
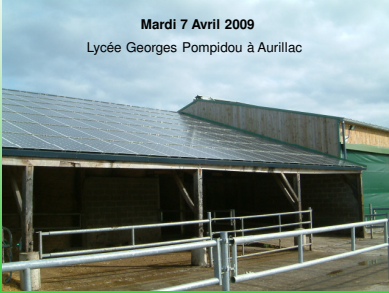


## Information sur le photovoltaïque




**Mardi 7 Avril 2009**  
Lycée Georges Pompidou à Aurillac



*Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage*


## Adaptation bâtiments au photovoltaïque



- Rappels techniques
- Réponses à titre d'expert
- Simulation d'un investissement 75 kWc

*Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage*


## Adaptation bâtiments au photovoltaïque



- Rappels techniques

*Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage*

## Notion d'angle et de pente toiture




➤ Notion angle et pente: Exemple angle de 30 ° et pente de 30%

CALCUL RELATIONS ANGLE - PENTE	
<b>Angle</b>	<b>30,00 °</b>
déclivité sur 1 m	0,58 m.
pente en %	57,74%
longueur de la pente	1,155
<b>Pente souhaitée en %</b>	<b>30,00%</b>
déclivité sur 1 m	0,30 m.
angle	16,70 °
longueur de la pente	1,044

➤ Une construction agricole standard a une pente:  
 de 26% en fer = 14.57° = efficacité 96.4% si orientation plein sud  
 de 30% en bois = 16.70° = efficacité de 96.9% si orientation plein sud  
 ➤ Une pente entre 36 et 37% = 20.00° = très bon compromis si hangar PV avec efficacité à 97.7%

*Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage*

## Orientation



**L'orientation sera SUD**  
avec une tolérance Sud-Sud Est et Sud-Sud Ouest.

% de production réalisée par rapport à production maximum possible


➤ Comparaison de l'optimum avec des pentes standard région:

ORIENTATION	EST	SUD-EST	SUD	SUD-OUEST	OUEST
<b>OPTIMUM 30°</b>					
Pour 57.7% pente	90.0	96.0	100.0	96.0	90.0
26% - 14.57°	91.5	94.4	96.4	94.4	91.5
30% - 16.70°	91.3	94.7	96.9	94.4	91.3
36-37% - 20.00°	91.0	95.0	97.7	95.0	91.0

**L'orientation a plus d'incidence que la pente de toit !**  
 Plein SUD ; incidence pente jusqu'à - 3%  
 A même pente de toit incidence Sud-Est ou Sud Ouest : jusqu'à - 5%

*Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage*

## Poids de l'installation et solidité du bâtiment



➤ Poids équipement photovoltaïque:  
 - de 11 à 14 kg par m<sup>2</sup> pour les panneaux classiques, rajouter les profilés(s),  
 - jusqu'à 20 kg par m<sup>2</sup> avec sous toiture.

➤ Poids couverture fibrociment classique:  
 Gamme des longueurs préférentielles - poids des plaques en kg (Eternit natura)

Profil	1,525 m.	1,585 m.	1,750 m.	x largeur
5 Ondes	19,70	20,4	22,5	x 91,8 cm
6 Ondes	23,37	24,4	26,9	x 109,5 cm

En aucun cas l'écartement entre axes des appuis ne doit être supérieur à 1,385 m.  
 Estimation poids au m<sup>2</sup> après recouvrement:  
**De, en moyenne, 18,0 à 19,0 kg.** (extrêmes, 17,0 à 20 kg.)  
 Plus, savoir qu'une tôle fibrociment peut absorber 25% de son poids en eau  
 = poids maxi 22 – 24 kg.

