale conseillée entre deux bâtiments d'élevage est de 50 m (aspects sanitaires), toutefois celle-ci pourra être ramenée à 20 m s'il existe une haie de végétaux entre les bâtiments.

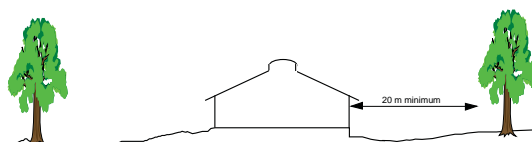
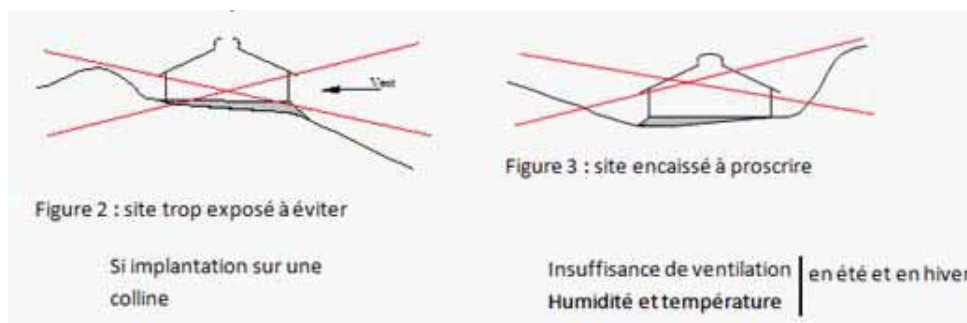


Figure 1 : éviter les obstacles trop proches

On veillera par ailleurs à éviter les sites trop exposés ou trop encaissés, dans le premier cas en raison d'un risque de vent trop important ; dans le deuxième cas en raison de risque de trop fortes humidités et/ou températures.



Le lieu d'implantation sera également choisi pour ses facilités d'accès (véhicules de transport) et de raccordement (eau, électricité, ...).

Lors du choix du site, il est recommandé de ne pas prendre la décision tout seul. Consulter un technicien spécialisé en bâtiment d'élevage afin de limiter le risque d'erreur à ce niveau, risque difficilement récupérable par la suite, surtout en bâtiment à ventilation naturelle.

A retenir

La plantation d'une haie pourra être recommandée, elle limitera les effets du vent. Il est conseillé de l'implanter à une distance d'au moins 20 mètres pour prendre en compte le risque sanitaire et ne pas perturber le bon fonctionnement de la ventilation.

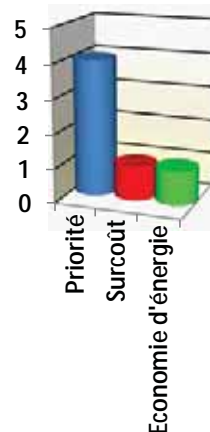
Le calcul d'une protection par brise-vent dépend de nombreux facteurs et se révèle complexe. Cependant on pourra retenir qu'une plantation de végétaux dont la perméabilité à l'air est de 50 % offre une protection aux vents sur une distance approximativement égale à 20 fois sa hauteur. On veillera à ce que la base du brise-vent soit également plantée pour obtenir une protection à peu près homogène sur toute la hauteur du bâtiment.

Les deux extrémités de la haie ainsi formée devront dépasser assez nettement les extrémités du bâtiment et leur perméabilité ira, dans la mesure du possible, en décroissant.

Les arbres ne devront pas être plantés trop près des bâtiments pour éviter les chutes de branches, le colmatage du lanterneau par les feuilles mortes (en cas de ventilation naturelle) ou du faîtage (en ventilation dynamique) et la perturbation des circuits d'air.

Dans l'hypothèse où le bâtiment est implanté à proximité de feuillus, en automne, il est nécessaire d'enlever régulièrement les feuilles mortes des circuits de ventilation et des gouttières (quel que soit le type de bâtiment).

L'effet des vents dominants



Quel intérêt ?

Limiter les effets négatifs du vent et profiter de ses atouts.

Comprendre !

Bâtiment à ventilation naturelle

Dit «statique» : si le choix du futur BEBC s'oriente vers un bâtiment à ventilation naturelle, il conviendra de l'orienter correctement par rapport aux vents dominants pour éviter les désordres de ventilation et utiliser l'énergie du vent. Lorsqu'un bâtiment à ventilation naturelle est implanté pignon plein vent, on peut observer des troubles de ventilation liés aux circuits d'air défailants. Ceci est dû aux entrées et sorties de l'air qui se font aléatoirement sur la longueur du bâtiment avec de possibles entrées d'air en faitage. Ces phénomènes risquent de provoquer une hétérogénéité de la ventilation sur la zone d'élevage, des renouvellements d'air inadaptés (insuffisances ou excès) ou des chutes d'air froid sur les animaux. Si cette implantation n'est pas possible, orienter son choix plutôt vers un bâtiment à ventilation «dynamique».

Bâtiment à ventilation mécanique

Dit «dynamique» : si le choix se tourne vers ce type de bâtiment, il faut veiller à ce que les vents dominants ne contrarient pas l'action des ventilateurs. Ainsi pour des extracteurs positionnés en parois latérales, il est souhaitable que ceux-ci se trouvent sur la face opposée aux vents dominants. Dans cette hypothèse les trappes d'entrées d'air se trouveront sur la façade exposée aux vents, il conviendra de protéger celles-ci par des capots ou des jupes. Toutefois, si l'environnement du bâtiment ne permettait pas cette orientation en raison par exemple d'un flux d'air orienté vers des tiers ou d'entrées d'air sous le vent d'un autre bâtiment d'élevage, il reste possible de positionner les ventilateurs face aux vents dominants en les protégeant par des capots adaptés ou des dispositifs brise-vent.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Pour un bâtiment à ventilation «statique» :

Positionner l'axe du bâtiment suivant un angle d'environ 90° par rapport aux vents dominants si possible (Cf Figure 1).

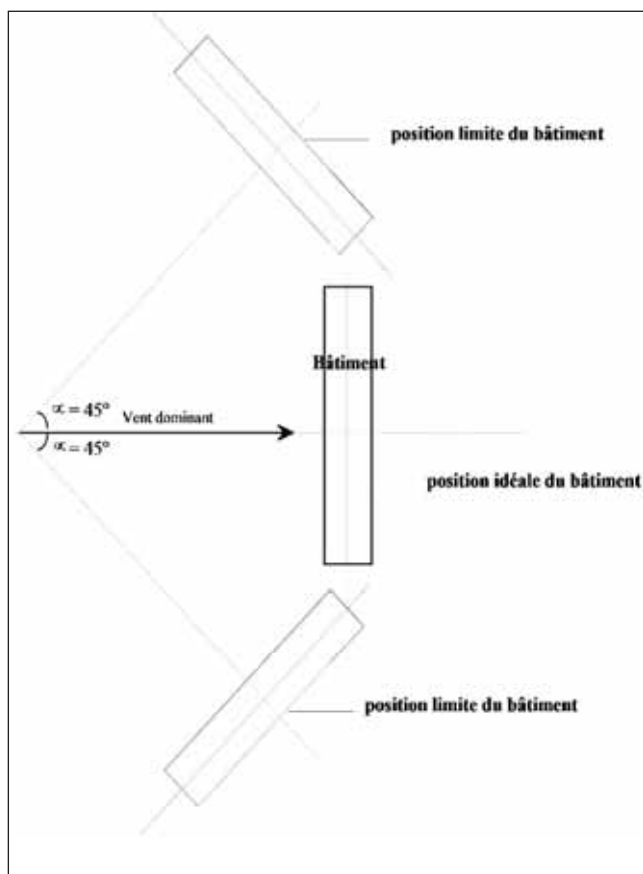


Figure 1 : Implantation d'un bâtiment «statique»

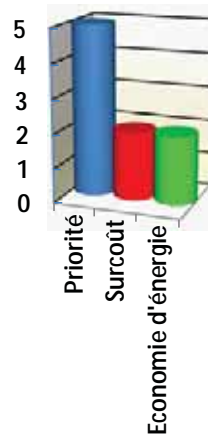
Pour un bâtiment à ventilation «dynamique» :

Positionner les ventilateurs sur une façade protégée des vents dominants.

Références

- *La gestion technique des bâtiments avicoles - Sciences et Techniques Avicoles - hors série Septembre 1998, 64 pages.*
- *La prévention du coup de chaleur en aviculture - Sciences et Techniques Avicoles - hors série Mai 2004, 64 pages.*

L'isolation renforcée des bâtiments



Quel intérêt ?

Les volailles sont homéothermes et requièrent des températures ambiantes élevées durant la phase de démarrage (33 à 34°C en production de dinde).

Avant d'être emplumées, elles sont très sensibles aux stress thermiques.

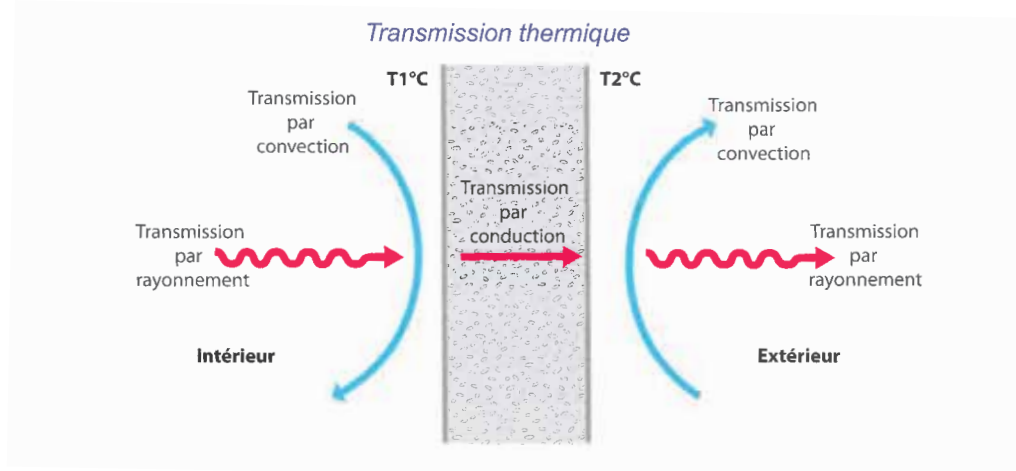
La bonne isolation d'un poulailler doit rendre les conditions d'ambiance intérieure les plus indépendantes possibles des conditions climatiques extérieures, afin d'éviter tout stress thermique pour les volailles, tout en limitant les consommations d'énergie pour le chauffage ou le refroidissement.

L'isolation doit également être efficace en été en situation de coup de chaleur.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,032 €	0,043 €

Comprendre !

De manière générale, depuis l'intérieur du poulailler, les calories atteignent les parois extérieures par convection et rayonnement, passent au travers de celle-ci par **conduction**, et s'échappent à nouveau par **convection et rayonnement**.



Le but de l'isolation thermique est donc de diminuer les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur par interposition d'un matériau ayant la capacité de conduction la plus faible possible, c'est à dire la résistance thermique la plus forte.

Le coefficient U est directement transmis par le fournisseur dès lors que les matériaux sont certifiés ACERMI. Dans le cas contraire, U peut se calculer selon la formule suivante :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda}}$$

h_i et h_e correspondant aux résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs et extérieurs avec $1/h_i + 1/h_e = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pour une paroi et $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pour un plafond. e = épaisseur du matériau en m et λ la conductivité thermique du matériau en $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Les matériaux isolants sont caractérisés par leur coefficient de conductivité thermique

lambda (λ) et par leur coefficient de transmission surfacique. Plus ces coefficients sont faibles, meilleur est le pouvoir isolant du matériau (λ) ou de la paroi (U).

Le coefficient λ s'exprime en $W/(m.K)$, il correspond à la quantité de chaleur qui traverse en une heure un matériau d'une épaisseur d'un mètre, et ceci pour une différence de un degré entre les deux faces.

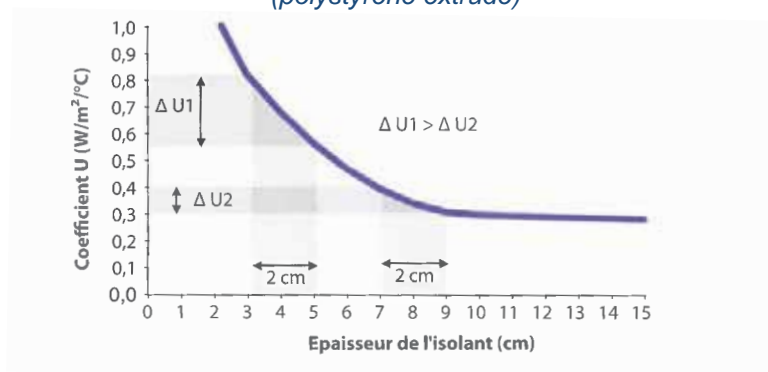
Le coefficient U s'exprime en $W/(m^2.K)$, il correspond à la quantité de chaleur qui traverse en une heure une surface d'un mètre carré d'une paroi composée de un ou plusieurs matériaux en tenant compte de l'épaisseur réelle et du lambda (λ) de chacun de ces matériaux ainsi que de la situation de la paroi (horizontale ou verticale). Ceci pour une différence de un degré entre les deux faces.

Certains fournisseurs de matériaux indiquent un autre coefficient thermique appelé R. Il s'agit de la résistance thermique, exprimée en $m^2.K/W$. Elle caractérise la résistance d'un isolant aux flux de chaleur. Elle dépend de la conductivité thermique (λ) et de l'épaisseur (e) de l'isolant selon la formule : e/λ . Elle correspond aussi à la formule $1/U$. Ainsi, à l'inverse du coefficient U, plus la résistance thermique R est grande, plus le matériau est isolant. Ces trois coefficients sont ainsi corrélés : si le λ baisse, le R augmente et le U diminue.

Pour une bonne efficacité, toutes les parois du bâtiment doivent être isolées. La toiture qui représente 70 % de la surface des parois est l'élément le plus important du bâtiment suivi des soubassements, des parois et du sol.

Le choix des matériaux isolants pour les bâtiments avicoles devra aussi prendre en compte leurs caractéristiques de résistance au feu et à l'humidité, aux dégâts des rongeurs et des insectes et à la pression lors des lavages.

