

Bâtiments agricoles, pensez durable !

**Mercredi 11
décembre 2013**

TERRES d'**a**VENIR

aGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
CHER



Introduction

- Intervention de Jean-Luc Gitton



Programme

- 14 h 00 : **Accueil**
- 14 h 15 : **Introduction**, *Jean-Luc Gitton*
- 14 h 30 : **Les éléments de conception d'un bâtiment agricole** – présentation, réglementation, intégration : *Jean-Claude Lazard*
- 15 h 00 : **Et en bois, c'est possible ?** construction bois, impact environnemental et techniques de construction : *Stéphane Charmoillaux*
- 15 h 30 : **Le photovoltaïque, pensez-y !** Un bâtiment avec une toiture photovoltaïque : gain énergétique et économique : *Christophe Rambault*
Photovoltaïque : une installation de qualité et une bonne productivité dans la durée : *Nicolas Arnaldi SARL AS Sunny Berry*
- 16 h 20 : **Quels matériaux pour l'avenir ?**
 - Utilisation du peuplier local : projets et faisabilité : *Stéphane Charmoillaux*.
 - Utilisation de la paille dans la construction et l'isolation : disponibilité, intérêts, et réalisations : *Cécilia Monville*
- 17 h 00 : **Conclusion et échanges** : *Jean-Luc Gitton*



Les éléments de conception d'un bâtiment de stockage

Jean-Claude LAZARD



Un bâtiment agricole c'est ...

Un outil pour l'agriculteur

- Fonctionnel, sans pénibilité, en sécurité...

Ces éléments définiront la conception technique et l'organisation du bâtiment

À réaliser dans

Le respect des réglementations

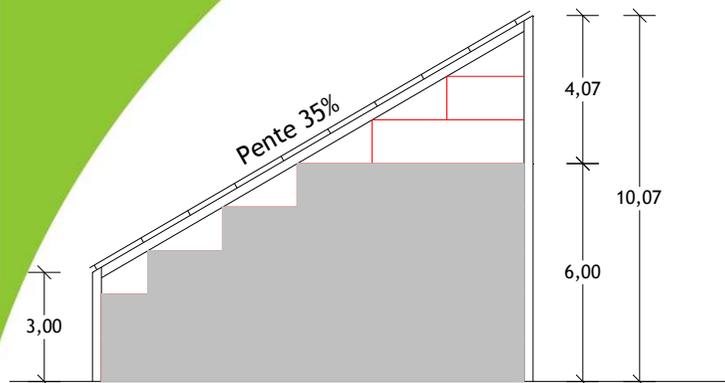
- Règles d'urbanisme
- Règles sanitaires (*RSD ou ICPE*)

Des capacités financières de l'exploitation

- Annuité, coût de fonctionnement

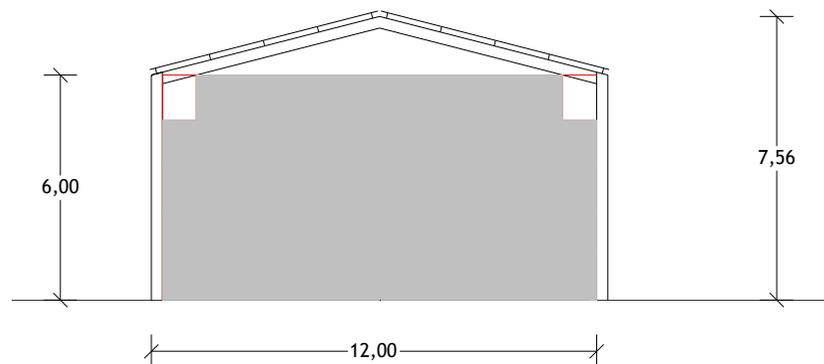
Construire c'est faire des choix et accepter des compromis