➤ En cas de montage sur un bâtiment existant, l'opérateur demandera le plus souvent une expertise charpente par un organisme agréé, type SOCOTEC, APAVE, etc...  
 (Un renforcement de la structure entraîne un coût plus important)

*Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage*



## Poids de l'installation et solidité du bâtiment

- **Poids équipement photovoltaïque:**
  - de 11 à 14 kg par m<sup>2</sup> pur des panneaux classiques, rajouter les profilés(si)
  - jusqu'à 20 kg par m<sup>2</sup> avec sous toiture

- **Poids couverture bac acier (tôles de 150 à 800 longueur):**

Epaisseur (mm)	0.63	0.75	0.88	1.00	1.25
Masse (kg/m <sup>2</sup> )	5.82	6.93	8.13	9.24	11.54

Est à rajouter la valeur des recouvrements;

- ✓ Même avec les recouvrements et les fixations, une couverture bac acier est plus légère à équivalente à un équipement photovoltaïque,
- ✓ Une sous toiture bac acier (fin) plus un équipement photovoltaïque standard n'est pas plus lourd qu'une couverture fibrociment.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

7



## Bâtiment standard ou maximisé photovoltaïque

L'exploitant agricole doit toujours privilégier une adaptation aux besoins:

- Logement animal
- Facilité d'utilisation
- Adaptation au matériel

Il s'agira le plus souvent d'une architecture standard, mais; lors d'une construction, certains éléments peuvent être maximisés, comme rampant Sud, avec possible faitage décalé, ou les pentes de toiture.

**NOTE:** dans le cas possible d'investissements limités à 36 kWc pour des causes niveau d'investissement ou raccordement au réseau, les « jusqu'à 300 m<sup>2</sup> » de panneaux peuvent s'étudier (en production laitière comme viande), sur un appentis technique de 5 à 8 m. largeur, sur la longueur du bâtiment.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

8



## Bâtiment standard ou maximisé photovoltaïque

S'il s'agit d'un investissement important, lié à un fort choix personnel, ou vers un contrat de location toiture ou la construction d'un hangar sur terrain d'autrui par un opérateur extérieur:

- Dans ce cas, il y aura le plus souvent recherche d'une maximisation de l'aspect photovoltaïque du bâtiment;
  - orientation plein sud,
  - pente de toiture vers l'optimum,
  - maximisation de la longueur du rampant et de la surface à équiper.
- Dans ce cas, une architecture spécifique peut être développée et est actuellement proposée par des opérateurs.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

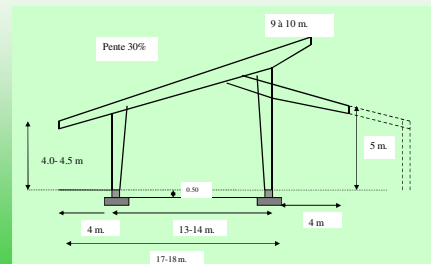
9



## Bâtiment standard ou maximisé photovoltaïque

Exemple de proposition commerciale bâtiment « maximisé » photovoltaïque.

En plus traditionnel; un hangar avec faitage décalé pour maximiser le pan Sud.



Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

10



## Photovoltaïque et bâtiment

- Une technologie séduisante
- Des raisons d'installer du photovoltaïque:
  - ✓ S'inscrire dans une démarche d'énergie « propre,
  - ✓ Chercher un complément de revenu, diversifier son activité,
  - ✓ Produire de l'énergie en site isolé (accessible PPE si autoconsommé)

Dans tous les cas:

### IMPORTANTÉ de la CONCEPTION du BATIMENT:

Vers son utilisation agricole, logement des animaux, circulation du matériel et volumes disponibles si stockage.