Evolution de U en fonction de l'épaisseur de l'isolant dans une paroi sandwich (polystyrène extrudé)



Le graphique ci-dessus montre que le coefficient U n'est pas directement proportionnel à l'épaisseur de l'isolant. **Augmenter de 2 cm l'épaisseur de l'isolant entre 3 et 5 cm aura plus d'impact qu'entre 7 et 9 cm.**

Quelques valeurs de "U" pour les principaux matériaux isolants utilisés en aviculture*

Mousse de Polyuréthane (PU) ou de Polysocyanurate (PIR) (avec $\lambda = 0,024$)				
Epaisseur en mm	30	40	50	60
U Paroi en W/(m ² .K)	0,70	0,54	0,44	0,37
U plafond en W/(m ² .K)	0,72	0,55	0,45	0,38
Polystyrène extrudé (avec $\lambda = 0.031$)				
Epaisseur en mm	30	40	50	60
U Paroi en W/(m ² .K)	0,88	0,68	0,56	0,47
U plafond en W/(m ² .K)	0,90	0,70	0,57	0,48
Laine minérale (avec $\lambda = 0.044$)				
Epaisseur en mm	50	75	100	200
U Paroi en W/(m ² .K)	0,63	0,43	0,33	0,17
U plafond en W/(m ² .K)	0,64	0,44	0,33	0,17

**Attention, ces valeurs de U sont données à titre indicatif pour des matériaux souvent retrouvés sur le terrain. Elles peuvent toutefois différer pour une même nature de matériau par exemple en fonction de sa densité. Il est ainsi recommandé de demander aux fournisseurs les caractéristiques spécifiques des matériaux choisis.*

En pratique pour un bâtiment BEBC

Dans le cadre du BEBC, le seuil de consommation en énergie directe finale pour les productions de volailles de chair est fixé à 65 kWh/m²/an. Ce seuil peut être pondéré selon la zone climatique où se situe l'élevage. Les consommations d'électricité et de fuel étant modestes et les moyens de les réduire limités, un effort particulier doit être porté sur le poste chauffage. Le seuil BEBC ne peut être atteint que si l'isolation du poulailler est parfaitement maîtrisée.

Coefficients d'isolation visés pour atteindre le seuil BEBC en production de volailles de chair

Partie du bâtiment concernée	Coefficient U maxi en W/(m².K)
Plafond	<0,40
Longs pans et pignons	<0,60 *
Soubassements (sur 0,40 m haut et 0,20 m dans le sol)	<0,90

**Ce coefficient est une moyenne qui doit prendre en compte les surfaces occupées par les portes, portails, trappes, fenêtres, obturateurs des systèmes de ventilation et de récupération de chaleur...*

Le sol doit être drainé en périphérie du poulailler (gouttières, fossés pour collecter et évacuer les eaux de toiture et périphériques) et surélevé par rapport au niveau extérieur. Si le sol est en terre battue, il faut privilégier des matériaux drainants plutôt que l'argile. Si le sol est bétonné, un film polyane doit être disposé sous la dalle, afin d'empêcher les remontées d'humidité. Le béton devra également être isolé en périphérie sur un mètre de large. Dans le cas d'un plancher chauffant, la dalle devra être intégralement isolée. Le soubassement (longrines béton par exemple) devra être isolé et la partie enterrée devra impérativement descendre au-dessous du niveau du béton, ou du sol terre battue, ceci afin d'éviter les ponts thermiques et les phénomènes de condensation.

A la réception des travaux, il est recommandé d'effectuer une thermographie du bâtiment par caméra infra rouge, afin de repérer les éventuels défauts d'isolation et d'y remédier.

Par ailleurs pour vérifier l'étanchéité du bâtiment, il est possible de réaliser un test à la dépression. La dépression, ouvrants complètement fermés, doit se situer entre 60 et 80 Pascals lorsqu'un ventilateur assurant un renouvellement égal à 3 volumes de bâtiment par heure est en fonctionnement. Aucune entrée d'air parasite ne devra être constatée, principalement au niveau des animaux.

Comparer...

Exemples de matériaux isolants utilisables en toiture pour atteindre le seuil BEBC en production de volailles de chair

Matériaux et épaisseur à mettre en oeuvre	Coefficient U
Panneaux de mousse de Polyuréthane de 60 mm d'épaisseur ($\lambda=0,024$)	0,38
Association de panneaux de 40 mm de mousse de Polyuréthane ($\lambda=0,024$) et de 100 mm de laine de verre ($\lambda=0,035$)	0,21
Association de panneaux de 40 mm de mousse de Polyuréthane ($\lambda=0,024$) et de 180 mm de laine de verre ($\lambda=0,035$)	0,14

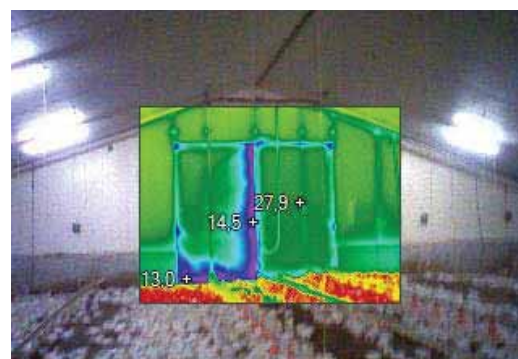
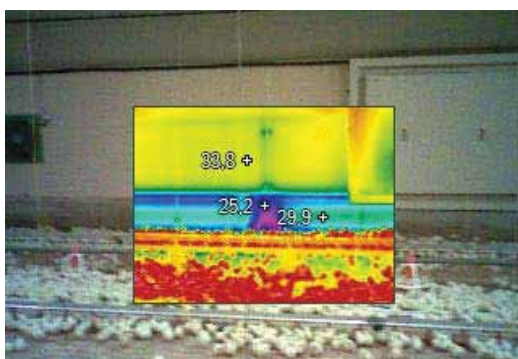
**L'épaisseur des panneaux de mousse de polyuréthane couramment employée dans le secteur avicole est 50 mm*

A retenir

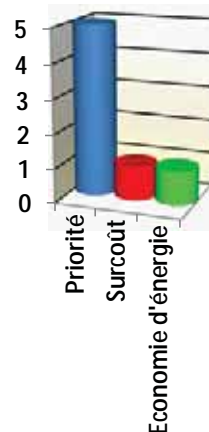
La mise en œuvre des matériaux isolants au moment de la construction du poulailler requiert beaucoup de rigueur de la part des intervenants, afin d'éviter les phénomènes de ponts thermiques et les défauts d'étanchéité. Une attention particulière doit être portée aux jonctions entre les différents éléments du bâti (structure et isolants).

Lorsque le poulailler est éclairé naturellement, il est impératif d'isoler les fenêtres afin de limiter les déperditions thermiques (double vitrage et volets obturateurs).

Exemples de défauts d'isolation observés à la caméra infra-rouge



Les ponts thermiques



Quel intérêt ?

Limiter les consommations de chauffage par la réduction des **ponts thermiques**.

Comprendre !

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une variation de résistance thermique, en général à la jonction de deux parois.

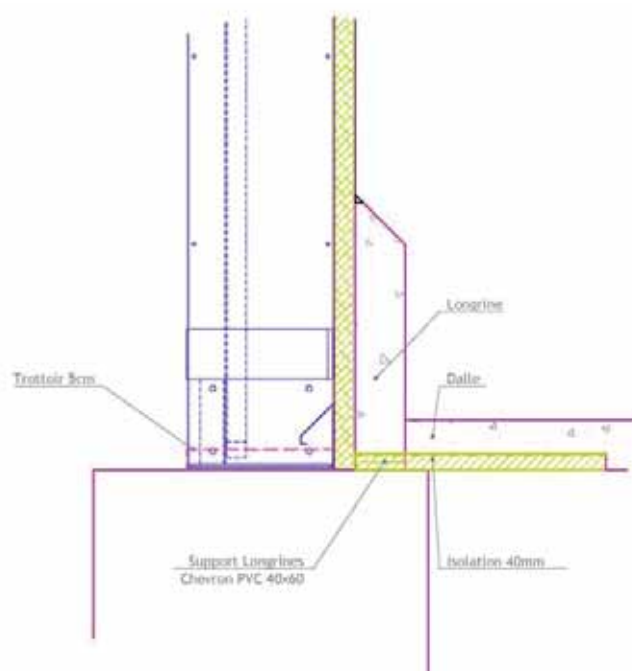
Un pont thermique est donc créé si :

- il y a changement de la géométrie de l'enveloppe,
- il y a changement de matériaux et/ou de résistance thermique.



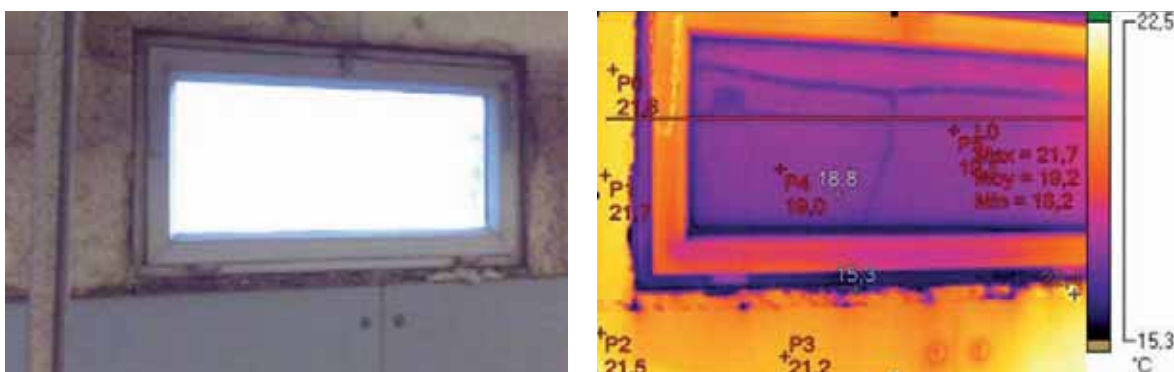
Les ponts thermiques constituent des zones de forte déperdition favorisant la condensation.

Exemple de rupture de pont thermique entre l'intérieur et l'extérieur au niveau du soubassement. (entre la longrine, la dalle du bâtiment et le poteau par le positionnement d'isolants).



En pratique pour un bâtiment BEBC

Dans des bâtiments à faible consommation énergétique, il est primordial d'avoir une forte résistance thermique pour les parois et de s'assurer d'avoir de faibles pertes de chaleur au niveau des jonctions. Pour ce faire, on peut agir dès la conception en construisant son mur avec un **matériau isolant** (panneau béton isolé et brique monomur isolée etc.). Une autre solution consiste à isoler par l'extérieur. La mise en œuvre de la ceinture en partie haute des murs en panneaux de béton est souvent à l'origine d'un pont thermique. Ce pont thermique provoque de la condensation qui peut être atténuée par la pose d'une bande d'isolant.



Comparer...

Au vu des pertes thermiques liées aux ponts thermiques, les investissements nécessaires pour réaliser des ruptures de ponts thermiques dépassent les 30 ans de temps de retour sur investissement.

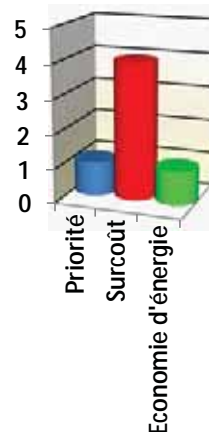
	Fenêtre	Porte	Panneau béton 20 cm
U en W/m ² de surface / C° d'écart	3,25	2,9	0,41
Pertes linéiques en W/m linéaire de contours / C°	0,07	-	-

A retenir

Les ponts thermiques sont à l'origine de moins de 5 % des pertes thermiques des bâtiments isolés.

Cependant, même si ces ponts thermiques ont une faible incidence sur le coût énergétique, ils peuvent avoir de grandes conséquences sur les performances zootechniques. En effet, s'ils se situent dans la zone de vie des volailles, ils constituent des parois froides qui vont impacter directement la température perçue par l'animal et risquent de générer des pathologies.

L'inertie thermique



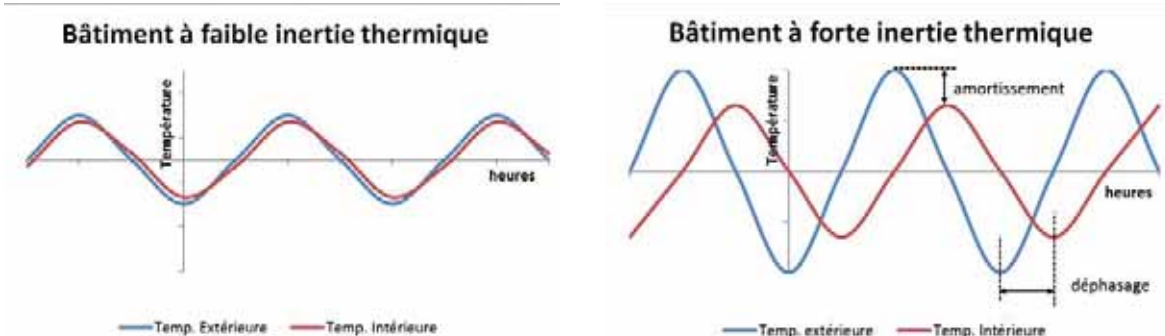
Quel intérêt ?

Réduire les consommations d'énergie en profitant de l'inertie thermique des matériaux.

Comprendre !

Lorsqu'un matériau se trouve à l'équilibre thermique, sa température est fixe et les échanges de chaleur (par conduction, convection, rayonnement) qu'il a avec son environnement sont équilibrés : il reçoit autant de chaleur qu'il n'en cède. L'inertie thermique de ce matériau représente la résistance au changement de sa température lorsqu'intervient une perturbation de cet équilibre thermique. Si la perturbation l'amène vers une nouvelle température d'équilibre, l'inertie est mise en évidence par la «lenteur» avec laquelle ce nouveau point d'équilibre est atteint.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,558 €	0,625 €



Malgré l'inertie thermique des matériaux, la température à l'intérieur du bâtiment suit nécessairement des variations, mais avec un amortissement, qui permet d'atténuer les effets des canicules ou des grands froids et un déphasage, qui permet d'en retarder les effets. Ainsi en intersaison le froid du soir pénètre dans le bâtiment après plusieurs heures et de manière progressive et en journée l'été, lorsque la température extérieure monte, le bâtiment se réchauffe également plus lentement. Ce phénomène permet de lisser le fonctionnement du chauffage et de la ventilation et donc peut contribuer à réaliser une économie d'énergie sur ces deux postes. A titre d'exemple, l'inertie fonctionne comme un barrage hydraulique. Elle permet de réguler la température quelles que soient les conditions climatiques, comme le barrage permet, en stockant l'eau, d'avoir un débit régulier quel que soit le niveau des précipitations.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Les panneaux sandwich utilisés traditionnellement en France dans la construction des poulaillers sont des matériaux à faible inertie thermique, alors que dans les pays du nord de l'Europe, les longs pans et les pignons des poulaillers sont souvent constitués de briques rouges dont l'inertie est plus élevée.

Un phénomène bien connu des aviculteurs est la forte inertie d'un sol béton. Ainsi pour monter à température un plancher béton, il est nécessaire de préchauffer le poulailler pendant plusieurs jours en hiver, ce qui génère une consommation de chauffage supérieure en phase de préchauffage.

Par contre, dès que le béton a atteint l'équilibre thermique, le chauffage est moins sollicité.

L'inertie thermique d'un plancher béton peut être source de fortes économies de chauffage lorsque la durée de vide entre 2 lots de volailles est courte. La dalle se refroidit très lentement après l'enlèvement des volailles et nécessite peu d'énergie pour être maintenue en température. Au démarrage du lot suivant, elle restitue l'énergie accumulée, générant du même coup une substantielle économie de chauffage.

