

Le bâtiment d'élevage à basse consommation d'énergie (BEBC)





Panneaux photovoltaïques



Bâtiment avicole avec récupérateur de chaleur



Local technique avec pompe à chaleur

* Etude URE ADEME 2006, brochures énergie disponibles sur les sites www.ifip.asso.fr, www.itavi.asso.fr, www.idele.fr, www.synagri.com, www.agrilianet.com, outil DECIBEL.

Contexte

Dans un contexte de raréfaction des ressources énergétiques mondiales, la maîtrise de l'utilisation de l'énergie apparaît aujourd'hui comme une triple nécessité : **politique** (objectifs internationaux, Grenelle de l'environnement), **économique** (renchérissement des ressources), **environnementale** (prélèvement de ressources fossiles et émissions de gaz à effet de serre).

L'année 2006 a marqué un tournant en ce qui concerne la question énergétique dans les élevages. En effet, depuis l'étude commanditée par l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME - étude URE), les filières animales disposent de référentiels précis sur les consommations d'énergie directes dans les bâtiments d'élevage. C'est pourquoi, ces dernières années, les travaux, outils et documents* traitant des consommations d'énergie dans les élevages se sont multipliés.

Les références disponibles permettent de repérer les principaux postes de dépense énergétique en élevage, et d'évaluer les économies possibles :

- **En élevage porcin**, les écarts observés entre élevages (30 %) suggèrent de réelles possibilités d'économies d'énergie. La réduction des consommations passe notamment par le poste « chauffage » qui représente, à lui seul, 46 % des consommations énergétiques d'un élevage de porcs.
- **En élevage avicole**, de gros écarts de consommation d'énergie existent entre les élevages. Ramenée au kilo vif elle varie de 1 à 3 entre les 33% plus faibles consommateurs et les 33% supérieurs. Les pratiques et techniques de production employées expliquent l'essentiel des écarts, le différentiel de productivité entre élevages y contribue également. **Le plus gros poste énergétique est le chauffage** qui représente près de 80 % des consommations d'énergie finale directe d'un élevage de volailles.

• En élevage de ruminants :

- > **En bovin laitier**, l'utilisation d'un pré-refroidisseur de lait permet d'économiser de 35 % à 50 % sur les consommations d'électricité du tank à lait. Un récupérateur de chaleur sur le tank à lait peut réduire de 40 à 80 % les consommations d'énergie du chauffe-eau.
- > **En veau de boucherie**, un chauffe-eau solaire thermique peut assurer la moitié des besoins de production d'eau chaude nécessaire à la buvée.

Dans ce contexte, il est demandé au secteur agricole de réduire l'impact environnemental des exploitations. L'objectif global de la France est de **diminuer de 20 % les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de produire 20 % d'énergie renouvelable**.

La diminution des consommations d'énergie finale (Cf. encadré p 4) des bâtiments d'élevage constitue l'une des réponses à cet objectif.