Pour un hangar d'une longueur de 30 m



Surface totale de la section: 73 m²
Surface utile: 58m²

200 T de foin

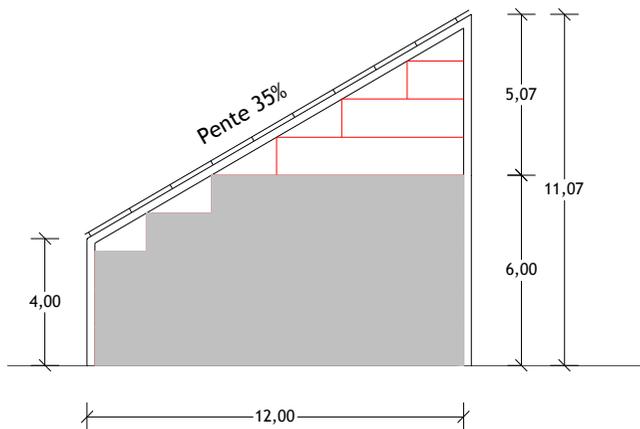


Surface totale de la section: 85 m²
Surface utile: 64 m²

220 T de foin

Surface totale de la section: 76m²
Surface utile: 68 m²

250 T de foin



Règles d'urbanisme

- Se renseigner en mairie ou à la DDT sur les réglementations
 - Règlement National d'Urbanisme
 - Distances / aux voies d'accès
 - Distances / propriétés voisines
 - Distances / construction en bordure de voie publique (*Alignement*)
 - La Carte communale
 - Zones urbaines et zones naturelles
 - PLU Plans locaux d'urbanisme ou POS pour certaines communes
 - Zones urbaines (U)
 - Zones destinées à la construction (AU) (à court ou moyen terme)
 - Zones agricoles (A) Secteur réservé au monde agricole et à ses constructions
 - Zones naturelles (N)
 - Règles particulières (*sites protégés, périmètre de captage*)

- 
- **Demande de permis de construire**
 - Obligatoire pour tout bâtiment d'une surface supérieure à 20 m²
 - A déposer à la mairie de la commune où est situé le projet
 - Délai d'instruction : 3 mois
 - **Le recours à un architecte est obligatoire**
pour toute construction agricole de plus de 800 m² ou pour les sociétés (*sauf l'EARL unipersonnelle*)
- 

Les règles sanitaires

Quel que soit le type et la taille de l'élevage, une réglementation existe !

Le RSD (*Règlement Sanitaire Départemental*)

Il s'applique à toutes les installations dès lors que ces installations ne relèvent pas des ICPE.

Sont concernés : les bovins, ovins, caprins, équins, porcins, volailles, etc ...

La réglementation des ICPE (*Installations Classées pour la Protection de l'Environnement*)

Elle s'applique à toutes les installations dès lors que ces installations ne relèvent pas du RSD.

Sont concernés : les bovins, porcins, volailles, stockage fourrage et céréales...

Classement des élevages

Enquête publique, Etude d'impact et étude des dangers,,,

Rubrique	RSD	ICPE 			
		Déclaration	Déclaration Contrôle Périodique	Enregistrement	Autorisation
Vaches laitières	< 50 VL	51 à 100	101 à 150	151 à 200	+ 200
Vaches Allaitantes	< 100 VA	101 VA et +			
Bovins engraiss. veaux de boucherie	< 50 Bovins	51 à 200	201 à 400		+ 400
Porcs <i>en animaux équivalents</i>	< 50 ax eq	51 à 450			+ 450
Volailles <i>en animaux équivalents</i>	< 5000 ax eq	5000 à 20000	20001 à 30000		+ 30000

Classement des installations

Rubrique	RSD	ICPE	
		Déclaration	Autorisation
<u>1530</u> : Bois sec ou matériaux combustibles analogues		> 1000 m ³	> 20000 m ³
<u>2160</u> : Silo et installation de stockage en vrac de céréales		> 5000 m ³	> 15000 m ³

1000 m³ de foin ou paille, c'est 2 travées de 6 m d'un hangar de 14 m de profondeur sur une hauteur de stockage de 6 m,

5000 m³ de céréales, c'est environ 600 ha de céréales à 65 qx/ha

Deux réglementations articulées selon les mêmes bases

- Quelle que soit la réglementation, elle définit :
 - Les règles d'implantation
 - *Distance vis-à-vis des tiers, des cours d'eau, etc...*
 - Les règles d'aménagement
 - *Séparation des réseaux, étanchéité des sols, etc...*
 - Les règles de fonctionnement
 - *Bruits, épandage, lutte contre l'incendie, etc...*

Intégrer le projet sur le site

- Orienter le bâtiment en tenant compte de ses nécessités de production (*stockage, élevage, photovoltaïque...*)
- Situer le bâtiment en fonction des bâtiments existants
 - Circuits de communication
 - Réseaux (*AEP, Electricité, E.P. E.U. etc...*)
- En tenant compte de la topographie du site
 - Terrassement