### IMPORTANTÉ de l'INTEGRATION:

Du photovoltaïque dans l'architecture du bâtiment, Du bâtiment dans son paysage.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

11



## Adaptation bâtiments au photovoltaïque

### • Réponses à titre d'expert

(d'après données de:

l'association HESPUL: [www.hespul.org](http://www.hespul.org) ou recherches bibliographiques)

Sur questions posées par Chambre d'Agriculture

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

12



## La déclaration préalable ou le P.C. Le désamiantage

- Déclaration préalable ou P.C.:
- Récépissé de dépôt nécessaire avant toute démarche pour le contrat de raccordement au réseau.
- Documents d'urbanisme actuels ne prévoient pas souvent la solution couverture photovoltaïque.
- Désamiantage:
- De 25 à 40 € par m<sup>2</sup> pour une prestation complète (plan de retrait, dépose, mise en palette sous film et évacuation vers décharge contrôlée)
- Cantal possible de 25 à 30 € si normalement accessible (plan de retrait, dépose, palette et enlèvement)
- Minimum de 6.5 € par m<sup>2</sup> avec dépose élève pour enlèvement seul ?
- ✓ si location de toiture, à prendre en charge par opérateur.

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

13



## Appréciation sur panneaux: généralités

- ✓ Garantie structure sur 5 ans -> observé, très peu de retour.
- ✓ Défaillance de panneaux -> observé, quasiment nulles.
- ✓ Panneaux et pollution -> base de silicium, sans risque, nouveaux panneaux contenant des métaux lourds (Cadmium, équivalent silicium, mais avec un coût plus faible, pas très courant en proposition d'équipement)
- ✓ Panneau en fin de vie, actuellement rien de « réglementaire » prévu, mais directives européennes vont être revues, avec introduction d'une éco taxe pour recyclage et introduction d'une obligation de reprise.
- ✓ Fournisseurs panneaux -> essayer de privilégier producteur UE pour interlocuteur de proximité et comparatif des fiches techniques sur mêmes normes: EN 61215 - NF EN 61646 (certifie une garantie de qualité en matière de stabilité mécanique et de respect des paramètres électriques)  
**Puissance des panneaux – sur mesure unique flash à 25 °C**

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

14



## Appréciation sur panneaux: durée de vie

- ✓ Constructeurs proposent une garantie de fonctionnement à 90% de la puissance à 10 ans et de 80% à 20-25 ans.
- ✓ Etude Suède: sur installations de 1977 à 2001, quasiment 0% de perte de rendement sur silicium mono et poly cristallin.
- ✓ Appréciation Association Hespul (France-Allemagne-Suisse), les plus vieux panneaux sont « au sol » depuis 35 ans et ont gardé une très bonne efficacité.
- ✓ Exemple: dans les calculs, en Allemagne, ne prennent pas en compte de perte de rendement sur la durée de fonctionnement !
- ✓ En France: calcul standard de rentabilité se fait avec une perte de 1% par an = à priori marge de sécurité !

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

15



## Les onduleurs

- Garantie standard à 5 ans. A seulement 2 ans si gros systèmes.
- Pas d'extension de garantie et on provisionne.
- Extensions de garantie, une sécurité si s'accompagne de délais d'intervention.
  - ✓ Possible extension de garantie jusqu'à 10 ans
  - Ex SMA: 4-9 kW 600 €  
9-12 kW 800 € en tarif échange standard
  - ✓ Possible extension de garantie jusqu'à 20 ans
  - Ex SMA 0 - 4 kW 900 €  
4 - 9 kW 1350 € en tarif échange standard
  - ✓ Somme payable en 1 fois à la signature contrat = 1.5 à 3.0% du coût kWc
  - ✓ Possible autres options dont nettoyage panneaux... en général, pas de problème, auto nettoyage amélioré par pente toit élevée, sinon inspection visuelle et coup de jet !
  - ✓ Emplacement onduleurs, extérieur au bâtiment, dans un endroit aéré et sans poussières.

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

16



## Contrat de maintenance et suivi installation

- Pas obligatoirement une très bonne idée. Panneaux plutôt fiables, risques sur onduleurs.
- Plutôt proposer un délai de réparation de maximum 4 à 5 jours.
- En général, on traite avec un seul installateur... ou à négocier conditions avec chaque fournisseurs.
- Détection automatique des pannes par suivi du productible ou monitoring, une bonne chose avec engagement dans les délais d'intervention.