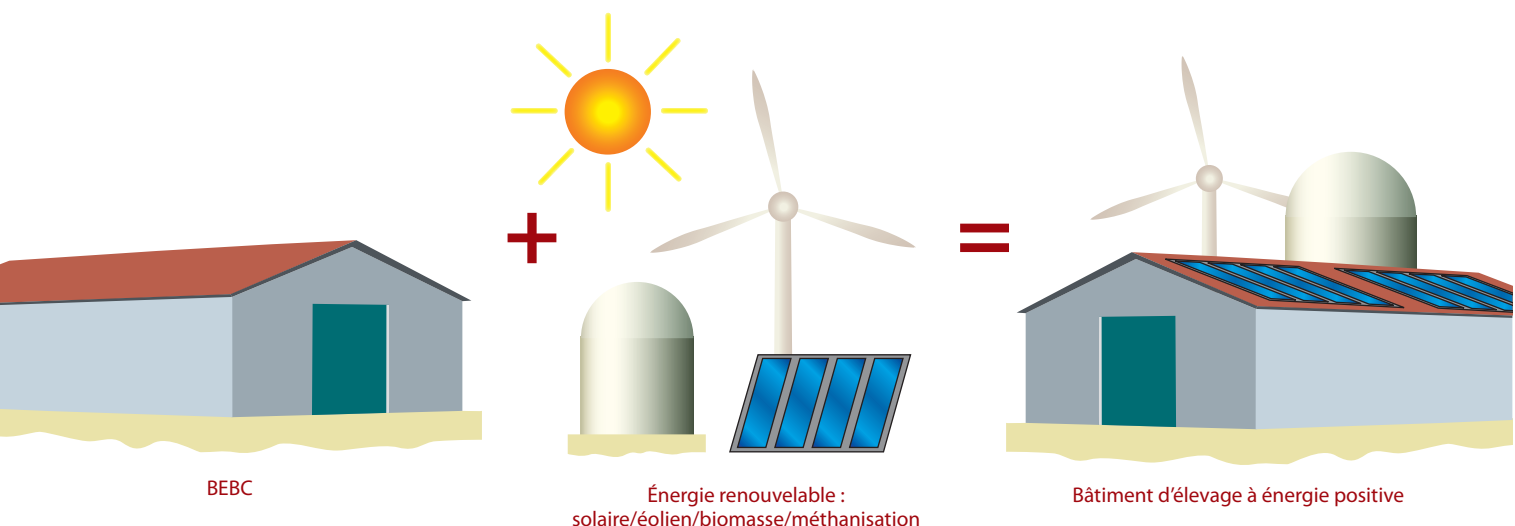
Outre les actions de gestion courante visant à optimiser l'utilisation de l'énergie, le concept de bâtiment d'élevage à basse consommation (appelé « BEBC ») est une nouvelle stratégie complémentaire.

Le projet de recherche « Conception de bâtiments d'élevage innovants à énergie positive »

Ce projet ambitionne d'adapter la démarche venant du tertiaire et du résidentiel aux bâtiments d'élevage des trois principales filières (ruminants, porcins, volailles).

Un bâtiment d'élevage à énergie positive peut être défini comme un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Cependant, aboutir à ce concept 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.





Chauffage par pompe à chaleur

Le bâtiment d'élevage à basse consommation d'énergie (BEBC)

Par similitude avec les constructions à basse consommation d'énergie (BBC) dans l'habitat, les BEBC doivent, à travers leur structure, leur organisation et leurs équipements, permettre de minimiser les consommations d'énergie en dessous d'un certain seuil.

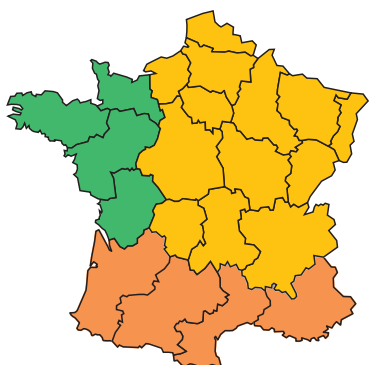
De par leur destination, les bâtiments d'élevage nécessitent une méthode spécifique, différente de celle utilisée pour labéliser les constructions BBC.

Parties ou fonctions du bâtiment potentiellement concernées

Lors d'un projet de construction sur un élevage, l'ensemble des bâtiments et des équipements n'est pas systématiquement concerné par la démarche BEBC.

Selon les filières, le tableau 1 précise les parties ou fonctions du bâtiment potentiellement concernées par cette démarche.

Figure 1 : Zones climatiques permettant de pondérer les seuils de consommation



Récupérateur de chaleur



Pose de réseau de capteurs

Principes méthodologiques

Les BEBC doivent respecter une obligation de moyens avec un objectif de résultats.

Ainsi, il s'agit de proposer un bâtiment d'élevage qui permet de ne pas dépasser, a priori, un seuil de consommation d'énergie fixé sur la base des références des consommations de l'année 2009.

Le kilowattheure (kWh) exprimé en énergie finale (Cf. encadré page suivante) est l'unité de référence pour l'expression des objectifs à atteindre pour être qualifié BEBC (contrairement aux constructions BBC qui utilisent un kWh en énergie primaire).

Un coefficient (μ) de correction permet de prendre en compte la diversité climatique (Cf. Figure 1), ainsi, en zone verte $\mu = 1$, en zone jaune $\mu = 1,2$ et en zone orange $\mu = 0,76$. Quelle que soit la zone climatique, au-delà de 1000 m d'altitude, $\mu = 1,2$.