- Limiter les coûts d'implantation du bâtiment

- Travailler de préférence en déblais/remblais

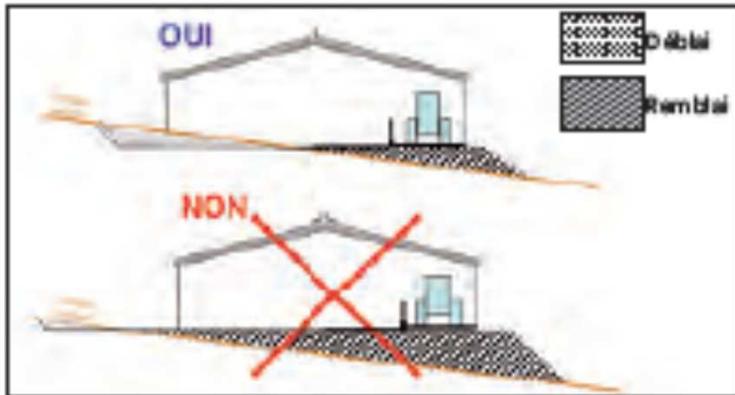


Schéma 2: Un terrassement en déblai/remblai est toujours plus économique.

- Placer le bâtiment parallèle aux courbes de niveau

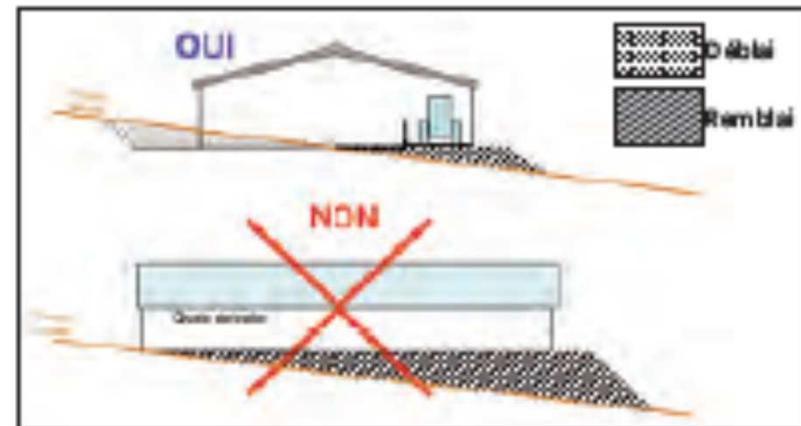
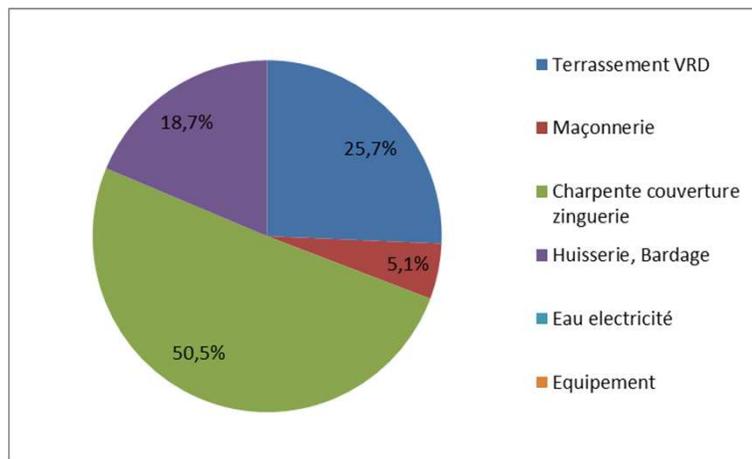


Schéma 1: Implanter un bâtiment parallèlement aux courbes de niveau.

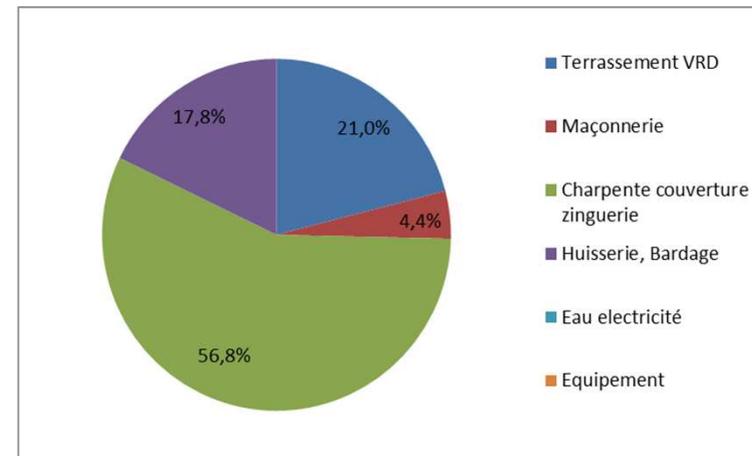
Favoriser l'insertion paysagère du bâtiment