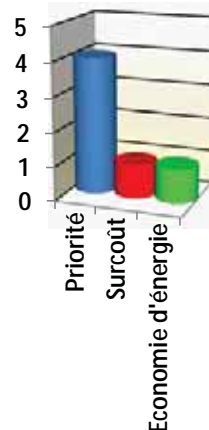
A retenir

Autant que l'économie d'énergie potentielle, l'inertie thermique des matériaux apporte également du confort aux volailles en écrêtant les variations de température à partir du moment où ce matériau est à la bonne température.

Un plancher béton a une forte inertie thermique :



La régulation



Quel intérêt ?

Le boîtier de régulation a pour fonction de piloter les différents équipements de gestion de l'ambiance. Il permet de coordonner les actions du chauffage, de la ventilation, de la récupération de chaleur par échangeur d'air ou encore de la brumisation. Il a également de plus en plus une fonction de traçabilité et de comptage (enregistrements des températures, des consommations d'eau, d'aliment et d'énergie, poids des volailles...) et peut déclencher des alarmes en cas de dysfonctionnement. L'éclairage est également piloté par le boîtier, tant pour ce qui concerne le programme d'allumage et d'extinction que pour l'intensité lumineuse.

Coût du kWh économisé

Standard	Label
0,018 €	0,052 €

Comprendre !

Les paramètres contrôlés sont nombreux et difficiles à évaluer directement par l'éleveur (température, hygrométrie, dépression, vitesses et circuits d'air...).

Les conditions d'élevage des volailles sont également très variables selon l'âge. Les températures peuvent ainsi varier de 34 à 18 °C entre le début et la fin du lot, alors que le renouvellement d'air peut passer de 0,8 à 200 m³/heure/m² sur la même période.

Les boîtiers de régulation permettent d'optimiser les réglages, limitent les interventions manuelles qui requièrent une forte présence de l'éleveur et permettent de réaliser des économies d'énergie en adaptant le niveau de fonctionnement du chauffage et de la ventilation aux besoins réels des volailles.

Les boîtiers de régulation reçoivent en permanence des informations en provenance des différents capteurs sous la forme de micro courants électriques. Ces informations sont comparées aux consignes que l'éleveur et l'installateur ont programmées. Si les informations relevées diffèrent sensiblement des consignes, un calcul de correction est effectué et un ordre est lancé par le boîtier de régulation vers les organes de gestion de l'ambiance.

S'il s'agit d'un matériel qui fonctionne en tout rien, un aérotherme de chauffage par exemple ou groupe de ventilation, cet ordre passe par un relais électrique, avant d'arriver au contacteur du moteur.

Dans le cas d'un fonctionnement en progressif, trappe de ventilation ou chauffage progressif par exemple, la commande part du boîtier de régulation sous la forme d'un signal électrique basse tension d'intensité variable.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Les différents capteurs reliés au boîtier de régulation doivent être vérifiés au moins une fois par an. Ils sont en effet placés en milieu agressif et peuvent se dérégler (humidité, poussière et ammoniac).

Leur étalonnage est possible, mais nécessite l'usage d'un matériel étalon performant, ainsi qu'une grande rigueur dans la méthode.

Cet étalonnage doit être réalisé en période de démarrage (idéalement bâtiment chauffé avant arrivée des poussins, chauffage en veille et ventilation arrêtée).

Une première personne effectue les mesures aux différents points de contrôles (sondes), alors qu'une seconde reste devant le boîtier de régulation et prend note des données affichées à l'écran, ainsi que des mesures effectuées par le premier opérateur.

Le matériel qui sert à effectuer les contrôles doit être à la température ambiante du poulailler. En hiver, il faut donc le rentrer dans le bâtiment plusieurs minutes avant de pouvoir s'en servir.

Les capteurs de température doivent être convenablement placés, afin qu'ils fournissent les informations les plus fiables. Ainsi, il faut éviter les courants d'air ou au contraire la proximité d'une source de chaleur ou encore le rayonnement solaire direct.

Ils doivent également être placés à la bonne hauteur, c'est à dire juste au-dessus de la tête des volailles (en évitant que celles-ci puissent les endommager).

Le capteur d'hygrométrie est très sensible. Il faut absolument le protéger du contact direct avec l'eau et éviter les niveaux d'empoussièrement élevés.

Pour optimiser le fonctionnement des différents matériels de gestion de l'ambiance (chauffage, ventilation, brumisation, récupération de chaleur), il est préférable de centraliser ces fonctions sur un seul et même boîtier de régulation. En utilisant les mêmes capteurs, les risques de fonctionnement anarchique sont également réduits.

Comparer...

Alors qu'une maison d'habitation requiert une température de 19 à 20 degrés et un renouvellement d'air très faible quasi constants, notre bâtiment d'élevage doit satisfaire à des besoins qui sont très évolutifs selon l'âge des volailles.

La conduite d'un poulailler à basse consommation d'énergie requiert de la précision et il est inutile de concevoir une coque performante sur le plan thermique, c'est à dire très étanche et isolée, si la gestion du matériel de chauffage et de ventilation n'est pas optimisée.

Cette précision ne peut être obtenue autrement que par l'automatisation et la commande par informatique des différents organes de gestion de l'ambiance.

Ces équipements, aussi performants soient-ils, ne remplacent cependant pas totalement l'éleveur. Ce dernier doit rester très vigilant au comportement des volailles, afin d'adapter les réglages.

De la même manière qu'il est nécessaire de vérifier périodiquement les capteurs, il est également essentiel de procéder de la même manière pour les organes de commandes des trappes ou des vannes motorisées de chauffage (butées de fin de course et potentiomètres de recopie).

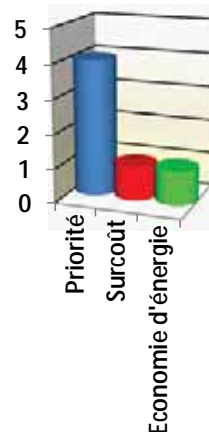
A retenir

Les boîtiers de nouvelle génération permettent d'enregistrer les consommations d'énergie. Pour ce qui concerne le chauffage au gaz, un compteur volumétrique permet de suivre heure par heure les consommations.

De la même manière, les boîtiers peuvent enregistrer la consommation électrique d'un équipement particulier ou d'un ensemble d'équipements (poste ventilation par exemple), voire de la totalité du poulailler.

Ces relevés de consommation associés aux enregistrements des paramètres d'ambiance permettent de mieux comprendre le fonctionnement du poulailler et les nombreux facteurs qui inter agissent sur les consommations d'énergie. A partir de ces informations, il devient alors possible de modifier certains réglages et de réduire la facture énergétique.

Le comptage d'énergie



Quel intérêt ?

L'installation de dispositifs de comptage d'énergie pour le bâtiment d'élevage a pour objectif de mesurer le niveau de consommation d'énergie et d'être ainsi en mesure de contrôler son évolution dans le temps ainsi que son éventuelle dérive. Elle permettra de vérifier que la consommation du bâtiment se situe en deçà du seuil défini pour être BEBC. Elle fournira également la possibilité de comparer les consommations à des références et à des objectifs. En cas de modification de pratiques ou d'équipements en vue de réaliser des économies d'énergie le comptage permettra en outre de mesurer les gains obtenus et de guider l'éleveur dans ses choix.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,009 €	0,042 €

Comprendre !

Le comptage sera placé entre l'alimentation en énergie et les appareils dont on désire contrôler la consommation. Il peut être réalisé par un compteur basique équipé d'un simple affichage que l'utilisateur devra relever régulièrement ou à partir d'un compteur plus sophistiqué qui peut même, pour les appareils les plus performants, enregistrer selon un pas de temps déterminé l'énergie qui le traverse.

On peut distinguer différents types de compteurs :

Les compteurs électriques : les compteurs électromécaniques (à disque) et électroniques

Ces derniers peuvent se présenter sous plusieurs formes : classiques, modulaires (ils s'installent alors dans l'armoire électrique). Ils fournissent une indication de consommation d'énergie en kWh et pour certains peuvent délivrer des impulsions.

Les compteurs de gaz (GPL ou Gaz Naturel)

Ce sont généralement des compteurs à membrane qui sont utilisés compte tenu des faibles débits, ils fournissent sur un afficheur à molette une indication en dm^3 et m^3 . Pour un grand nombre ils peuvent-être équipés (en option) d'un générateur d'impulsions. Il sera parfois nécessaire de convertir l'unité de sortie (dm^3) en une autre unité pour comparer aux quantités livrées (par exemple en t pour le propane) ou même à des références de consommation.

Les compteurs d'énergie thermique

Ils sont habituellement utilisés dans le cas de circuits de chauffage par eau chaude (chaudière biomasse et aérothermes eau chaude par exemple). Ils se composent d'un débitmètre qui détermine le volume de liquide passant, auquel sont associées 2 sondes de température. La première sonde mesure la température sur le départ du circuit, la deuxième sonde mesure la température sur le retour du circuit. Un dispositif assure l'intégration des données, à partir du différentiel de température entre les deux sondes associé au débit permet de déterminer la consommation d'énergie. Ils fournissent une information calculée qui peut être exprimée en différentes unités selon les appareils.

Les compteurs de fioul

Ce sont essentiellement des volucompteurs qui vont comptabiliser le passage de fioul. Attention aux dispositifs (type chaudière) pour lesquels il existe un retour à la cuve, pour obtenir une donnée fiable, il est nécessaire que seul le circuit allant au gicleur soit comptabilisé. L'information fournie est alors généralement donnée en litres.

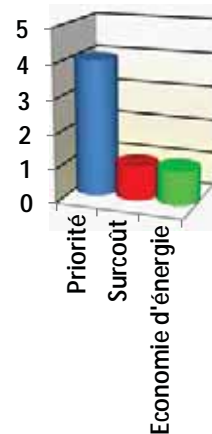
En pratique pour un bâtiment BEBC

Il sera installé au minimum un comptage global pour chaque type d'énergie consommé par le bâtiment. Pour présenter un intérêt et permettre une réelle analyse, le comptage devra être aussi précis que possible et concerner au moins les grands postes de consommation. Il est donc conseillé de poser en plus, des sous-compteurs sur les principaux postes consommateurs (par exemple pour la consommation électrique ventilation, éclairage, ...).

A retenir

Les derniers appareils de régulation utilisés en bâtiments hors sol sont de plus en plus souvent équipés de dispositifs de comptage intégrés et/ou de compteurs d'impulsions permettant de raccorder les compteurs équipés d'un générateur d'impulsions. Ces appareils permettent de disposer d'un historique de la consommation sur une certaine période (par exemple un lot en volailles) et d'en apprécier la cinétique (en volailles, la consommation d'énergie liée au chauffage est importante en début de lot puis elle décroît et devient nulle, alors que l'électricité mobilisée par les postes ventilation et alimentation augmentent en cours de lot).

L'éclairage



Eclairage naturel

Quel intérêt ?

Diminuer les consommations d'énergie dues à l'éclairage du bâtiment d'élevage par l'utilisation de la lumière naturelle et par des équipements à basse consommation d'énergie en complément.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,370 €	NC €

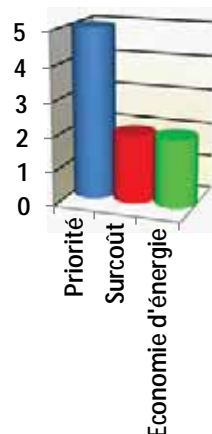
Comprendre !

Les exigences de lumière pendant la phase d'élevage sont liées d'une part aux besoins de la production (exigences physiologiques des animaux et comportementales), d'autre part au confort de travail des intervenants (éleveurs et prestataires) et enfin aux contraintes réglementaires (réglementation sur le bien-être animal notamment). Ainsi, selon la réglementation sur le bien-être du poulet de chair, une capacité d'éclairage minimale de 20 lux sur 80 % de la surface d'élevage devra être disponible.

Les jeunes oiseaux ont une acuité visuelle réduite et doivent disposer, pendant la phase de démarrage, d'un environnement bien éclairé pour repérer facilement l'aliment et la boisson. Les recommandations sont alors de disposer d'un éclairage à l'aplomb des sources de 40 à 50 lux pour des poussins, de 80 à 100 lux pour des dindonneaux, de 30 à 50 lux pour des pintadeaux et de 20 à 30 lux pour des canetons.

Ces niveaux d'éclairage peuvent être obtenus par l'utilisation de la lumière naturelle et/ou par un éclairage artificiel. Ce dernier sera utilisé en complément de la lumière naturelle, lorsque l'éclairage sera insuffisant à l'intérieur du bâtiment, durant la nuit ou par temps sombre.

La consommation électrique moyenne liée à l'éclairage d'un bâtiment avicole fermé est estimée annuellement entre 3 et 6,5 kWh/m² selon la production et l'utilisation ou non de lumière naturelle.



Eclairage artificiel

L'utilisation de la lumière naturelle

La luminosité extérieure ne coûte rien, si ce n'est l'investissement pour lui permettre d'entrer dans le bâtiment (fenêtres, trappes, éléments translucides, ...). Toutefois, l'implantation de ces systèmes sur la coque va générer des ruptures dans l'isolation du bâtiment. La dépense énergétique en chauffage, en période froide, peut donc être plus importante que le gain énergétique obtenu par la baisse de consommation électrique. Inversement, les apports solaires à travers ces parois transparentes peuvent accroître la température dans le bâtiment notamment en période chaude.

Pour limiter ces déperditions thermiques, il conviendra de prendre des précautions et de bien choisir les éléments qui vont être incorporés sur la coque du bâtiment pour y introduire la lumière ainsi que leur possibilité d'isolation pendant les phases chauffées les plus critiques. Le dispositif isolant pourra également être utilisé pour limiter les apports de lumière (volets obturateurs et isolants, casquettes, ...) lorsque les apports seront trop importants ou que des phases obscures seront nécessaires (enlèvement, interventions, ...).

Le dimensionnement de la surface optimale et le positionnement des parties translucides, pourraient évoluer dans les prochaines années, les installations claires qui se mettent en place actuellement en France se basent sur ce qui se fait chez nos voisins (Royaume-Uni

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,089 €	0,190 €

et Allemagne notamment), soit environ 3 % de la surface au sol. Les ouvertures sont le plus souvent positionnées sur les parois verticales.

L'utilisation de l'éclairage artificiel

Le principe est de remplacer l'éclairage artificiel classique par des luminaires économes en énergie, tout en conservant un confort d'éclairage au moins identique, voire meilleur.

L'éclairage est tout d'abord à raisonner en fonction des besoins des animaux, des tâches à accomplir dans le bâtiment et de la réglementation. Ainsi, plus les tâches sont minutieuses, plus l'éclairage doit être de bonne qualité. En outre, dans les salles d'élevage accueillant des animaux, l'éclairage doit également être défini en fonction de la réglementation concernant le bien-être. Enfin, les lampes à incandescence, halogènes ainsi que certains tubes fluorescents étant progressivement retirés du marché, il est nécessaire de se tourner vers d'autres types de luminaires, plus économiques.