Il conviendra de multiplier les seuils visés pour être BEBC par ce coefficient pour connaître la valeur de consommation maximale du BEBC de la zone.

Pour la filière porcine : l'objectif de consommation maximale est défini par déduction de diverses économies d'énergie à la consommation d'énergie de référence.

Par exemple, une maternité consommant annuellement 540 kWh/place sera considérée comme BEBC par comparaison à la référence moyenne de 900 kWh/place. Cela correspond à 360 kWh/an d'économie réalisée par la mise en place d'équipements économes du type niche à porcelets.

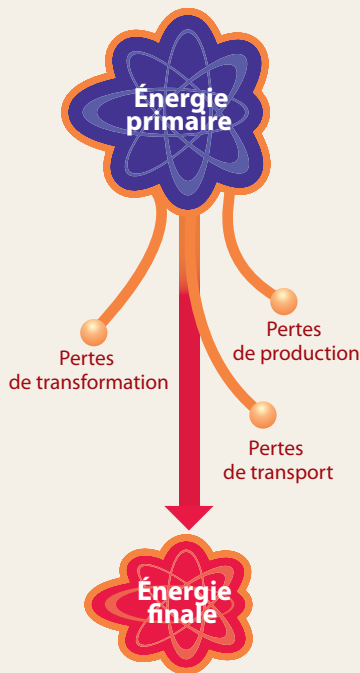
Pour la filière avicole : l'objectif est de ne pas dépasser la consommation de 65 kWh/m²/an.

Ces valeurs sont calées sur les consommations d'énergie obtenues par le tiers des élevages les moins consommateurs dans l'enquête réalisée chaque année auprès des aviculteurs par les Chambres d'agriculture du grand-Ouest.

Pour les ruminants : selon le poste de consommation considéré, on ramène l'énergie dépensée à l'animal adulte (vache laitière, brebis), à une quantité produite (1 000 kg de lait ou 100 kg de poids vif) ou à une unité de surface (m² d'aire de vie des animaux). Par exemple, le refroidissement de 1 000 kg de lait nécessite habituellement 22 kWh. Par l'installation d'un pré-refroidisseur de lait, on peut atteindre les objectifs du BEBC avec une consommation inférieure à 12 kWh.

TABLEAU 1 : FONCTION DU BÂTIMENT CONCERNÉ PAR LA DÉMARCHÉ BEBC

Élément concerné par la démarche BEBC	Filière porcine	Filière avicole	Filière ruminant
Logement des animaux	★	★	★
Salle de traite + laiterie			★
Equipements pour les bâtiments accueillant des animaux	★	★	★
Fabrique d'aliment à la ferme			★
Atelier de transformation à la ferme			★
Hangar de stockage			★
Gestion des effluents			★



- **Énergie directe** : énergie consommée sur l'exploitation (électricité, fioul, gaz, bois...).
- **Énergie indirecte** : énergie consommée à l'extérieur du lieu de production agricole (amont et aval de l'exploitation) et nécessaire à la production des intrants (aliments, engrais...).
- **Énergie finale** : quantité d'énergie consommée et facturée à l'exploitation.
- **Énergie primaire** : énergie finale à laquelle s'ajoute l'énergie consommée pour la produire.

Le tableau suivant présente les valeurs de l'énergie directe exprimées en énergie finale et en énergie primaire.

Le choix de l'énergie finale permet d'éviter une confusion en termes de conseil.

Ainsi, **pour obtenir la qualification BEBC, il suffit de respecter un seuil de consommation d'énergie et ce, quel que soit son type.** Par exemple, si un élevage de porcs consomme 491 kWh électriques par truie présente il sera considéré comme BEBC, ce qui n'aurait pas été le cas en prenant l'énergie primaire puisqu'il atteindrait $491 \times 2,58 = 1\,267$ kWh.