Répartition des coûts selon le type de bâtiment

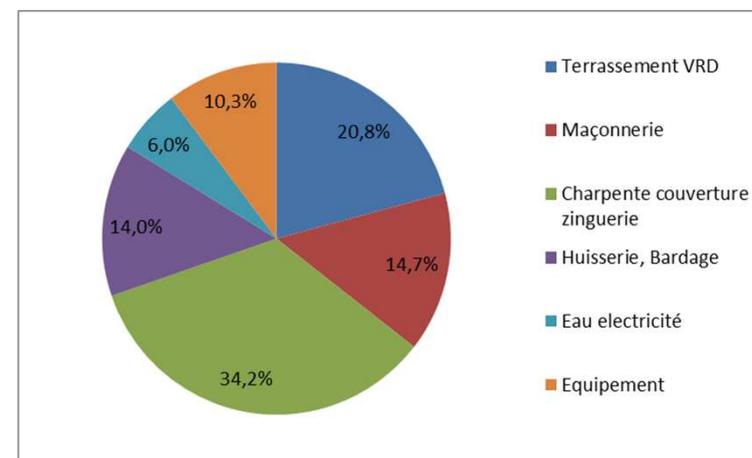
Hangar de stockage monopente
840 m² - 90 000 €



Hangar de stockage bipente
1260 m² - 110 000 €



Stabulation vaches allaitantes
1080 m² - 170 000 €



Et en bois, c'est possible ?

Stéphane CHARMOILLAUX



Et en bois, c'est possible ?

Plan :

- L'arbre, le bois et l'environnement
- La construction bois
- Avantages et inconvénients du bois