La complémentarité entre l'éclairage naturel et artificiel pourra être obtenue grâce à des cellules photoélectriques qui capteront le niveau de luminosité extérieur et activeront ou non l'éclairage intérieur (le cas échéant partiellement).

Le dispositif de régulation de la lumière dans un bâtiment avicole est généralement constitué d'un programmeur qui va déterminer les horaires des plages claires et des plages obscures ainsi que d'un gradateur qui permet de faire varier le niveau d'éclairement (manuellement ou automatiquement). De nombreux boîtiers de régulation d'ambiance permettent d'assurer l'ensemble des fonctions liées à l'éclairage. Attention, certains types de lampes ne peuvent pas descendre très bas en intensité (extinction) et peuvent provoquer des clignotements pouvant engendrer des problèmes de comportement des animaux.

Les sources de lumière peuvent-être montées sur des lignes relevables par treuils, ce qui offre beaucoup d'avantages en termes d'entretien (nettoyage) et de maintenance.

Des économies peuvent également être réalisées grâce à des systèmes de régulation de l'éclairage, ces derniers peuvent également être à l'origine d'une plus ou moins grande consommation d'énergie selon les technologies et le type d'électronique qu'ils intègrent.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Utiliser de préférence de l'éclairage naturel associé à des luminaires permettant une consommation moindre d'électricité. Les principales solutions proposées sont :

L'éclairage LED (diode électroluminescente)

Les LED émettent de la lumière lorsqu'elles sont parcourues par un courant électrique. Les LED existent en plusieurs formats. Les températures de couleur assez froides et les mauvais Indices de Rendu de Couleur (IRC) lui sont souvent reprochés, cependant des progrès importants ont été réalisés sur ces points au cours des dernières années et d'autres sont attendus. Ce type de source prend une place de plus en plus importante dans nos dispositifs d'éclairage.

L'éclairage par lampes à vapeurs de sodium

Elles sont constituées d'un tube à décharge qui contient un mélange de vapeurs de sodium et de gaz comme l'argon et le néon. Ce tube est lui-même emprisonné à l'intérieur du vide d'une ampoule. L'allumage de la lampe est réalisé par le passage d'un courant entre 2 électrodes dans le tube à décharge. Les lampes à vapeur de sodium nécessitent un temps de chauffe avant de fournir tout leur potentiel. Ce n'est que lorsqu'elles auront atteint leur température de fonctionnement qu'elles pourront être gradées (dans des proportions assez limitées (60 à 70 % de leur maximum). Il conviendra de prévoir la mise en place d'autres lampes pour les opérations nécessitant peu de lumière (enlèvements et interventions diverses).

L'éclairage fluorescent avec ballast électronique

Ils contiennent des gaz, le plus souvent des vapeurs de mercure à basse pression ou de l'argon, qui émettent une lumière ultraviolette invisible. La paroi intérieure est recouverte d'un mélange de poudres fluorescentes qui réémettent cette lumière dans le domaine visible en s'approchant du blanc. Aujourd'hui, la forme peut changer et l'électronique qui les contrôle permet un rendement encore amélioré. Ces lampes dites à économie d'énergie peuvent remplacer avantageusement les lampes classiques.

Les lampes fluo compactes

Il s'agit d'une adaptation du tube industriel à un usage domestique. C'est un tube fluorescent miniaturisé émettant de la lumière, plié en deux, trois ou quatre, ou encore enroulé, doté d'un culot contenant un ballast électronique.

L'utilisation de détecteurs de présence (par exemple au niveau du SAS), de détecteurs de luminosité est également à étudier au cas par cas, mais peut permettre des économies importantes.

Comparer...

	Lampe à incandescence		Lampe à décharge			LED de puissance
	Lampe à incandescence	Halogène à haute efficacité	Lampe fluo-compacte	Tube fluorescent haut rendement (T8)	Lampe à vapeur de sodium	
Efficacité lumineuse (lm/W)		15 à 24	20 à 32	44 à 70	65 à 150	60 à 180
Durée de vie (h) annoncée		2 000 à 4 000	4 000 à 15 000	8 000 à 20 000	10 000 à 24 000	50 000
Usage	A quelques exceptions près, plus commercialisées*	Eclairage domestique, éclairage général indirect	Eclairage domestique, circulations communes, bureaux, intérieur ou extérieur	Secteur tertiaire, bureaux, grands volumes, ateliers, industries	Eclairage public, grands volumes, ateliers, industries	Balïsage, éclairage urbain, éclairage domestique
Rendu des couleurs		Bon	Bon à excellent	Bon à excellent	Moyen	Bon à excellent
Réglage de l'intensité lumineuse		Oui	Certaines	Oui	Jusqu'à 60 à 70 %	Oui
Economie d'énergie (par rapport lampe à incandescence)		30 à 40 %	80 %	30 à 40 %	60 à 80 %	80 à 90 %
Coût de la lampe		€€	€€ à €€€	€€	€€ à €€€	€€€€

*Ces lampes ont été retirées progressivement du marché entre 2009 et 2012, pour favoriser le développement d'appareils moins énergivores

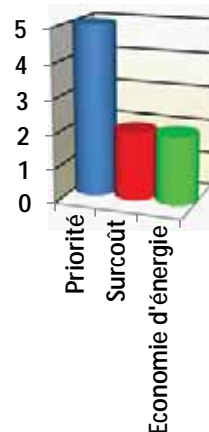
A retenir

Compte tenu des consommations énergétiques de ce poste (2,5 à 5% des consommations globales d'énergie du bâtiment), il n'offre qu'une marge de manœuvre relativement restreinte et ne sera donc pas celui sur lequel porteront les efforts en priorité, cependant de légers gains peuvent-être obtenus à ce niveau.

Références

- Arrêté du 28 juin 2010 établissant les normes minimales relatives à la protection des poulets destinés à la production de viande
- Règlement CE N° 244/2009 de la commission du 18 mars 2009
- Règlement CE N° 245/2009 de la commission du 18 mars 2009
- La maîtrise de l'ambiance dans les bâtiments avicoles - Sciences et Techniques Avicoles - hors-série Septembre 1997, 64 pages

La récupération de chaleur par échangeur air/air



Quel intérêt ?

Récupérer la chaleur rejetée du bâtiment par la ventilation en période de chauffage pour limiter les apports d'énergie nécessaires au maintien des conditions d'ambiance souhaitées.

Ce matériel permet de réaliser des économies d'énergie en réchauffant l'air extérieur avant de l'introduire dans le bâtiment.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,035 €	0,048 €

Comprendre !

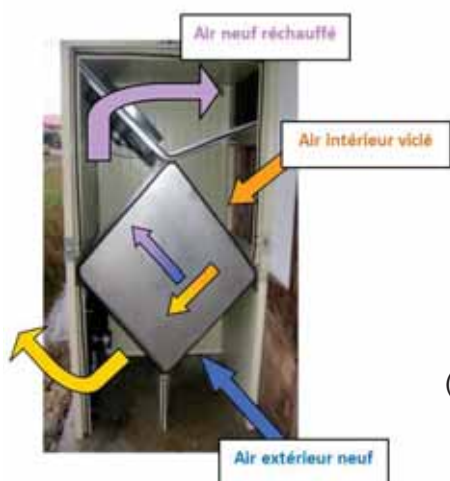
En phase de démarrage, le renouvellement d'air nécessaire à l'évacuation de l'humidité et des gaz, refroidit l'ambiance et le chauffage est sollicité pour maintenir la température.

L'échangeur de chaleur assure le renouvellement d'air minimum, tout en prélevant une partie de la chaleur contenue dans l'air vicié pour la transférer à l'air neuf entrant dans le bâtiment, et ce sans contact direct des deux masses d'air.

Deux types d'échangeurs sont disponibles sur le marché, les échangeurs à plaques et les échangeurs à tubes.

Deux phénomènes permettent le réchauffement de l'air neuf :

- La chaleur sensible : le transfert de chaleur se fait par convection au travers de la paroi des plaques ou des tubes de l'échangeur,
- La chaleur latente : l'air vicié, chargé d'humidité, condense en sortie d'appareil. L'eau en passant de l'état gazeux à l'état liquide libère des calories.



Fonctionnement d'un échangeur de chaleur air/air (prototype en coupe)

L'efficacité thermique est souvent calculée sur la chaleur sensible :

$$\frac{(T^{\circ}\text{C air neuf réchauffé} - T^{\circ}\text{C air extérieur})}{(T^{\circ}\text{C air ambiant dans le bâtiment} - T^{\circ}\text{C air extérieur})}$$

Les facteurs d'efficacité des récupérateurs de chaleur :

- La surface d'échange (dimension du bloc et écartement entre plaques en sortie et en entrée ou surface des tubes)
- L'épaisseur du matériau et sa conductivité thermique (en $W/(K.m)$) : cuivre 390, aluminium 237, acier 60, PVC et polypropylène 0,1 à 0,2

- La vitesse de passage de l'air : plus le débit augmente pour une même surface d'échange, plus faible est le gain de température
- Les turbulences de l'air dans l'échangeur (forme des plaques ou des tubes)
- L'encrassement par les poussières (filtre avant l'entrée de l'air vicié dans l'échangeur et lavage régulier en cours de lot sont préconisés)

Les récupérateurs de chaleur ne remplacent pas les dispositifs de chauffage.

Ils sont utilisables sur tous types de bâtiment, qu'ils soient statiques ou dynamiques.

Il est indispensable de prévoir des systèmes de sécurité électrique en cas de coupure du réseau (groupe électrogène ou génératrice) et, en particulier dans le Nord et l'Est de la France, des systèmes de protection antigel.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Pour être pleinement efficaces, les échangeurs récupérateurs de chaleur requièrent une bonne isolation et étanchéité du poulailler. Ces équipements sont donc parfaitement adaptés au bâtiment BEBC.

Comparer...

L'installation d'échangeurs de chaleur permet une économie de gaz moyenne de 30 % (de 20 à 50 % selon les modèles, le dimensionnement, les caractéristiques du bâtiment et le pilotage). L'utilisation de récupérateurs de chaleur génère une augmentation de la consommation électrique de 7 % en moyenne.

A retenir

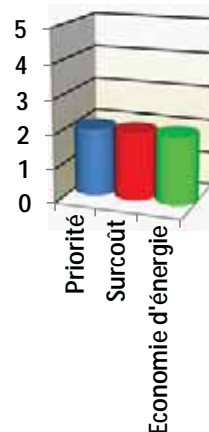
L'utilisation de ces matériels permet souvent de réduire le taux d'hygrométrie d'environ 10 % et d'améliorer plus globalement les conditions d'ambiance dans le bâtiment (litière, qualité de l'air...). Ces systèmes nécessitent un pilotage rigoureux et sont optimisés par l'utilisation d'un boîtier de régulation automatique centralisé. Il est conseillé de les installer sur le côté, si possible sur la façade sud, plutôt qu'en pignon et de les faire fonctionner en progressif voire en cyclique, plutôt qu'en continu. Leur nettoyage doit être effectué de façon rigoureuse pour garder un niveau correct d'échange. Le lavage doit être complété par une désinfection complète pour éviter tout problème sanitaire. L'écoulement des condensats à l'extérieur des bâtiments doit être géré pour éviter leur stagnation en périphérie des bâtiments (aires bétonnées sous les appareils, drainage...).

L'offre commerciale des équipements de récupération de chaleur par échangeur d'air est large, avec notamment une gamme de débits allant de 1 000 à 25 000 m³/heure. Le dimensionnement de l'installation doit être raisonné en tenant compte du débit d'air total que les systèmes vont pouvoir extraire et des surfaces d'échange. Il est ainsi recommandé de dépasser les seuils de 8 m³/h/m² de bâtiment et une surface d'échange de 0,3 m²/m² de bâtiment, en installant un ou plusieurs appareils.

Le coût d'une installation de récupération de chaleur par échangeurs d'air pour un poulailler de 1 200 m² est d'environ 17 000 € HT.

Sur la base d'une consommation moyenne de propane de 7 kg/m²/an, le temps de retour sur investissement d'une telle installation est estimé à moins de 8 ans (hors subventions et 950 € HT/tonne propane).

La récupération de chaleur en sous-toiture



Quel intérêt ?

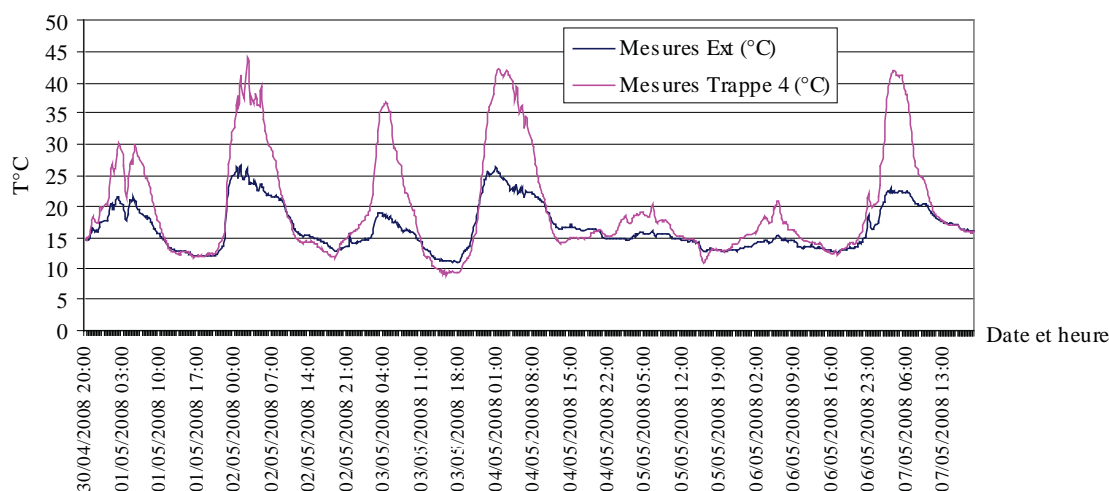
Il s'agit d'utiliser la masse d'air située entre l'isolant de plafond et la couverture du bâtiment ou en dessous de panneaux photovoltaïques pour ventiler le poulailler. En effet à certains moments, l'air y est plus chaud qu'en extérieur, ce qui permet notamment en début de lot, de moins refroidir le poulailler pendant les cycles de ventilation et donc de réaliser des économies sur le poste chauffage.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,060 €	NC €

Comprendre !

La récupération de chaleur en sous toiture (réchauffement pariéto-dynamique)

Dès que le soleil est présent, la masse d'air qui sépare l'isolant de la couverture du bâtiment se réchauffe et ceci même si la température extérieure n'est pas élevée. La température en sous toiture peut ainsi dépasser 30°C à certaines heures de la journée, alors qu'à l'extérieur elle n'est que de 15°C.



La récupération de chaleur sous panneaux photovoltaïques

Lorsque les panneaux produisent de l'électricité, ils émettent également de la chaleur. Cette chaleur doit si possible être évacuée car elle pénalise la production d'énergie électrique (perte de rendement de 0,4 % par degré au delà de 25°C).

Lorsque les panneaux sont installés en toiture de poulailler, il peut être intéressant à certaines périodes de valoriser la chaleur accumulée entre les panneaux photovoltaïques et l'isolant de plafond, plutôt que de l'évacuer dans le milieu extérieur.