VALEURS DE L'ÉNERGIE DIRECTE EN ÉNERGIE FINALE ET EN ÉNERGIE PRIMAIRE

Type d'énergie	Valeur en énergie finale	Valeur en énergie primaire BBC	Valeur en énergie primaire Dia'Terre
1 kWh électrique	1 kWh	2,58 kWh	2,89 kWh
1 litre de fioul	9,85 kWh	9,85 kWh	12,67 kWh
1 kg de propane (PCS) ¹	13,80 kWh	13,80 kWh	15,48 kWh
1 MAP de bois à 25 % d'HR ²	880 kWh	528 kWh	0 kWh

¹ PCS : pouvoir calorifique supérieur ; ² HR : humidité relative

Le tableau ci-dessous précise, par filière et en fonction de leurs spécificités, les niveaux d'objectifs qui ont été fixés. Parmi toutes les possibilités de combinaisons techniques en bâtiments d'élevage de vaches laitières (VL) ou de vaches allaitantes (VA), les consommations de références ont été cal-

culées avec des combinaisons de choix techniques courants et cohérents. Pour atteindre le seuil BEBC, il a été retenu à la fois des pratiques plus économes et des matériels plus performants. Dans la majorité des bâtiments d'élevage de ruminant, les sources d'énergie sont à la fois l'électricité et le fioul.

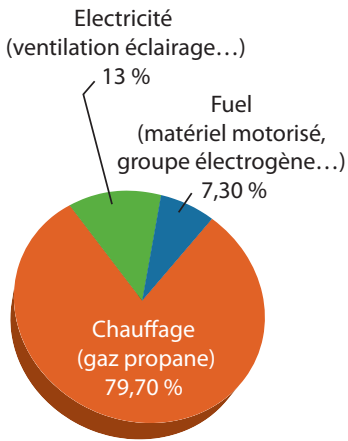
TABLEAU 2 : OBJECTIFS DE RÉSULTATS POUR ÊTRE CONSIDÉRÉ BEBC

	Consommation de référence basée sur 2009	Consommation maximale pour obtenir un BEBC	Unité	% d'économie par rapport à la référence
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 avicole			
Volailles de chair	120	65	kWh/m²/an	45 %
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>				

VL : Vaches laitières ; VA : vaches allaitantes

BEBC : les spécificités de l'élevage avicole

Figure 2 : Répartition des consommations d'énergie par poste en élevages de volailles de chair



Les productions avicoles ont la particularité de regrouper différentes espèces élevées selon différents types de productions.

A chacune de ces filières de production correspond un type de bâtiment.

Quatre grandes filières de production sont distinguées :

- **Les volailles de chair** (poulets, dindes, pintades, canards à rôtir) élevées soit en claustration, soit en plein air ;
- **Les volailles reproductrices** et futures reproductrices (poulets, dindes, canes, pintades) ;
- **La filière œufs de consommation** (poules pondeuses élevées en cages ou au sol et poulettes futures pondeuses) ;
- **Les palmipèdes gras** (pré-gavage et gavage).

De plus, huit types de bâtiments ont été répertoriés et analysés. Il en ressort que les bâtiments dédiés à la production de volailles de chair représentent la majeure partie des surfaces de bâtiments avicoles soit 60 % de la superficie totale.

Dans l'approche du bâtiment à énergie positive, nous nous intéresserons donc dans un premier temps uniquement aux bâtiments de production de volailles de chair.

Les consommations d'énergie varient d'une production à une autre, ainsi qu'entre élevages au sein d'un même type de production.

Les marges de progrès sont donc importantes pour beaucoup d'élevages, notamment au sein de la filière chair.

L'évaluation des consommations d'énergie directe permet de hiérarchiser les différents postes énergivores (cf. figure 2) et d'identifier les pistes de réduction envisageables.

En production de volailles de chair, les sources d'énergies directes sont le gaz propane pour le chauffage des bâtiments, l'électricité pour l'éclairage, la ventilation, l'abreuvement, l'alimentation et le fuel pour les travaux de curage et le fonctionnement du groupe électrogène en cas de panne ou de défaillance du réseau.

Le poste de consommation d'énergie le plus important est le chauffage (79.7% de la consommation totale d'énergie directe) pour deux raisons :

- **Des températures ambiantes élevées** sont requises pour les oiseaux à leur arrivée dans l'élevage à l'âge d'un jour,
- **Des bâtiments de surface** importante et de très gros volumes à chauffer.