La forêt en chiffres

3^{ème} pays européen en surface forestière de production

La forêt en France

16 950 000 ha

31 % couverture totale

60 % feuillus

40 % résineux

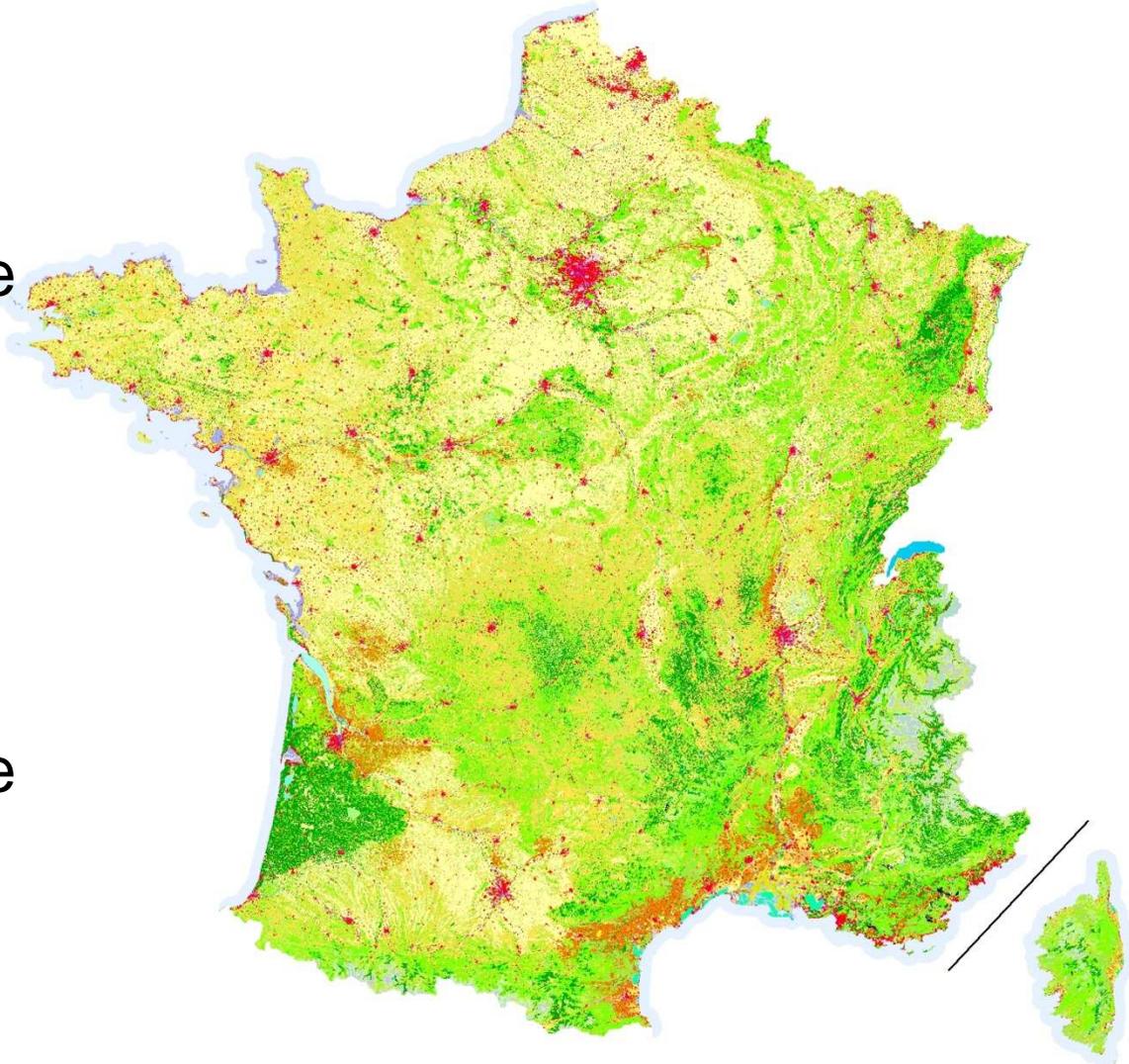
La forêt dans le Cher

182 000 ha

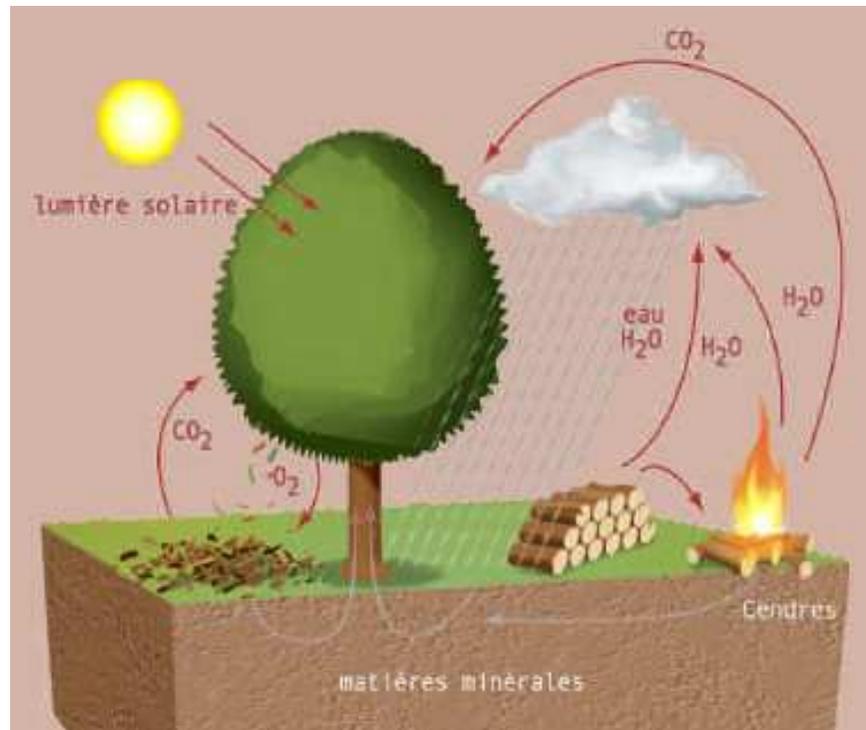
25 % couverture totale

86 % feuillus

14 % résineux



Le bois et l'environnement



Matériau	1 m ³	Effet CO ₂
Fer	7000 kg	+ 5000 kg
Béton	2300 kg	+ 375 kg
Ciment	1600 kg	+ 2500 kg
Feuillus	700 kg	- 1000 kg

Tableau 1 : Bilan CO₂ comparé de plusieurs matériaux de construction

Source CNDB

Le bois et l'environnement

Type de bâtiment	Énergie (MJ par m ² par an)		Émission GES (kg eq. CO ₂ par m ² par an)	
Pour une exploitation d'élevage laitier : <ul style="list-style-type: none"> • 3,5 MJ/litre de lait • 1 kg eq. CO₂/litre de lait Soit : <ul style="list-style-type: none"> • 1,38 à 3,80 % de l'énergie totale consommée • 0,16 à 0,82 % des émissions totales de GES 				
Ovin allaitant	majoritairement acier	majoritairement bois	majoritairement acier	majoritairement bois
bergerie	25,51	14,03	1,67	0,62
Hangar de stockage	majoritairement acier	majoritairement bois	majoritairement acier	majoritairement bois
hangar de stockage (sol béton)	28,92	12,89	1,87	0,67
hangar de stockage (sol nu)	27,02	10,99	1,68	0,48

La construction bois en France en 2012

Marché du logement :