Les équipements

En phase de démarrage, les besoins minimums de ventilation, correspondant à l'évacuation de l'humidité, des gaz et des poussières et à l'apport d'oxygène, sont compris entre 0,5 et 1 m³ par heure et par kg de poids vif. Ainsi au 10^{ème} jour d'élevage, le volume d'air renouvelé chaque heure pour un poulailler de 1 000 m² en production de poulet standard est compris entre 2 500 et 5 000 m³. En faisant passer l'air par la sous-toiture entre l'isolant et les plaques de couverture, il se réchauffe avant d'être introduit dans le bâtiment.

Dans le cas d'un poulailler à ventilation dynamique, le bâtiment est en légère dépression pendant les cycles de ventilation. En équipant le poulailler de trappes automatiques au niveau du plafond, l'air chaud est dans ce cas aspiré au travers de ces ouvertures si les trappes classiques restent fermées.

Dans le cas d'un poulailler à ventilation statique, il faut avoir recours à des ventilateurs pour forcer l'air à pénétrer dans le volume intérieur du poulailler.

Dans les deux situations, il est nécessaire que la centrale de gestion d'ambiance intègre ces nouveaux paramètres. Une sonde température placée dans l'espace réchauffé (en sous toiture ou sous les panneaux) et raccordée à la régulation permet d'automatiser le fonctionnement de ces équipements.

Trappe d'entrée d'air en sous toiture



Poulailler avec récupération de chaleur sous panneaux photovoltaïques



En pratique pour un bâtiment BEBC

La récupération de chaleur en sous toiture peut être un complément intéressant au système de chauffage en BEBC.

Pour optimiser le réchauffement pariétodynamique, il est souhaitable que le poulailler soit orienté pignons E/O, de façon à profiter du pan de toiture exposé face au sud (en hiver, le soleil est bas et ne réchauffe pas un pan de toiture en façade Est)

Cette orientation s'impose naturellement dans le cas d'une installation de panneaux photovoltaïques.

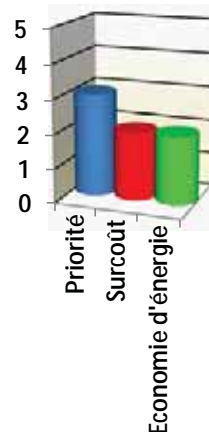
Comparer...

Sur la base des températures du graphique page 37, la chaleur récupérée pour un renouvellement d'air de 2 500 m³ par heure et un écart de température de 16 degrés entre l'extérieur et la sous toiture est de l'ordre de 13 600 W par heure, soit l'équivalent de l'énergie dégagée par la combustion d'un kg de propane.

A retenir

Cette technique, comme tous les équipements qui permettent de récupérer de la chaleur gratuite présente également d'autres avantages. Il est ainsi plus facile et moins coûteux d'augmenter les débits de ventilation. Les circuits d'air dans le poulailler sont améliorés (l'air chaud accumulé au faîtage peut être rabattu) et la tenue de litière est facilitée.

La récupération de chaleur au cours du stockage de produits organiques avicoles



Quel intérêt ?

Il s'agit de récupérer la chaleur émise au cours du stockage (avant épandage ou export) de tas de produits organiques (amendements ou engrais issus de fumiers de volailles traités par compostage), pour contribuer au chauffage des bâtiments d'élevages.

Coût du kWh économisé

Standard	Label
0,023 €	NC €

Comprendre !

Les fumiers produits sur l'exploitation doivent subir tout d'abord un traitement par compostage (par aération forcée, par retournement ou par traitement biologique via les Complexes de micro organismes). Le compostage est un procédé d'hygiénisation et de stabilisation du fumier par élévation de température (la circulaire du 17 janvier 2002, impose le maintien d'une température supérieure à 55°C pendant minimum 15 jours ou supérieure à 50°C pendant minimum 42 jours). Après la première étape de fermentation, le produit entre alors en phase de maturation puis stockage, avant épandage sur l'exploitation ou export vers l'extérieur. Au cours du stockage le tas de produit organique reste exothermique. La chaleur produite par le tas peut alors être récupérée/échangée par contact/conduction avec une plate-forme et des couloirs bétonnés équipés d'un réseau de canalisations d'eau classiquement utilisées pour la réalisation de planchers chauffants. L'eau du réseau monte en température, et peut être acheminée par des circulateurs en fonction des besoins de chauffage des animaux vers le plancher chauffant du bâtiment avicole. Si la température de l'eau sortant du tas source n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de chauffage (si la température du tas est insuffisante, au moment des évacuations/recharges du tas source, ou en cas de panne des circulateurs...), une chaudière de relève et de sécurité utilisant une autre source d'énergie (chaudière gaz à condensation ou à pulsation par exemple) garantit les apports manquants (complémentaires ou totaux).

Le procédé nécessite de disposer des installations suivantes :

- d'une station de compostage des fumiers,
- d'un bâtiment pour stocker les produits après traitement, placé à proximité des bâtiments avicoles à chauffer. Les soubassements et/ou murs du bâtiment de stockage en contact avec l'extérieur et la masse organique intérieure, doivent être isolés pour limiter les déperditions de chaleur,
- d'ouvrages bétonnés pour le réseau d'eau qui va assurer l'échange avec le tas source (réseau de captage) : sol et éventuellement couloirs intérieurs,
- d'un système de chauffage du bâtiment avicole (chaudière gaz à condensation, ou chaudière à biomasse...),
- d'un local isolé, placé entre le bâtiment source et les bâtiments avicoles à chauffer, dont l'objectif est d'abriter la chaudière, la cuve tampon, les boîtiers de commande et de raccordement, les compteurs, l'armoire électrique, les vannes entrée-sortie... ,
- de sondes de mesure (température de l'eau sortante du bâtiment source, température de l'eau entrante dans le bâtiment avicole, température de l'eau sortante du bâtiment avicole),
- de compteurs (énergie, voire gaz pour mesurer l'efficacité),.

- d'un plancher chauffant pour restituer la chaleur dans le ou les bâtiments avicoles. Il s'agit d'un sol bétonné et isolé, équipé de canalisations d'eau permettant la diffusion de la chaleur dans l'ambiance d'élevage (réseau de diffusion),
- d'un boîtier de régulation centralisée de l'ambiance pour assurer une cohérence de gestion de l'ensemble des fonctions du bâtiment (notamment chauffage et ventilation).

Illustration du fonctionnement d'un site d'élevage de poulets équipé de ce type de dispositif :



Station de compostage



Bâtiment de stockage et son réseau de récupération de la chaleur issue des produits organiques



Chaufferie (chaudière gaz à condensation, cuve tampon, compteur...)



Bâtiment avicole avec plancher chauffant et régulation centralisée de l'ambiance

En pratique pour un bâtiment BEBC

Le succès de ce type de procédé de chauffage réside en partie dans la bonne isolation des matériaux et la cohérence de la régulation.

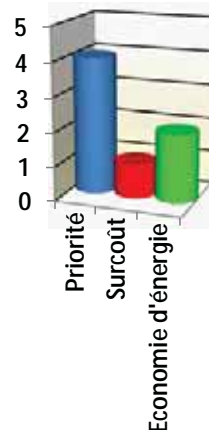
Comparer...

Les premiers résultats (en cours d'acquisition) indiquent une économie de gaz de l'ordre de 30 % pour un bâtiment avicole équipé. Pour une température d'eau de 35°C en entrée dans le plancher chauffant, on constate une température de 30°C en ambiance, et une température d'eau de sortie de 30°C. Les consommations d'énergie électrique requises sont en cours d'acquisition. A noter que le déplacement et le rechargement du produit organique dans la zone de stockage-récupération requiert une utilisation de fuel pour les engins motorisés (d'autant plus réduite que la station de compostage est proche de la plate-forme de stockage).

A retenir

Installée depuis novembre 2012 chez un seul éleveur en France, aviculteur dans le Maine-et-Loire, cette technique tout à fait nouvelle est une première en France. Elle doit donc faire l'objet d'un suivi approfondi avant d'être généralisée et recommandée. Elle nécessite des prédispositions particulières de l'exploitation (production de fumier en quantité suffisante, station de compostage, surfaces à chauffer conséquentes à proximité de la zone de stockage...), une attention particulière et beaucoup de rigueur de la part des intervenants (respect des mesures de biosécurité, régularité du renouvellement en produit organique, régulation et surveillance...). Des compteurs à gaz et à électricité ont été installés. Les performances technico-économiques dégagées par l'atelier avicole, et les caractéristiques des tas de fumiers compostés seront collectées et analysées.

Le démarrage en densité élevée et en poussinière



Quel intérêt ?

Il s'agit de limiter les consommations de chauffage en démarrant les lots de volailles avec une densité de mise en place plus élevée que dans les conditions habituelles.

Comprendre !

Le fait de démarrer des poussins et de les élever dans le même bâtiment, à la même densité depuis l'âge d'un jour, jusqu'à l'abattage est très coûteux sur le plan énergétique. En effet, les volumes de bâtiments à chauffer sont importants (3 000 à 6 000 m³), et les consignes de température à appliquer en démarrage sont élevées (30 à 33°C). Les besoins de ventilation sont au contraire faibles au démarrage et forts en fin d'élevage. Deux techniques de démarrage en densité élevée peuvent être employées :

Le démarrage sur une partie du poulailler

La mise en place des poussins peut se faire sur une surface réduite du poulailler, en installant une bâche pour couper le volume d'air à chauffer. La bâche sera placée de façon à ne pas gêner le bon fonctionnement de la ventilation (généralement un positionnement dans le sens transversal répond à cette préoccupation).

Bâche isolante permettant de cloisonner le bâtiment au cours du démarrage



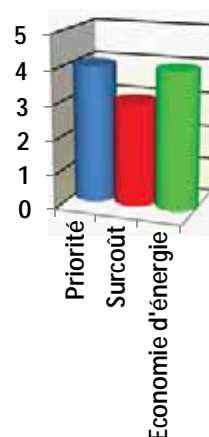
Cependant, il est nécessaire de prendre certaines précautions pour que cette technique ne nuise pas à la qualité du démarrage des poussins :

- Respecter une densité maximale de 45 à 50 poussins par m²,
- Adapter la quantité de matériel d'alimentation et d'abreuvement au nombre d'animaux,
- Chauffer au moins à 20°C la partie inoccupée afin d'éviter les ponts thermiques et les phénomènes de condensation,
- Penser à conserver une ventilation minimale suffisante pour l'apport suffisant en oxygène et l'évacuation des gaz (minimum 0,7 m³/h/kg PV),
- Ne pas trop attendre pour libérer l'intégralité de la surface (bien observer et surveiller les animaux).

En production de dindes ou en production de poulets sexés, la technique de démarrage sur une partie du bâtiment peut aussi être utilisée mais demande plus de travail compte tenu de la séparation des mâles et des femelles.

Démarrage sur une partie en poulailler

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,010 €	0,012 €



Démarrage en poussinière

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,026 €	NC €

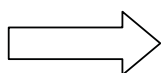
Le démarrage en poussinière en élevage de dinde

Il est également possible de démarrer des dindonneaux d'un jour à une densité maximale de 12 à 16/m² dans un bâtiment très performant thermiquement (très bien isolé) et ensuite de les transférer totalement ou partiellement vers l'âge de 18 à 28 jours dans un ou plusieurs autres bâtiments d'engraissement. Cette technique convient très bien aux élevages équipés de plusieurs bâtiments aux performances énergétiques différentes. Le bâtiment de démarrage est alors appelé « poussinière ». L'ajout de litière peut s'avérer nécessaire en cas de dégradation rapide ou d'apparition de problèmes sanitaires. L'âge au transfert devra être adapté à la densité au démarrage et au comportement des animaux. Il faut compter 3 à 5 heures de travail pour le transfert des animaux pour un bâtiment de 1 200 m².

Au-delà des économies de chauffage, cette technique peut permettre à la marge de mieux maîtriser les consommations d'électricité liées à l'éclairage car pour un même effectif d'animaux sur le site, 1 seul bâtiment est en fonctionnement au démarrage au lieu de 2 en condition classique. Elle présente l'intérêt de mieux adapter les conditions d'élevage aux besoins des animaux par des bâtiments et équipements spécialisés, adaptés à l'âge (ventilation, matériel d'abreuvement et d'alimentation, litière...). Si l'expression du potentiel génétique des animaux est améliorée, cette technique peut également accroître la rotation annuelle (cas des bâtiments poussinières n'assurant que le rôle de démarrage, avec des animaux transférés en totalité).

Exemple d'un schéma de fonctionnement d'un site d'élevage de dinde spécialisé

Poussinière (démarrage 12/m²)



Bâtiments d'engraissement (transfert à 21 j, 7.5 /m²)



En pratique pour un bâtiment BEBC

La technique de démarrage sur une partie du poulailler est recommandée surtout pour des bâtiments dont les niveaux d'isolation et d'étanchéité sont faibles. Dans le cas des bâtiments BEBC, donc bien isolés et étanches, cette technique peut apporter un plus mais n'est pas prioritaire.

Concernant l'élevage de dindes, il est au contraire fortement recommandé de spécialiser les bâtiments en fonction du stade physiologique (démarrage et engraissement) pour réaliser des économies d'énergie substantielles.

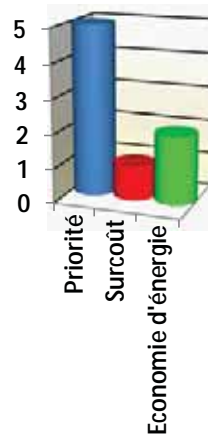
Comparer...

En poulet, le démarrage sur une partie du bâtiment pendant les 4-5 premiers jours permet, dans un bâtiment difficile à chauffer, de réduire d'environ 30 % les consommations de propane en hiver. Pour un élevage disposant d'une poussinière et d'un bâtiment d'engraissement bien dimensionnés, le démarrage de l'ensemble des dindonneaux en double densité dans la poussinière permettra de réaliser environ 50 % d'économie de gaz.

A retenir

Ces techniques nécessitent une attention particulière et beaucoup de rigueur de la part des intervenants.

L'entretien du matériel



Quel intérêt ?

Entretien régulièrement et rigoureusement les équipements et régler finement le matériel, pour en optimiser le fonctionnement, augmenter leur durée de vie et maîtriser l'énergie consommée.

Comprendre !

L'optimisation de l'ambiance intérieure des bâtiments avicoles passe par un entretien rigoureux et régulier des abords, de la coque et du matériel de régulation, ventilation, chauffage, éclairage...

Pour une bonne gestion de l'humidité et une bonne maîtrise énergétique et sanitaire, il est indispensable de limiter les remontées d'eau par capillarité dans le bâtiment. En effet, il est important d'entretenir et de drainer (sans oublier le regard en bout de drain) les abords des bâtiments pour éviter la stagnation des eaux périphériques. Le fond des fossés doit se situer en dessous de la semelle de fondation du bâtiment. Si cela n'est pas fait, l'évacuation de cette eau hors du bâtiment nécessite des dépenses supplémentaires de chauffage et de ventilation.