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

17



## Assurances pertes d'exploitation

- Comprend normalement le pack ensemble des assurances:
  - multirisque
  - responsabilité civile
  - matériel
  - pertes d'exploitation

Allemagne et France:  
se négocie de 0.2 à 0.4 % du montant d'investissement H.T.

France = coût souvent trop élevés par rapport aux autres situations UE  
Négociation: toujours se situer à 0.4% et moins

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

18



## Photovoltaïque et utilisation bâtiments par les animaux

- Pas de référence précise sur la durée.
- Bâtiments bovins moins à risque que hors sol.
- Plus la durée de présence des animaux est courte, moindre est le risque  
(bâtiments élevage viande -> bâtiments laitiers -> bâtiments engraissement + bas et présence animaux sur durée ?)  
(bâtiments paillés et paillés raclés -> bâtiments avec caillebotis ?)
- Etude en cours FNCUMA et Coop de France,
- Ammoniac et méthane, plus poussières, peuvent impacter sur les panneaux. Il existe des solutions « spray » anti-condensation (polyuréthane type « mecosun ? » à environ 10 ct €/Wc = 1.2 à 1.5 €/m<sup>2</sup>)
- Importance du dégagement sous toiture.
- **Très grande importance** d'une ventilation efficace du bâtiment.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

19



## Photovoltaïque et utilisation bâtiments par les animaux

- Le plus souvent conseillé une sous toiture qui peut aller d'une simple toile « respirante » à un bac acier (même sandwich si isolation souhaitée) ou des profils polyester + acier de fixation panneaux, avec sous couche anti condensation.
- Sous toiture d'autant plus nécessaire que le bâtiment est bas et le risque projections (paillage) vers toiture, élevé. Que la présence des animaux est longue, que le stockage total ou partiel d'effluents type lisier est réalisé dans le bâtiment (caillebotis)
- Ventilation panneaux entre sous toiture et panneaux, pose de grillages pour éviter entrée rongeurs – oiseaux.
- Nettoyage panneau (au jet) peut s'avérer nécessaire.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

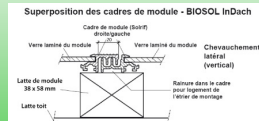
20



## Panneaux et étanchéité toiture

- Garantie décennale sur pose avec différents types de pose:
- ✓ Tuilage, les panneaux reposent les uns sur les autres, problème d'étanchéité en cas de pente légère à moyenne.
- ✓ En couverture totale sur rails de fixation.

**Exemple:**  
L'absence de sous toiture avec couverture intégrale a aussi un coût.



- ✓ Côte à côté, une partie de l'évacuation des eaux peut être assurée par la sous toiture?
- ✓ Equipement possible en panneaux classiques ou panneaux semi transparents (effet verrière)

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

21



## Location de toiture Données HESPU

- ✓ 2 à 5 % du produit (brut) photovoltaïque si éleveur investi dans la société de production (co-investisseur, rémunéré sur sa part investie + rémunéré sur location)
- ✓ 4 à 7 % du produit (brut) photovoltaïque si location stricte, en fonction de l'ensoleillement – dans le Cantal, minimum de 4 à 5% pour type Nord Cantal à 5 à 6% sur Sud Cantal.

- négociation: moyenne vers 5 % **plus possible un intéressement au résultat** si (à l'année ?) résultats de vente supérieures à la moyenne du productible attendu étude ou directement indexé sur la production réelle = nécessité d'avoir les résultats de production transmis à l'éleveur tous les ans.

**Exemple « moyen » sur 20 ans au tarif garanti :**

500 m<sup>2</sup> toiture équipés vers 110 Wc/m<sup>2</sup> = 55 kW x 1050 kWh/m<sup>2</sup> = 57750 kWh  
57750 kWh x 0.60 = 34650 € x 5% = 1733 € / 500m<sup>2</sup> = 3.5 €/m<sup>2</sup> minimum, à 5 €/m<sup>2</sup> vers maximum pour 7%?...