12 % de maisons individuelles construites en bois
17 % des extensions / surélévations

Marché du non-résidentiel :

12,9 % des bâtiments industriels et artisanaux
24 % des bâtiments agricoles
53 % de bâtiments d'élevage (91 % en Basse-Normandie)

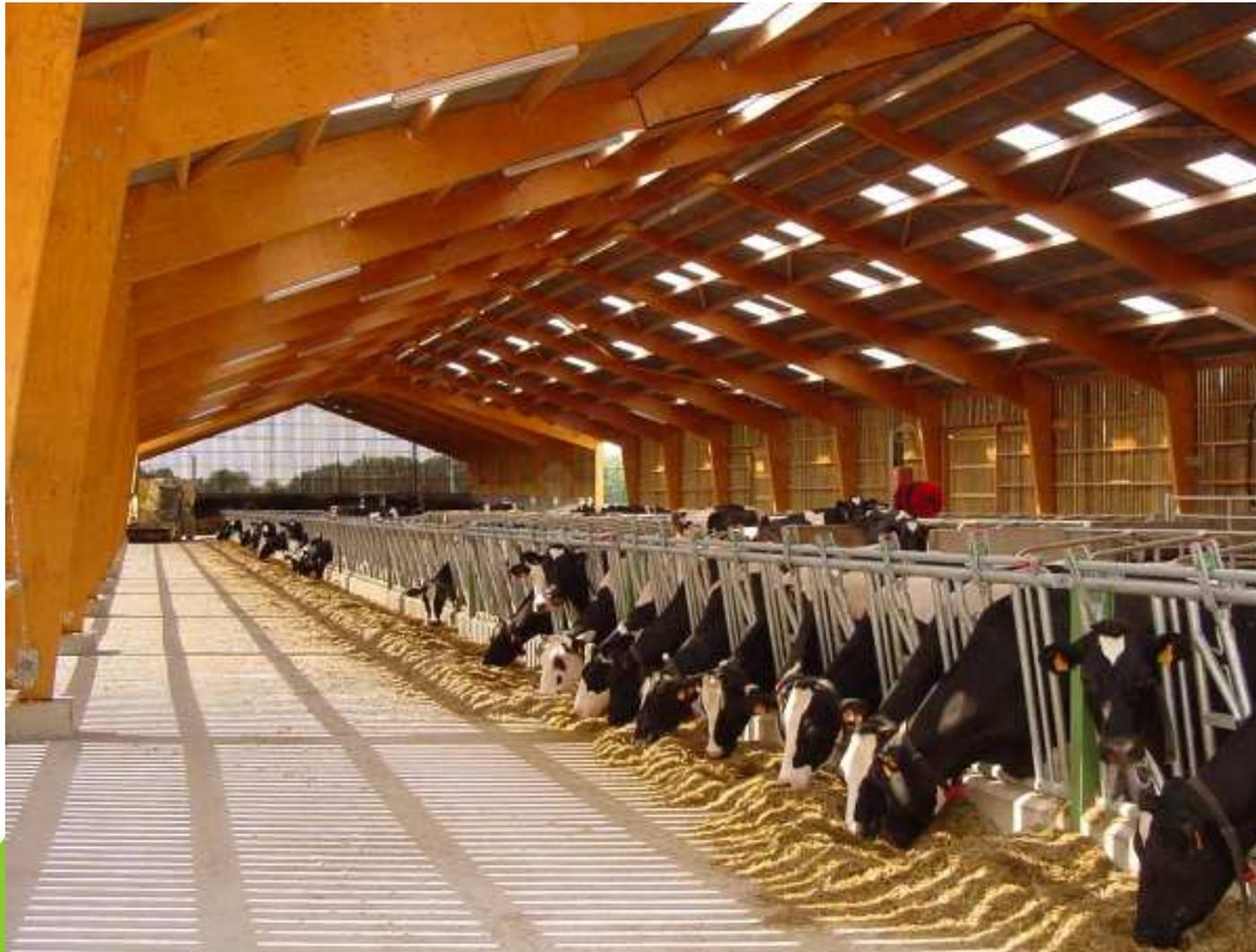
Techniques de construction

Charpente traditionnelle / poutre treillis :