Figure 3 : Les échanges thermiques dans un bâtiment (en W)

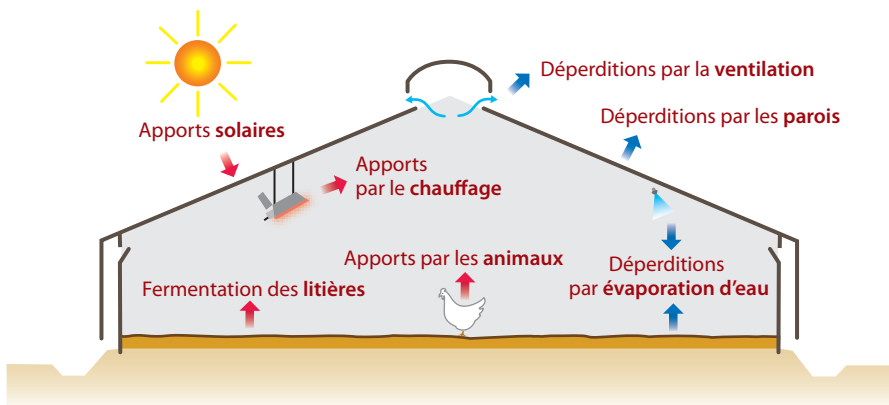
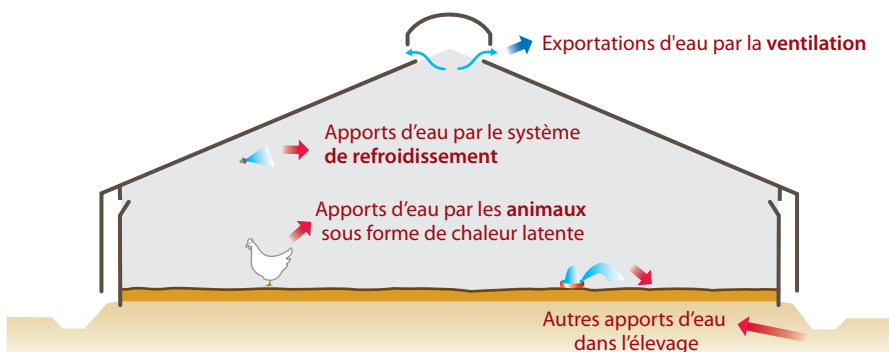


Figure 4 : Les échanges d'humidité dans un bâtiment (g/h)

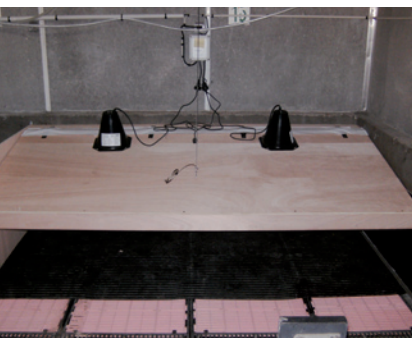


Trois facteurs sont à l'origine de la variation des besoins :

- 1 - Déperditions à travers les parois du bâtiment
- 2 - Déperditions dues au renouvellement de l'air du bâtiment
- 3 - Apports de chaleur par les animaux



Panneaux photovoltaïques



Niche à porcelets

BEBC : les spécificités de l'élevage porcin

Dans le domaine de l'habitat BBC, l'isolation occupe **une place de choix**. En effet, le chauffage est la principale source de consommation d'énergie et les déperditions thermiques par les parois représentent plus de 60 % des besoins en chauffage.

En élevage porcin, les consommations d'énergie directe se répartissent à 85 % entre le **chauffage et la ventilation** (Cf. Figure 5).

Ainsi, pour un bâtiment d'élevage de porcs BEBC, les efforts sur les consommations d'énergie doivent être portés en priorité sur ces 2 postes.

Concernant le chauffage, trois facteurs sont à l'origine de la variation des besoins (Cf. Figure 6) :

- 1 - Déperditions à travers les parois de la salle
- 2 - Déperditions dues au renouvellement de l'air de la salle
- 3 - Apports de chaleur par les animaux

Pour réaliser un bilan thermique, il faut soustraire aux apports de chaleur l'ensemble des pertes d'énergie par les parois et le renouvellement d'air.

Dans les bâtiments isolés de moins de 10 ans, les pertes thermiques à travers les parois représentent environ 30 % des déperditions contre 70 % pour celles générées par le renouvellement de l'air.

L'ensemble de ces éléments permet alors de prioriser les efforts à mettre en œuvre pour aboutir à un BEBC dans le secteur porcin.