Le nettoyage et la désinfection des bâtiments peuvent dégrader dans le temps les matériaux et altérer leur pouvoir isolant. Attention aux isolants non protégés (mousse alvéolaire recouverte de papier kraft par exemple) : utiliser des produits détergents moussants pour observer la répartition du produit sur l'ensemble des surfaces, puis laver à haut débit et faible pression pour limiter les risques de détérioration du matériau. Par ailleurs, en cas de détérioration d'un panneau ou de l'apparition d'auréoles d'humidité en sous-plafond, le remplacement des matériaux doit être effectué rapidement (suivi d'une réétanchéification) pour éviter une amplification des phénomènes de pourrissement progressif (infiltrations d'humidité, développement des ténébrions...) sur l'ensemble de la coque.

Les sondes d'ambiance doivent faire l'objet d'une attention toute particulière car elles doivent refléter précisément les conditions d'ambiance parce qu'elles pilotent les moteurs des treuils électriques (en régulation automatique). Elles doivent être sensibles et précises (à plus ou moins 0,5°C pour les sondes de température) mais dérivent progressivement au cours des lots. Les sondes d'hygrométrie en particulier se dérèglent très rapidement. Lorsqu'elles sont utilisées en commande pour la régulation du bâtiment, ces sondes peuvent être à l'origine de désordre de ventilation importants et de surconsommation d'énergie. La vérification des sondes doit donc être réalisée au minimum une fois par an, et dans l'idéal à deux reprises, avant l'hiver et avant l'été, en s'appuyant sur un matériel de mesure fiable et sur le technicien d'élevage ou l'équipementier, en période de démarrage. Leur réactivité doit être aussi vérifiée : un laps de temps de moins de 30 secondes doit être observé entre la prise en main (main fermée) d'une sonde de température et le déclenchement des moteurs des treuils électriques actionnant les ouvrants. Si malgré ces contrôles et réétalonnages, les sondes ne permettent plus d'assurer les niveaux de précision et/ou de réactivité requis, ne pas hésiter à les remplacer. Leur nombre et leur emplacement doivent être choisis de telle sorte que les conditions mesurées soient les plus représentatives de l'ambiance du bâtiment :

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,030 €	0,043 €

En production standard, disposer au minimum par bâtiment : 4 sondes de température intérieure (2 par zones), 1 sonde de température extérieure, 1 sonde hygrométrique intérieure, et 1 dépressiomètre mesurant le différentiel intérieur-extérieur (pour la plupart des concepts de ventilation dynamique).

- Les positionner juste au-dessus de la hauteur de vie des animaux (pour être proche des conditions vécues réellement par l'espèce avicole concernée tout en évitant les coups de bec potentiels), généralement à moins d'un mètre du niveau du sol.

- Placer les sondes de température à distance des points froids, chauds ou humides autrement dit, entre les parois latérales qui peuvent brutalement se refroidir ou se réchauffer, et le centre du bâtiment potentiellement moins aéré. Éviter la proximité directe avec les systèmes de chauffage, d'abreuvement ou d'alimentation, et les abriter des rayons de soleil entrant dans le bâtiment qui peuvent perturber la mesure (lors des ouvertures de trappes et/ou dans le cas des bâtiments clairs). Une longueur de câble suffisante peut permettre de déplacer les sondes si nécessaire notamment entre l'hiver (à 2 m de la paroi pour ressentir les éventuelles retombées d'air froid) et l'été (plus au centre pour assurer un minimum de ventilation dans cette zone). La sonde hygrométrique sera positionnée au centre du bâtiment. Attention aux sondes extérieures, qui doivent être positionnées à l'abri du vent, de la pluie et des rayons directs du soleil. Un boîtier protecteur est recommandé pour éviter la poussière, les coups de becs...

Pour éviter le contact avec l'eau, les produits d'hygiène et la pression lors du nettoyage du bâtiment en vide sanitaire, il convient de démonter les sondes d'hygrométrie et de protéger les sondes de température. Les boîtiers de dérivation en amont des sondes doivent être vérifiés et ouverts régulièrement : si le domino assurant la connexion entre les câbles est oxydé, s'assurer de son remplacement.

Concernant la ventilation, les entrées d'air doivent être minutieusement observées et souvent réglées plusieurs fois par an. La qualité des circuits d'air et de la ventilation en général en dépend.

La précision de l'ouverture des trappes doit être contrôlée régulièrement. Le pourcentage d'ouverture indiqué par le boîtier de régulation doit être en adéquation avec l'ouverture réelle des ouvrants. À 0 % d'ouverture le volet doit être totalement fermé, à 1 % les trappes doivent être très légèrement décollées du dormant, et à 100 % la trappe doit être au maximum d'ouverture. En cas de décalage, le réglage des commandes 0-10 V doit être rapidement réalisé avec l'aide d'un technicien ou de l'installateur, car les effets sur les performances zootechniques et les consommations d'énergie peuvent être majeurs.

Un mauvais circuit d'air peut solliciter davantage le chauffage et générer ainsi des surconsommations. Pour vérifier que le circuit d'air est correct en démarrage, suspendre au plafond des rubans ou bouts de papier très légers à 2,5 m des entrées d'air. Si les rubans bougent, c'est qu'il y a effet plafond et que l'air se réchauffe avant de retomber sur les animaux. Dans le cas contraire, il faut revoir la ventilation dans son ensemble (forme de l'entrée d'air, dépression, pourcentages d'ouverture...). En outre, un circuit d'air de qualité permet de valoriser la masse d'air chaud en la rabattant vers le sol (sans générer de vitesse d'air). En bâtiment statique cette valorisation peut être obtenue par brassage.

Appliquer dès la préchauffe un renouvellement d'air minimum pour maintenir une litière sèche et des bonnes conditions d'hygrométrie et d'ambiance dans le bâtiment permet également de limiter les consommations d'énergie pour le chauffage.

Enfin, les surconsommations électriques dues aux pertes de charges au niveau des extracteurs d'air peuvent être importantes. Elles peuvent être générées par du colmatage ou des rétrécissements. L'entretien des systèmes de ventilation (courroies à retendre, dépoussiérage, changement des jalousies/volets anti-retours si nécessaires, dégagement des obstacles en entrée et sortie d'air...) est donc indispensable.

Concernant les appareils de chauffage, il est préconisé d'adapter la hauteur des radiants aux besoins de chaleur des poussins. Cela permet de réduire la température de démarrage. Il est possible d'automatiser cette technique par un relevage électrique des radiants piloté par des sondes de températures placées dans la zone de vie des poussins. En fonction de l'âge des animaux, il est vivement recommandé d'arrêter certains radiants plutôt que d'utiliser les modes «veille» ou «débit minimum». En mode veille, un radiant consomme du gaz sans réellement chauffer, s'encrasse et le risque de formation de monoxyde de carbone augmente. Lorsque la pression d'admission du gaz est élevée, le radiant a un meilleur rendement. Indépendamment des aspects sécurité (incendie, monoxyde de carbone), certaines pièces d'usure doivent être périodiquement remplacées sur les radiants : prévoir le changement des injecteurs tous les 3 ans (pour un coût modique d'environ 7 cts €/m²). La combustion n'est en effet complète que si le mélange air/gaz est bien proportionné. Concernant les aérothermes gaz extérieurs, il est préconisé d'utiliser la fonction recyclage (quand celle-ci existe), qui permet de réaliser une économie d'énergie certaine. D'une manière générale, outre la sécurité, quel que soit le système de diffusion de la chaleur, le changement des pièces d'usure, le démontage puis dépoussiérage régulier à l'air comprimé sec des appareils est nécessaire à l'efficacité énergétique. Enfin, la vérification du réglage des vannes motorisées (réglages 0-10 Volts) sur radiants gaz est à réaliser régulièrement.

Démontage d'un injecteur de radiant



Un injecteur usagé démonté



Soufflage d'un radiant



Soufflage d'un aérotherme



Les récupérateurs de chaleur doivent être régulièrement dépoussiérés. Des systèmes de préfiltration de l'air (statiques ou dynamiques selon les modèles) peuvent limiter fortement l'empoussièrment des blocs et maintenir le rendement énergétique de l'échangeur. Toutefois, des opérations de nettoyage et de désinfection des systèmes sont nécessaires pour limiter les risques sanitaires et maintenir l'efficacité énergétique des appareils et leur intégrité dans le temps. Les condensats générés et les jus de lavage doivent être gérés pour éviter leur stagnation en périphérie des bâtiments et, outre la maîtrise nécessaire du risque sanitaire, éviter ainsi la remontée d'eau par capillarité dans les bâtiments.

Les systèmes d'éclairage doivent également être entretenus pour conserver une intensité lumineuse suffisante et éviter le surdimensionnement. Les hublots ou coques protectrices des luminaires doivent être dépoussiérés et lavés régulièrement ainsi que les fenêtres ou bandeaux lumineux (cas des bâtiments clairs). Des luminaires positionnés sur rampes avec systèmes de relevage permettent de faciliter l'entretien régulier.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Ces règles générales doivent être mises en pratique sur tous les bâtiments dont les bâtiments BEBC.

Comparer...

Le non-respect de ces recommandations peut entraîner des surconsommations d'énergie directe (gaz et électricité) de près de 30 % par rapport à un bâtiment parfaitement bien réglé et entretenu. Leur mise en application relève du bon sens et ne nécessite pas d'investissement direct mais exige une bonne organisation du travail et du temps à consacrer.

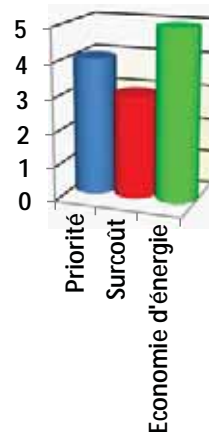
A retenir

L'entretien et le réglage régulier et rigoureux des bâtiments et des équipements permet d'augmenter leur durée de vie, est peu coûteux et permet de maîtriser significativement l'énergie consommée.



Partie II : Production d'énergies renouvelables

Les chaudières à biomasse



Quel intérêt ?

Utiliser la biomasse, idéalement produite sur l'exploitation, pour chauffer les bâtiments d'élevage.

Comprendre !

L'utilisation du bois énergie dans les bâtiments d'élevage présente plusieurs intérêts. Le premier, d'ordre environnemental, se justifie par l'impact neutre du bois sur l'effet de serre puisque, lors de sa combustion, il dégage la même quantité de CO₂ qu'il en stocke pour sa croissance. Par ailleurs, dans le milieu rural, la haie retrouve ainsi sa fonction productive avec une valorisation énergétique du bois de bocage, et ses incidences directes sur la préservation de la biodiversité animale et végétale. Le second intérêt est économique : le bois est une énergie moins chère que les énergies fossiles et son prix est plus stable dans le temps. L'investissement dans une chaufferie bois permet donc une meilleure maîtrise des coûts de chauffage. De plus, pour l'agriculteur, la ressource en bois peut être autoproduite grâce à la valorisation des haies présentes sur l'exploitation.

Les chaudières à biomasse doivent être étudiées sous l'angle économique en tenant compte des éventuelles ressources disponibles sur l'exploitation. En effet, l'éleveur peut bénéficier d'un choix parmi plusieurs combustibles : bois de forêt, taillis, haies, arbres fruitiers, bois de récupération, déchets de bois, de l'industrie, de l'artisanat et des ménages, miscanthus, paille...

Différents types de combustibles : miscanthus (au champ et décheté) et bois déchiqueté.



La nature du combustible est certes déterminante, mais sa qualité l'est tout autant. Des prérequis en termes de granulométrie (taille des plaquettes par exemple), de taux d'humidité (plus la matière sèche du combustible est élevée, meilleurs sont la qualité et le rendement énergétique) et d'absence d'impuretés doivent être réunis. Le type de chaudière (conception, foyer...), ses accessoires, son local, et les équipements d'auto-alimentation doivent être particulièrement bien étudiés et réfléchis en amont. Pour obtenir un combustible suffisamment sec, un minimum de 4 à 5 mois doit s'écouler entre le broyage du bois et son utilisation. Pendant cette période les plaquettes vont fermenter et sécher naturellement (pas de manipulation).

L'éleveur doit également tenir compte du temps de travail à consacrer spécialement pour gérer la production de combustible et assurer le renouvellement régulier de l'approvisionnement de la chaudière. De même des stocks de combustibles doivent être anticipés. Le stockage nécessitant des surfaces couvertes disponibles.

Déchetuseuse en fonctionnement Silos de stockage et d'approvisionnement du bois



Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,037 €	NC €

Les chaudières à biomasse permettent de produire de l'énergie sous forme de chaleur véhiculée par de l'eau chaude via des réseaux souterrains isolés (dont le coût est relativement élevé). Leurs principales applications en aviculture concernent le chauffage des bâtiments d'élevage. Mais la chaleur peut également être valorisée au niveau des maisons d'habitations et ou pour d'autres usages agricoles (séchage, chauffage...). La diffusion de la chaleur dans les bâtiments avicoles est assurée par des aérothermes à eau chaude (2 à 4 par bâtiment selon la puissance, les caractéristiques du bâtiment et les besoins des animaux produits) ou par le biais d'un plancher chauffant (surface bétonnée isolée et équipée de canalisations). Le choix sera pris en fonction de la production mais aussi des capacités d'investissement de l'éleveur. Et il est évident qu'il sera plus aisé de mettre en place un plancher chauffant dans un bâtiment neuf que de l'adapter à un bâtiment existant.

Un aérotherme eau chaude



Une chaudière à biomasse Foyer de chaudière à biomasse



En pratique pour un bâtiment BEBC

Le dimensionnement conseillé pour le chauffage est de l'ordre de 90 à 110 W/m² pour des bâtiments classiques. Pour un bâtiment BEBC un dimensionnement de l'ordre de 70 à 90 W/m² (selon la zone géographique) de puissance restituée sera suffisant compte tenu des performances d'étanchéité et d'isolation de la coque. Il conviendra toutefois d'intégrer le rendement de la chaudière dans le calcul pour connaître la puissance de l'appareil à installer. Par exemple, en se basant sur un rendement moyen de 85 % pour ce type de matériel, la puissance de la chaudière à installer sera de 80 à 105 W/m² de surface d'élevage chauffée en BEBC.

L'utilisation de biomasse comme combustible permet de s'affranchir d'une énergie non renouvelable pour la partie chauffage. Le poste « dépense de gaz » peut donc être considéré nul, mais la prudence impose de recommander aux éleveurs de conserver une installation de chauffage gaz d'appoint en cas de panne de la chaudière (aérotherme gaz par exemple).

L'éleveur est vraiment gagnant quand il est possible de valoriser directement les haies de l'exploitation mais il doit tenir compte d'une nouvelle activité sur son exploitation.