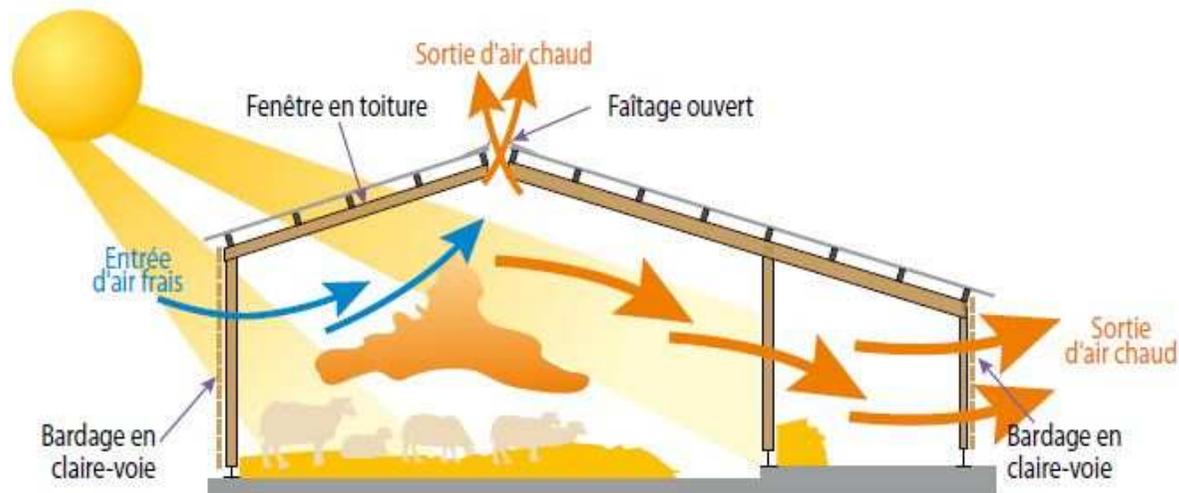
Techniques de construction

Charpente lamellé-collé / LVL / Lamibois / Kerto :



Le bois et le bâtiment

- Isolation thermique et acoustique : animaux moins stressés, bien être et confort
- Bonne ventilation du bâtiment, pas de condensation grâce à un matériau hygroscopique.



*Ventilation par complémentarité
des «effet cheminée»
et «effet vent»*

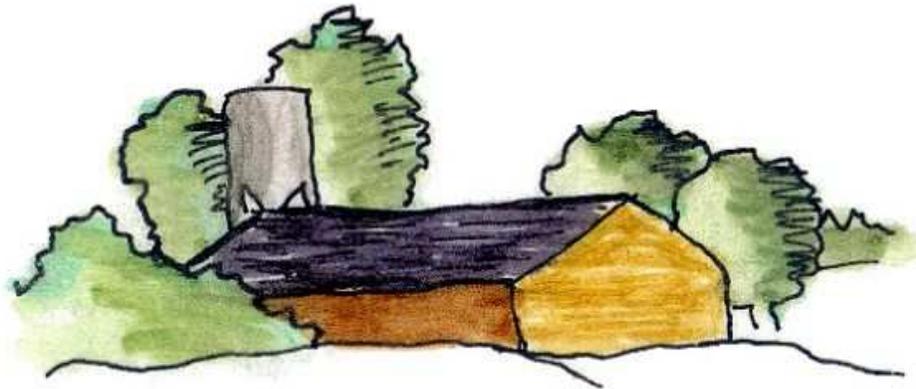
Le bois et le bâtiment

- Matériau évolutif (*chocs, pointes, aménagement agrandissement...*).
- Durabilité face aux ambiances agressives et face au feu sauf lorsque les liaisons sont des éléments mécaniques.



Le bois et le bâtiment

- Aspect esthétique, intégration paysagère
- Matériau naturel et renouvelable
- Prix compétitif face au métal



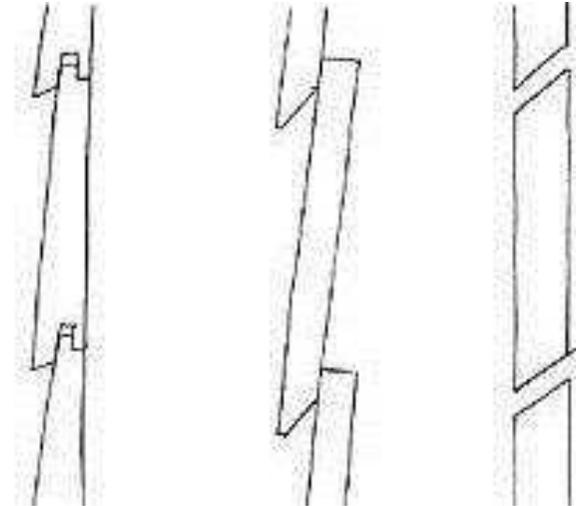
Soubassement

Soubassement	Parpaings enduits	Bois (couvre-joints)
Étanchéité	Excellent	Correct
Résistance aux chocs	Excellent	Excellent
Résistance à l'humidité	Excellent	Moyen



Bardage

Les types de pose sont variés :
verticale, oblique ou horizontale,
à claire-voie, à recouvrement
(*étanchéité par couvre-joints*) ou
à clins.