Figure 5 : Répartition des consommations d'énergie par poste en élevage porcin

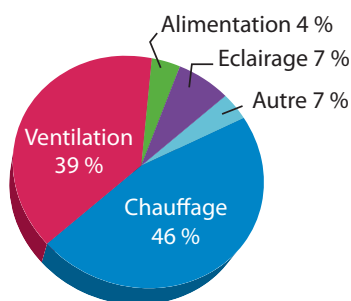
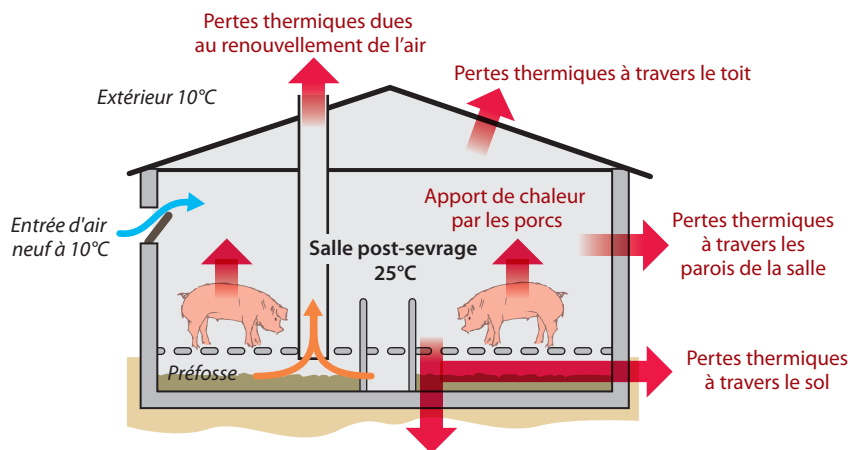


Figure 6 : Bilan thermique d'une salle de post-sevrage



Tête du réseau de capteur sous aires paillées en élevage ruminant

BEBC : les spécificités de l'élevage ruminant

Les élevages de ruminants 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 (à l'exception de quelques chèvres ou bergeries pour ovins laitiers) étant ventilés naturellement.

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 ruminants, 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.



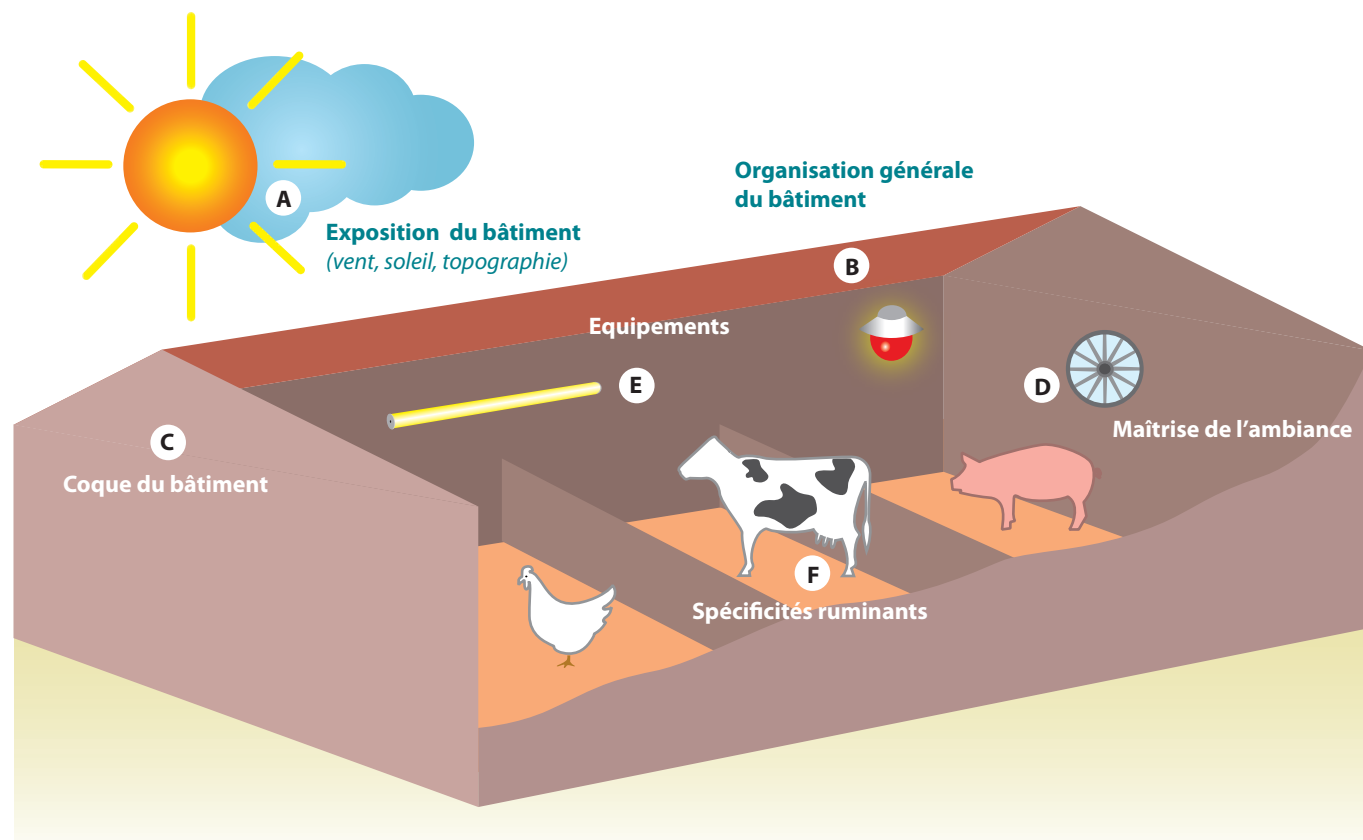
Remblaiement des aires paillées en élevage ruminant