Quelques éléments pour bien réussir :

- Disposer de manière pérenne et peu coûteuse de ressources en biomasse de qualité disponibles et suffisantes. Privilégier l'autoproduction (mais en tenant compte du temps de travail supplémentaire et du stockage nécessaire) ou la contractualiser avec un fournisseur local.
- La chaudière doit être positionnée le plus près possible des bâtiments à chauffer, afin d'éviter la réalisation d'un réseau souterrain trop important et coûteux.
- Le dimensionnement : plus les besoins en chaleur sont importants, plus l'installation d'une chaudière bois est rentable. Ce dispositif s'adresse donc plutôt aux ateliers de taille importante (supérieure à 2 400 m²). Il peut aussi être utile d'envisager d'autres utilisations de la chaleur : habitations, bâtiments agricoles...
- Sécuriser son approvisionnement en combustible : il est nécessaire qu'il soit de qualité et que ses caractéristiques soient connues (granulométrie, taux d'humidité, impuretés).

Comparer...

Pour un élevage avicole, l'investissement total représente entre 40 et 70 €/m² selon la technologie, le dimensionnement de la chaudière, la taille et l'agencement de l'atelier avicole. Il faut y ajouter des coûts de fonctionnement (électricité, chaudière d'appoint voire aérothermes, circulateurs, entretien de l'équipement...) et du temps de travail supplémentaire.

Contrairement au chauffage propane à combustion directe dans les poulaillers, la diffusion de la chaleur, via l'eau chaude, ne génère pas de gaz de combustion dans l'ambiance d'élevage (CO₂, H₂O voire CO). L'ambiance des bâtiments équipés de chaudière à biomasse est donc plus sèche (-20 % d'hygrométrie relative en moyenne en période de chauffe). Des économies de litière sont donc à attendre. Par ailleurs, la limitation du risque incendie peut permettre de revoir à la baisse les coûts d'assurance.

En termes de besoins annuels, il faut prévoir environ 100 tonnes de bois ou 70 tonnes de miscanthus pour 2 600 m² de bâtiments de volaille de chair. Pour 100 tonnes de plaquettes sèches, prévoir au minimum 10 km de haies bocagères (10 à 20 selon la productivité) avec une coupe tous les 10 à 20 ans. Pour une bonne gestion de la ressource en bois, la mise en place d'un plan de gestion de bocage est indispensable. 70 tonnes de miscanthus représentent 7 ha à implanter en amont du projet (production de 10 à 12 t/ha/an).

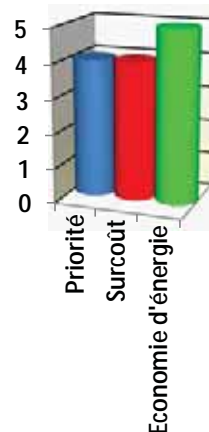
Tableau comparatif du pouvoir calorifique, de la consommation et des coûts de différents combustibles utilisés pour le chauffage d'un atelier d'élevage de volailles de chair :

Type de combustible	Pouvoir calorifique en kWh/t	Prix du combustible utilisé €/t (tarif 2013)	Prix du kWh c€/kWh	Consommation pour 2 600 m ² en t/an	Coût du combustible pour 2 600 m ² en €/an	Economie sur le poste combustible par rapport au propane en €/an
Bois déchiqueté exploitation	3 300	45	1,36	100	4 500	-14 500
Bois acheté à l'extérieur	3 300	90	2,73	100	9 000	-10 000
Miscanthus produit sur l'exploitation	4 700	90	1,91	70	6 300	-12 700
Propane	13 800	950	6,88	20	19 000	

A retenir

De la qualité du bois utilisé et de la régularité de l'approvisionnement dépend l'optimisation du fonctionnement de la chaudière.

La combustion des litières



Quel intérêt ?

Il s'agit d'utiliser comme combustible une partie des fumiers produits par l'élevage avicole. Cette litière sera ainsi valorisée sur le lot suivant au travers d'une chaudière et d'un réseau de chaleur.

Coût du kWh économisé	
Standard	Label
0,041 €	NC €

Comprendre !

La valorisation des litières comme combustible fonctionne depuis plus d'une dizaine d'années dans des unités industrielles au Royaume Unis, aux Pays-Bas et aux États-Unis notamment. Il s'agit d'utiliser le pouvoir calorifique de ce combustible dans des unités de combustion adaptées pour produire de l'énergie.

Le développement de chaudière à l'échelle de l'exploitation utilisant les litières comme combustible permettrait d'utiliser la chaleur ainsi produite pour chauffer le bâtiment d'élevage à partir des litières produites par le bâtiment.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Lorsque les chaudières utilisant les litières comme combustible seront validées sur l'aspect réglementaire et donc en phase commerciale, leur mise en place permettra de s'affranchir de l'utilisation d'énergie fossile pour le chauffage des bâtiments. Les préconisations d'installation sont alors de compenser les besoins de chauffage restants sur le bâtiment.

Le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) du fumier de volaille est voisin de 2 800 kWh par Tonne. Par ailleurs, dans ce dispositif, la production de fumier de l'élevage couvre largement les besoins de chauffage du bâtiment BEBC.

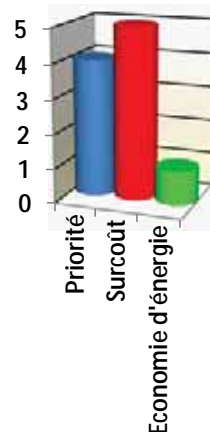
A retenir

La conception d'unités de combustion à l'échelle de l'exploitation est à l'étude depuis plusieurs années par différents fabricants, cependant ces projets se heurtent en France à la réglementation. En effet, les litières issues des élevages ont le statut de déchet, par voie de conséquence leur combustion est soumise à la réglementation sur l'incinération des déchets qui est relativement contraignantes. En effet, respecter les niveaux de rejets imposés par la réglementation sur l'incinération des déchets nécessite la mise en œuvre d'équipements sophistiqués et coûteux qui rendent le dispositif non rentable à petite échelle. Des démarches sont actuellement engagées par la profession en vue d'obtenir le changement de statut des litières afin qu'elles soient considérées comme combustible.

Références

- DIRECTIVE 2000/76/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets
- DECRET n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets

Le solaire photovoltaïque



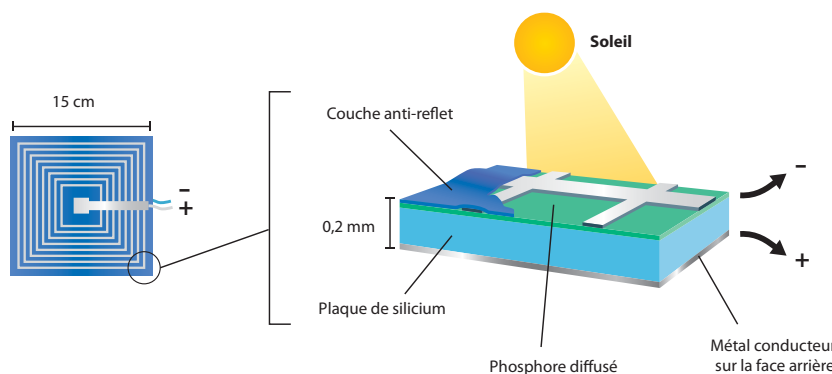
Quel intérêt ?

Utiliser l'énergie solaire pour produire de l'électricité dans le but de la revendre. Dans quelques années, lorsque le coût de production sera inférieur à son coût d'achat, il deviendra intéressant de consommer l'électricité produite sur l'exploitation.

Comprendre !

L'énergie solaire est non polluante, économique, facilement disponible, renouvelable. Les panneaux solaires destinés à la fabrication d'énergie électrique sont composés de matériaux semi-conducteurs généralement à base de silicium. Les cellules photovoltaïques des panneaux convertissent directement le rayonnement solaire en électricité, sous forme de courant continu, le tout sans pièce mécanique, sans bruit et sans production de polluants. C'est le kWc (Kilo Watt Crête) qui est utilisé comme unité de mesure et qui représente la puissance maximale fournie par les panneaux dans des conditions normalisées.

Plusieurs types d'installation peuvent être envisagés :



- **Installation de moins de 9 kWc (60 m²)** : l'installation doit être «intégrée au bâti», c'est à dire que les panneaux assurent l'étanchéité parfaite du bâtiment qui doit être clos et couvert. Ce type d'installation n'est pas possible sur un hangar ouvert. Le tarif de rachat est analogue à celui pratiqué sur des maisons domestiques.

- **Installation de 9 à 100 kWc** : l'installation est dite «non intégrée au bâti». Les panneaux remplacent la toiture existante. Ils sont fixés sur des bacs acier, du voligeage bois ou des rails spécifiques. Si l'installation est inférieure à 36 kWc, le prix de vente de l'électricité sera légèrement plus élevé que si elle se situe entre 36 et 100 kWc. Le coût de raccordement sera aussi nettement plus élevé au-delà de 36 kWc (10 à 25 000 €). Ce peut être un élément dissuasif du projet.

En ce qui concerne la revente de l'électricité sur le réseau, depuis le 1er juillet 2011, les tarifs sont révisés chaque trimestre en fonction du nombre de projets déposés le trimestre précédent. Le prix de vente ne peut chuter de plus de 20 % par an. Du 1er avril au 30 juin 2013, les tarifs étaient les suivants : 30,77 c€/kWh pour une installation de moins de 9 kWc, 16,81 c€/kWh entre 9 et 36 kWc et 15,97 c€/kWh entre 36 et 100 kWc. Ces prix sont majorés de 10 % si la production est réalisée à partir de panneaux «européens». Les contrats de rachat sont établis sur une durée de 20 ans au tarif en vigueur au moment de la demande complète de contrat de raccordement. Ce tarif bénéficie d'une légère actualisation au cours des 20 ans.

Le parc solaire photovoltaïque français raccordé au réseau électrique était de 3 126 MW en France métropolitaine fin décembre 2012.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Il existe un déphasage entre la capacité de production d'un bâtiment avicole équipé et ses besoins en électricité, une grande partie de celle-ci devra donc être revendue.

Attention, si l'installation est supérieure à 100 kWc, obligation est faite de passer par un appel à projet national, soit 650 m² au maximum.

L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque consiste, dans la majorité des cas, à produire de

l'électricité qui est alors vendue et réinjectée sur le réseau.

L'idéal est de produire au moins autant que ce qui est consommé par ailleurs au niveau du bâtiment d'élevage concerné par le projet. Un bâtiment avicole BEBC de 1 300 m² consommant moins de 84 500 kWh/an toutes énergies directes confondues (gaz ou biomasse, électricité et fuel), devra ainsi être équipé d'au minimum 565 m² de panneaux. Pour un bâtiment BEBC en production de volailles label de 400 m² consommant au maximum 26 000 kWh/an, la surface de panneaux installée devra atteindre 175 m². Dans les faits, les pans Sud des toitures des bâtiments peuvent être couverts intégralement de panneaux, ce qui permet de dépasser largement ces seuils. Un BEBC de 1 300 m² par exemple, dont la surface de panneaux solaires photovoltaïques installée est généralement proche de 750 m² produira en moyenne 112 500 kWh/an, soit 33 % de plus qu'il ne consomme.

La pose de panneaux photovoltaïques sur des bâtiments avicoles BEBC est envisageable à condition de respecter les prérequis suivants :

- Veiller à ce que le dimensionnement de la charpente du bâtiment soit adapté au poids de la toiture, panneaux compris (attention en cas de rénovation à ce qu'une étude de charpente soit réalisée en amont).

- L'isolation renforcée d'un bâtiment BEBC doit permettre de limiter les transferts de chaleur en particulier en période estivale. Attention toutefois à utiliser des technologies dont la conception ou le montage limite la production excessive de chaleur sous panneau. En été la température sous les systèmes peut atteindre plus de 70°C lors des pics de chaleur. Les matériaux d'isolation du bâtiment doivent donc résister à ces températures pour limiter leur propre déformation et le transfert de chaleur à l'intérieur du bâtiment. Des systèmes de refroidissement sous panneaux font leur apparition, ils doivent aussi être plébiscités.

- Les pentes de toiture et l'orientation par rapport au soleil exigées pour optimiser le rendement de la production d'électricité ne sont pas incompatibles avec les impératifs de construction à respecter pour la production avicole. Néanmoins, il faut veiller à ce que les silos ou tout autre obstacle (arbres, poteau électrique...) à proximité ne vienne ombrer et donc limiter la production d'énergie. Par ailleurs, la production avicole peut générer des poussières pouvant encrasser les panneaux et en altérer l'efficacité. Il convient donc d'expulser l'air vicié à distance des panneaux (préférer dans l'idéal des bâtiments dynamiques pour canaliser l'air extrait de type extraction mono latérale basse à l'opposé du pan Sud ou extraction en pignon, et éviter l'extraction haute via des cheminées), et de prévoir un système simple de nettoyage des panneaux.

- Employer des supports de panneaux résistants aux agressions chimiques, notamment pour les productions avicoles produisant un air chargé en ammoniac.

- Ne faire intervenir que des entreprises d'installation habilitées à la pose de panneaux photovoltaïques

- Enfin, veiller à ce que l'installation soit bien assurée. La pose de panneaux photovoltaïques sur des bâtiments avicoles chauffés est synonyme d'augmentation des coûts d'assurance. Pour limiter les risques d'incendie et réduire la prime d'assurance, les éleveurs évitent l'installation de radiants à gaz dans les bâtiments concernés. Ils recourent à la pose d'aérothermes à gaz extérieurs, ou privilégient dans l'idéal des systèmes de chauffage à eau chaude (aérotherme ou plancher chauffant). L'investissement est alors plus important. Du fait de ces contraintes, l'installation de panneaux photovoltaïques est souvent réalisée sur des bâtiments annexes de l'élevage.

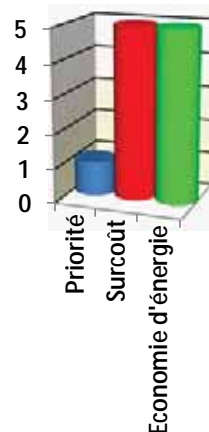
Comparer...

Il faut compter en moyenne 7 m² de panneaux pour obtenir 1 kWc, équivalent à une production de 1 050 kWh/an en Bretagne. Le niveau d'investissement requis est de l'ordre de 60 000 € pour une installation de 36 kWc et de 150 000 € pour 100 kWc (hors raccordement). La durée de vie prévisionnelle des installations photovoltaïques raccordées au réseau est supérieure à 25 ans. Les onduleurs ont par contre une durée de vie plus courte, de l'ordre de 10 ans. Le retour sur investissement varie selon le prix d'achat des panneaux, le tarif de rachat de l'électricité produite et l'ensoleillement. Il se situe en moyenne autour de 12 à 15 ans en Bretagne.

A retenir

Dans toutes les situations, il est important de nettoyer les panneaux et de faire un contrôle du bon fonctionnement de l'installation photovoltaïque au moins une fois par an.