A voir la convention entre 20 et 30 ans, si la location se poursuit, avec toujours, normalement, un produit PV, mais à un prix vente plus faible = maintien du % de départ ?

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

22



## Location de toiture: Questions à se poser

- Avant d'accepter un contrat de location toiture par un opérateur ou autre solution, préciser:
  - ✓ La durée, incidence bail, etc...
  - ✓ Les contraintes sur la période de location ?
  - ✓ Les assurances ? Les responsabilités ?
  - ✓ Que deviennent les panneaux en fin de vie ?
  - ✓ Qui remet à niveau la couverture bâtiment ?
- SE POSER LA QUESTION:
  - ✓ Et si, au lieu de louer, un investissement individuel ou collectif (mutualisé) ou location vers une structure d'investissement à plusieurs agriculteurs, type apporteurs de toiture et financeurs, etc ...) était possible, avec un meilleur partage du résultat ?
  - ✓ L'investissement au travers de structures collectives me permettrait aussi de négocier au mieux mes équipements et les contacts bancaires ?

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

23



## Location terrains pour centrale au sol

source Syndicat mixte électricité du Var

- Location du terrain : base minimale, de 1500 à 2000 €/hectare/an.
- Taxe Professionnelle : En fonction de la commune.

Service bâtiment – Etablissement de l'Elevage

24



## Simulation d'un investissement 75 kWc

environ 620 m<sup>2</sup> de panneaux  
données générales indicatives

Bilan au bout de 20 ans	
1 500 268,00 €	Total N.V.D. rendables
1 071 483 €	Total volume à EDF
182	Montants des CFE exonérés (L.2005-105)
182	Montants des CFE exonérés (L.2005-105)
58 902 €	Total charges
20 508 €	Total Taux Prohibitifs
177 480 €	Total MSA
180 200 €	Total amortissement
18 000 €	Total amortisation pour déduction
200 200 €	Total résultat d'exploitation
169 151 €	Total intérêts
111 553 €	Résultat net comptable sur 20 ans hors MSA
120 211 €	Résultat net comptable sur 20 ans après MSA
379 696 €	Résultat net théorique sur 20 ans hors MSA
260 594 €	Résultat net théorique sur 20 ans après MSA
48 354 €	Impôts sur bénéfices agricoles

Actualisation 0%  
TRI 6.1 %

Actualisation 1.5%  
TRI 4.5 %

Actualisation 2.0%  
TRI 4.0 %

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

## Données fiscales

**-- À NOTER --**

- Les recettes tirées de la production d'électricité d'origine photovoltaïque ou éolienne, réalisées par un exploitant agricole soumis à un régime réel d'imposition, peuvent être rattachées aux bénéfices agricoles si leur montant majoré des autres recettes accessoires n'excède ni 50 % des recettes tirées de l'activité agricole, ni 100 000 €.
- Les revenus provenant de la vente de biomasse ou de la production d'énergie à partir de produits ou sous-produits de l'exploitation agricole sont considérés comme des bénéfices agricoles.
- Les revenus provenant de la mise à disposition de droits à paiement unique sont également considérés comme des bénéfices agricoles.

Service bâtiment – Etablissement de l'Élevage

## Possibilités d'investissement autres qu'en individuel

- En groupe avec mutualisation des coûts (témoignage A.M. – démarche G.I.E.)
- Exemple de quelques démarches en Mayenne:
  - Producteurs volailles et coopérative ont créé une société de production électrique,
  - Syndicat départemental d'électrification intervient comme « mandataire » pour louer et couvrir des toitures de bâtiments agricoles:
  - Location simple très basse à 1 à 2 €/m<sup>2</sup>, ou ... rien tant que l'installation n'est pas rentabilisée et puis reversement de 50% du bénéfice = éq. Résultat courant
  - Si l'éleveur est co-investisseur, rien tant que l'installation n'est pas rentabilisée et puis reversement de jusqu'à 70% du bénéfice = éq. Résultat courant
- Propositions identiques vers les collectivités.