Points clés pour obtenir un BEBC

Il est important de noter que le bâtiment d'élevage est avant tout un outil de production.

Sur l'ensemble de ce document, les solutions et conseils proposés tiennent compte de cet aspect et ne vont pas à l'encontre des besoins de performances techniques de l'élevage.

La qualification BEBC en élevage passe par diverses solutions, depuis l'organisation du bâtiment jusqu'aux équipements qui seront présents.



EXEMPLES

A - EXPOSITION DU BÂTIMENT

	Les bâtiments doivent être implantés selon la topographie du terrain pour limiter l'exposition aux vents dominants.
Vents dominants	Par exemple, la construction d'un élevage ne doit pas se faire sur un point élevé (haut d'une colline). L'orientation de l'axe du bâtiment perpendiculaire aux vents dominants, avec une tolérance de $\pm 45^\circ$, sera privilégiée (ceci est d'une importance primordiale en bâtiments à ventilation naturelle).
Apports solaires passifs	Le bâtiment sera implanté pour bénéficier au mieux des apports solaires passifs (si récupération de la chaleur en hiver), tout en limitant le réchauffement en période estivale. Par exemple, si le bâtiment est orienté dans sa longueur nord/sud, il sera difficile de mettre en place un mur solaire pour récupérer de l'énergie.

B - ORGANISATION GÉNÉRALE DU BÂTIMENT

Regroupement des stades chauffés	Le bâtiment doit être pensé pour limiter les pertes de chaleur et/ou maximiser la récupération d'énergie. Ainsi, il est préférable de regrouper les stades chauffés sous un même bâtiment et mettre à proximité les stades physiologiques fortement excédentaires en chaleur. Par exemple, un bâtiment porcin avec un couloir central peut abriter du côté sud des salles de post-sevrage et du côté nord des salles d'engraissement. En élevage avicole, l'organisation du bâtiment peut permettre un démarrage sur une partie du bâtiment et ainsi réduire la surface à chauffer (en poulets), ou encore la mise en place d'un bâtiment spécifique permettant un démarrage des animaux en densité plus élevée peut réduire considérablement la facture énergétique (en dindes).
Couloirs tampons	Il s'agit de mettre en place des couloirs latéraux permettant de limiter la surface de murs des salles chauffées en contact direct avec l'extérieur. Il faut donc éviter le recours au couloir central et privilégier les couloirs latéraux exposés plein nord ou dans l'axe des vents dominants.
Compacité	Les bâtiments d'élevage chauffés existants sont généralement compacts et comportent peu de décrochages pouvant générer des ponts thermiques. Cependant, en élevage porcin, lors de l'agrandissement d'un bâtiment existant ou de l'ajout d'un bâtiment neuf, il est préférable de penser le projet dans la continuité du bâti existant.