La méthanisation



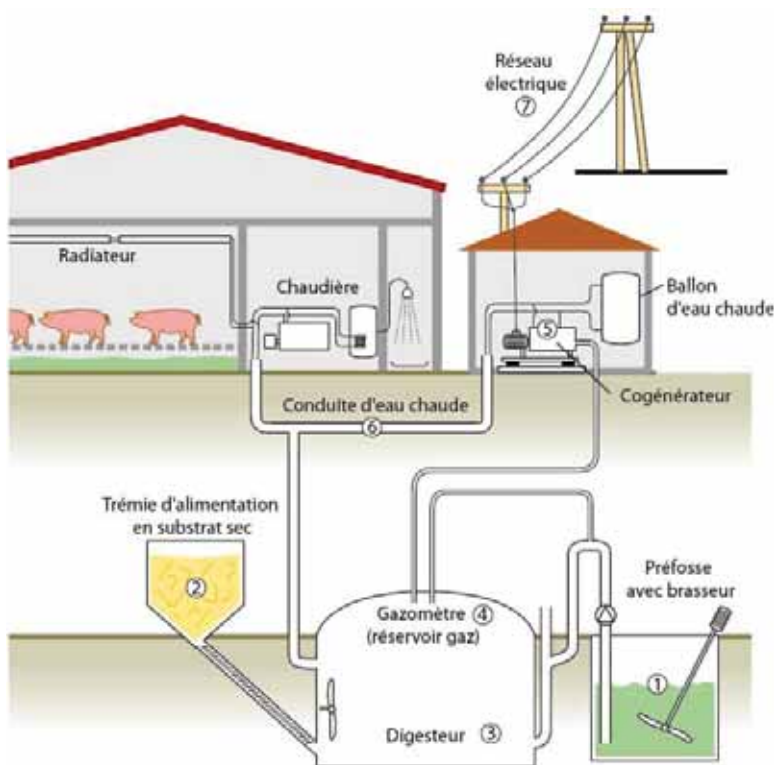
Quel intérêt ?

Valoriser l'énergie thermique produite par co-génération dans une unité de méthanisation agricole. L'intérêt est double, d'une part il est possible de chauffer l'ensemble de ses bâtiments d'élevage, d'autre part, cette valorisation entraîne une amélioration du tarif de rachat de l'électricité à travers la prime à l'efficacité énergétique.

Comprendre !

Une unité de méthanisation agricole permet, à partir de divers déchets et coproduits organiques, de **produire du biogaz**. Après épuration et compression, il peut alors être directement injecté dans le réseau. Sinon le biogaz peut-être brûlé dans un co-générateur, celui-ci produit de l'électricité revendue à EDF et de la chaleur qu'il est nécessaire de valoriser au mieux afin de bénéficier du meilleur tarif de rachat (réseau d'eau chaude).

Synoptique de fonctionnement d'une installation de méthanisation agricole (dispositif en phase liquide infiniment mélangée)



- ① Fosse de stockage des liquides, déjections animales ou autres
- ② Même chose mais pour des produits solides
- ③ Digester clos, brassé et chauffé
- ④ Stockage (quelques heures) du biogaz sur le digesteur
- ⑤ Utilisation du biogaz par un cogénérateur
- ⑥ L'énergie thermique issue du liquide de refroidissement du cogénérateur peut être utilisée à différents usages (chauffage des poulaillers, maison, séchage du digestat, serre...)
- ⑦ Le moteur entraîne une turbine. L'électricité produite est injectée sur le réseau EDF

En pratique pour un bâtiment BEBC

L'utilisation de l'énergie thermique permet, dans la majorité des cas, de **couvrir la totalité des besoins en chauffage** d'une exploitation avicole. Le chauffage étant le premier poste de consommation avec près de 46 % du total, il est alors facile d'atteindre les objectifs d'un BEBC.



co-générateur

Comparer...

La mise en place d'une unité de méthanisation à la ferme est un investissement lourd qui ne doit pas être pensé uniquement pour la production d'énergie thermique destinée au chauffage d'un bâtiment d'élevage. Néanmoins, la rentabilité de ce type d'investissement peut être améliorée lorsqu'un maximum de chaleur est utilisé.

Les tarifs de rachats de l'électricité produite par une unité de méthanisation sont règlementés et dépendent de différents critères (Cf. ci-dessous)

$$V = \frac{E_{th} - E_{élec}}{0.97 \times E_p}$$

V = Efficacité énergétique de l'installation calculée sur une base annuelle

E_{th} = Energie thermique valorisée autrement que par la production d'électricité, l'autoconsommation nécessaire au processus de méthanisation ou la transformation des intrants

$E_{élec}$ = Energie électrique produite nette

E_p = Energie primaire en PCI du biogaz en entrée de centrale

Tarif de base selon arrêté du 19 mai 2011

Prime à l'efficacité énergétique

Efficacité énergétique (valeur du V)	Prime efficacité énergétique (c€/kWh)
≤ 35 %	0
De 35 à 70 %	interpolation
≥ 70 %	4

Puissance installée	Tarif de base (c€/kWh) (*)
≤ 150 kW	13,37
300 kW	12,67
500 kW	12,18
1 000 kW	11,68
≥ 2 000 kW	11,19

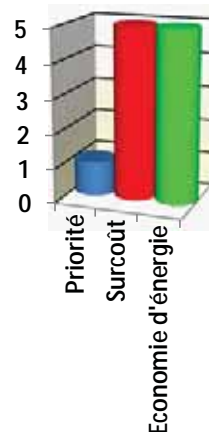
(*) selon la puissance réelle, une interpolation est pratiquée entre ces valeurs

Prime pour le traitement d'effluents d'élevage

Puissance installée	Valeur de la prime maximale (c€/kWh)	Taux d'introduction effluent élevage	Prime à appliquer (c€/kWh)
≤ 150 kW	2,6	≤ 20 %	0
≥ 1 000 kW	0	≥ 60 %	Prime maximale

La prime pour le traitement d'effluents d'élevage dépend du taux d'introduction dans le digesteur mais aussi de la puissance installée. Les valeurs intermédiaires sont déterminées par interpolation linéaire.

La gazéification



Quel intérêt ?

La gazéification de la biomasse consiste à décomposer, en présence d'un gaz réactif (gaz carbonique, vapeur d'eau puis oxygène/air), un solide, par exemple du bois ou du fumier, afin d'obtenir un produit gazeux, appelé syngas, constitué de monoxyde de carbone et d'hydrogène. Ce gaz peut être utilisé comme source de production d'énergie (chaleur, électricité, biocarburant...). Le produit de la gazéification est également constitué de biochar (matières minérales valorisables). Le réglage de la combustion permet de faire varier la proportion de chacun des produits obtenus.

Comprendre !

La réaction de gazéification se passe dans des conditions de température très élevées (plus de 1 000°C). Lors de ce processus, la biomasse est soumise à quatre phénomènes thermochimiques complexes qui se succèdent :

Le séchage

L'humidité du combustible est éliminée par évaporation. Cette opération est endothermique, elle a lieu à une température comprise entre 100°C et 160°C.

La pyrolyse

Des gaz combustibles et non combustibles sont libérés par la biomasse sèche à partir de 250°C. Ces gaz sont constitués de vapeurs non condensables (méthane, hydrogène, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone,...) et de vapeurs condensables (goudrons). Le résidu de cette opération appelé coke est du carbone qui contient des matières minérales.

La réduction

Le coke réagit avec la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, formant de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, constituants principaux du gaz combustible produit.

L'oxydation

L'oxydation a lieu en présence du gaz réactif (air, vapeur d'eau, oxygène pur, hydrogène) qui conditionne le pouvoir calorifique du gaz à la sortie du gazéifieur. L'optimisation de la zone d'oxydation est primordiale dans la mesure où une forte proportion de goudrons produits lors de la pyrolyse y est craquée. L'utilisation de l'air, comme gaz réactif, est la plus répandue. Dans ce cas précis, l'oxydation ou combustion partielle est la phase qui fournit la chaleur nécessaire pour les trois phases du processus de gazéification.

En pratique pour un bâtiment BEBC

Ce type de procédé n'existe pas encore sur le terrain. Aucune application n'a été recensée dans le domaine agricole. Le potentiel de production d'énergie est néanmoins très important. Le développement d'une application compacte, utilisant un tel procédé à l'échelle d'une exploitation agricole, nécessiterait de maîtriser les risques d'émissions de gaz de pyrolyse, et la sécurité des utilisateurs (température élevée, gaz...), et devra dans tous les cas rester cohérente économiquement (investissement, valorisations de l'énergie produite, coût de l'énergie...).

Comparer...

Aucune application adaptée aux élevages n'a à ce jour été recensée.

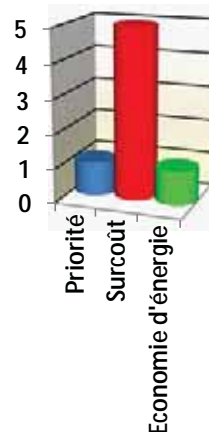
A retenir

Il existe quelques 300 unités de gazéification dans le monde. La gazéification peut être utilisée comme une solution de substitut dans plusieurs domaines :

- La valorisation de la biomasse : la technique de gazéification présente un bilan carbone équilibré dans la mesure où elle utilise la biomasse. En effet, dans ce cas, le CO₂ rejeté est celui qui a été absorbé par la photosynthèse ayant produit les végétaux gazéifiés.
- La valorisation des déchets organiques : La gazéification des déchets se pose aujourd'hui en concurrent de l'incinération car elle présente plusieurs avantages par rapport aux procédés classiques : l'élimination des produits de combustion est effectuée directement sur le syngas, alors que l'incinération produit un volume de fumée beaucoup plus important ; l'énergie électrique peut être fournie à partir de moteurs et de turbines à gaz, qui sont beaucoup moins onéreux et plus efficaces que le cycle de la vapeur utilisé dans les incinérateurs ; la conversion chimique du syngas permet de produire des carburants de synthèse, et pas seulement de l'électricité.

Malgré les atouts qu'elle présente, la gazéification reste encore peu développée dans le monde. L'industrialisation et la structuration du marché de la gazéification nécessitent encore des efforts de financement de programmes de recherche. En outre, la gestion des déchets étant du ressort des pouvoirs publics, le choix de la gazéification plutôt que de l'incinération ne peut qu'émaner d'une volonté politique forte. Enfin, une implication plus marquée de grands acteurs du secteur privé reste nécessaire pour stimuler le développement d'une telle filière.

L'énergie éolienne



Quel intérêt ?

Utiliser la puissance du vent pour produire de l'électricité destinée à être autoconsommée ou vendue.

Comprendre !

Le principe de cette énergie renouvelable repose sur la capacité du vent à provoquer la rotation de pales, dont l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique par une génératrice. Les pales sont toujours orientées face au vent par un système de gouvernail pour le petit éolien et par une gestion électronique pour les éoliennes de grande dimension. L'électricité produite est, soit utilisée directement, soit stockée dans des batteries ou encore injectée sur le réseau.

Le dimensionnement de l'installation doit être fait par des spécialistes, à partir des données du site (vitesse et fréquence du vent) issues d'une campagne de mesures sur une année et des courbes de puissance des éoliennes. L'éolienne peut ainsi être dimensionnée pour couvrir une partie des besoins en électricité de l'élevage. Cela permet de valoriser le maximum de l'électricité produite.

Une demande de permis de construire doit être déposée à la mairie si la hauteur du mât dépasse 12 m. Dans les autres cas, une déclaration de travaux suffit.

Il existe différentes catégories d'éoliennes : les aérogénérateurs domestiques (de 2 à 50 kW de puissance) et les grandes éoliennes. Ces dernières, les plus fréquemment installées, font plusieurs MW.

Dans les élevages, les éoliennes de petite ou moyenne puissance peuvent être montées sur des mâts de 10 à 35 m. Il est fortement conseillé de les installer sur des mâts de 18 m, voire 24 m. A cette hauteur, les vents sont moins perturbés et plus réguliers. La production d'électricité d'une éolienne est estimée à 20 000 kWh pour 10 kW de puissance installée en très bonnes conditions. Cependant, cette production peut vite chuter si les conditions ne sont pas réunies (vent insuffisant, obstacles naturels...). Une étude de faisabilité technique et une étude des vents sont donc indispensables.

La production d'électricité de l'éolienne n'étant pas corrélée aux besoins en électricité de l'élevage (chauffage, ventilation, alimentation, éclairage ...), l'énergie produite peut être stockée dans des batteries d'accumulateurs. Cependant, à ce jour, le coût de ces équipements reste prohibitif. Une autre solution consiste à utiliser l'électricité excédentaire de l'éolienne pour produire de l'eau chaude. C'est une autre façon de stocker de l'énergie.

Economiquement, le coût de production du kWh éolien reste plus élevé que le prix de l'électricité d'origine nucléaire vendue par EDF en 2013. Il sera temps, lors des augmentations à venir, de vérifier l'intérêt économique d'investir dans le petit éolien.



En pratique pour un bâtiment BEBC

Mettre en place une éolienne pour valoriser l'énergie gratuite du vent. L'idéal est de produire au moins autant d'électricité que ce qui est consommé par ailleurs au niveau du bâtiment concerné par l'installation.

Comparer...

Il est difficile d'effectuer une comparaison des différents types de produits existants sur le marché. En effet, le principe de base est similaire dans tous les cas. La production d'énergie est principalement conditionnée par le lieu d'implantation des éoliennes, avec des différences importantes selon les sites (climat, relief...) et les caractéristiques de l'éolienne.

D'après les installateurs, le temps de retour sur investissement serait d'une vingtaine d'années pour une éolienne avec auto-consommation de l'électricité produite.

A retenir

Comme pour les panneaux photovoltaïques, les éoliennes produisent de l'énergie électrique destinée à l'autoconsommation mais aussi à la revente sur le réseau électrique.

Il n'est plus nécessaire de se situer dans une ZDE (zone de développement éolien), pour pouvoir bénéficier de l'obligation de l'achat d'électricité par EDF ou un autre distributeur. Depuis l'arrêté du 10 juillet 2006, le tarif de rachat du kWh en métropole est de 8,2 cts € pour les 10 premières années, et varie selon la durée annuelle de fonctionnement de référence pour les 5 années suivantes.

Le fonctionnement des éoliennes, de jour comme de nuit, est un avantage par rapport à l'énergie solaire. Cependant, la maintenance de ces équipements (entretien mécanique, peinture à renouveler, problèmes d'accessibilité...) peut générer des coûts supplémentaires non négligeables.

Réglementation

- < 12 m de haut : déclaration de travaux
- de 12 à 50 m (pales incluses) : permis de construire et notice d'impact
- > 50 m ICPE avec étude d'impact



Crédits photos : ITAVI, IFIP, Chambres d'agriculture, Shutterstock, C-Lines



Ce guide propose :

- des pratiques d'élevage ou des technologies nouvelles ou récentes pour **réduire les consommations d'énergie** dans les bâtiments d'élevage de volailles de chair,
- des techniques de **production d'énergie**,
- des conseils pour **construire** un bâtiment à énergie positive,
- des solutions pour adapter des **bâtiments existants**,
- la quantification des économies d'énergie et des **coûts** de référence,
- le maintien des **performances** techniques et même leur amélioration...



Cette brochure a été réalisée avec la contribution financière du Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural (CASDAR), dans le cadre des Programmes National et Régional de Développement Agricole et rural (PRDA et PNDA).