EXEMPLES

C - COQUE DU BÂTIMENT

Inertie des matériaux	Les matériaux utilisés dans la construction des bâtiments d'élevage de porcs ont une bonne inertie. Ainsi, les panneaux en briques monolithes ou en béton permettent de diffuser la nuit la chaleur emmagasinée le jour. Il faut éviter d'isoler les salles depuis l'intérieur pour que l'inertie des matériaux puisse jouer un rôle optimal.
Isolation et ponts thermiques	La rupture des ponts thermiques lors de la construction des bâtiments peut améliorer la qualité globale de l'isolation du bâtiment et générer des économies d'énergie. Cela permet aussi d'éviter les phénomènes de condensation ainsi que les parois froides qui vont abaisser la température ressentie par les animaux. En élevage porcin, il est également primordial d'isoler les pré-fosses aériennes.
Étanchéité à l'air	Les entrées d'air parasites peuvent être préjudiciables tant d'un point de vue technique qu'énergétique. Ainsi, pour s'assurer de la bonne étanchéité du bâtiment un test de dépression peut être réalisé.

D - MAÎTRISE DE L'AMBIANCE

	La maîtrise de l'ambiance est l'un des points clefs de la performance technique des productions hors-sol mais aussi de la maîtrise des consommations énergétiques. Ainsi une bonne adéquation entre la ventilation, le chauffage, le refroidissement et les exigences bioclimatiques des animaux est indispensable. Les apports lumineux (naturels ou/et artificiels) devront également être adaptés à l'espèce et au stade physiologique des animaux.
Ventilation	La maîtrise de la ventilation minimum est nécessaire pour évacuer l'humidité et maintenir la qualité de l'air au niveau requis par les travailleurs et les animaux. L'utilisation d'échangeurs récupérateurs de chaleur permettra de limiter les pertes de chaleur par le renouvellement d'air.
Chauffage	En élevage porcin, l'application d'une consigne de chauffage et de ventilation identique permet de limiter les risques de gaspillage d'énergie par une sur-ventilation lorsque le chauffage est en fonctionnement. Les besoins en chauffage des volailles de chair sont relativement importants pendant les premiers jours et diminuent assez rapidement tandis que la production de chaleur par les animaux augmente. L'utilisation d'une ou plusieurs sources d'énergie renouvelables permettra de se rapprocher du label BEBC.

E - EQUIPEMENTS

Ventilation	Certains ventilateurs proposés sur le marché permettent des économies de l'ordre de 75 % de l'énergie nécessaire au renouvellement de l'air dans les salles.
Chauffage	De nombreux équipements existent : échangeur, PAC (pompe à chaleur), mur solaire, chaudière gaz à condensation, récupération de la chaleur du fumier (stocké ou non), etc.
Éclairage	Utilisation souhaitable de la lumière naturelle (en veillant à ne pas augmenter trop fortement les déperditions et créer des ponts thermiques importants). Emploi d'éclairage artificiel basse-consommation.

F - SPÉCIFICITÉS RUMINANTS

Tank à lait	Pour limiter les consommations du tank à lait, plusieurs technologies existent, comme les récupérateurs de chaleur par exemple.
Ventilation	Une bonne ventilation de la laiterie apporte des économies d'énergie. Pour la ventilation d'été des stabulations, il semble important de bien dimensionner et d'utiliser les brasseurs d'air.
Eau chaude	La production d'eau chaude pour le lavage d'une salle de traite par exemple, peut être assurée par la mise en place de panneaux solaires thermiques.
Tracteurs	Stage d'éco-conduite, passage au banc d'essai, adéquation puissance / opération.

Comité de rédaction : Instituts techniques agricoles : Michel Marcon (IFIP), Patrick Massabie (IFIP), Jean-Yves Blanchin (Idèle), Gérard Amand (ITAVI), Jacques Capdeville (Idèle) et **Chambres d'agriculture :** Anne-Laure Boulestreau-Boulay (CRAPDL), Frédéric Kergourley (CRAB), Céline Zanella (CRA Bourgogne), Christian Nicolas (CRAB), Dylan Chevalier (CRAPDL), Yvon Seité (CRAB) et Bernard Houssin (CDA50).



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).