Pas de traitement nécessaire selon les essences.
Éviter les lasures et peintures qui devront être refaites
régulièrement.
L'absence de traitement conduit au grisaillement du bois
(*action des rayons solaires*) qui ne porte aucunement
préjudice à sa durabilité.

Bardage

Bardages	Bois	Tôle		Plaques translucides
		Perforée	À ventelles	
Coûts m ² posé	8 à 11 €	9 à 12 €	13 à 14 €	
Longévité	De 25 à 30 ans			Moyen
Entretien	Moyen	Excellent		Correct
Protection contre la pluie	Excellent	Insuffisant	Correct	Excellent
Ventilation	Excellent	Correct	Correct	Insuffisant
Efficacité brise-vent	Excellent	Moyen	Correct	Correct
Luminosité	Correct	Excellent	Insuffisant	Excellent
Résistance aux coups	Excellent	Correct	Correct	Insuffisant
Pouvoir isolant	Excellent	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant
Facilité de pose	Correct	Excellent	Excellent	Moyen

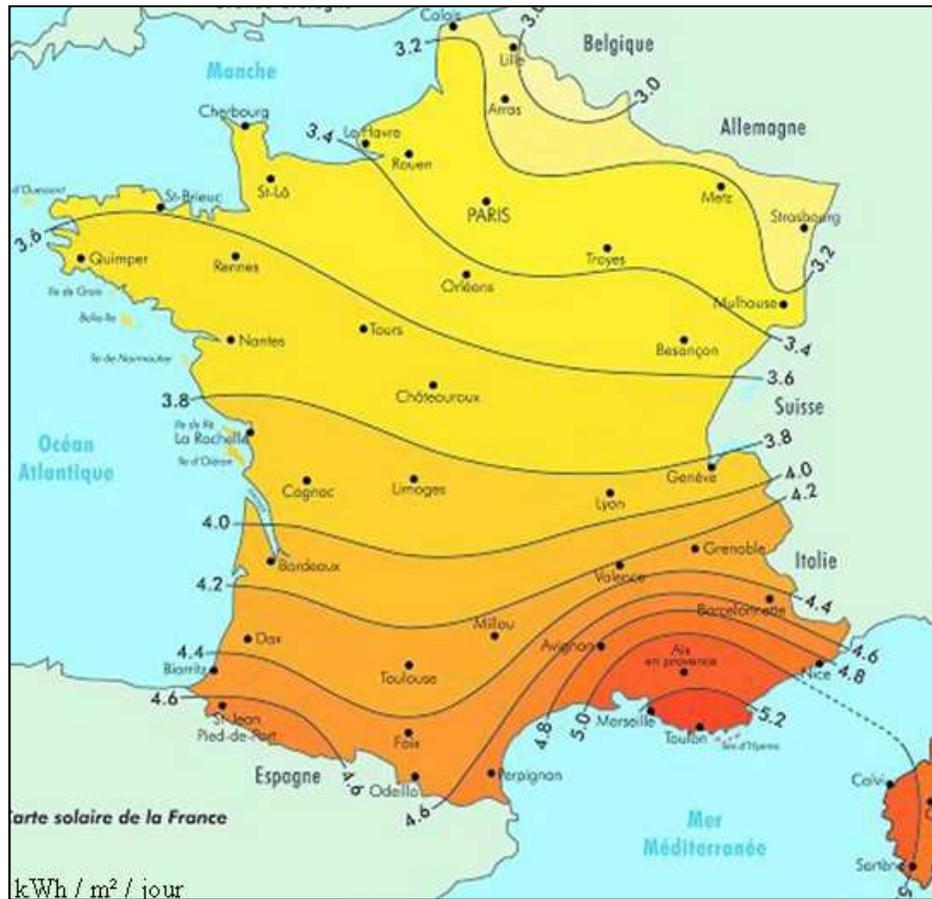
Le photovoltaïque, pensez-y

Christophe RAMBAULT



Principe technique

- L'énergie du soleil...



Bourges :

3,6 kWh/m²/an en moyenne

Soit 1300 kWh/m²/an

Principe technique

- ...à convertir

Le soleil dispense à Bourges 1 300 KWh / m² / an



Rendement du « capteur végétal » par la photosynthèse (exemple d'une céréale)

9 t de MS / Ha = 45 000 KWh / Ha

0,3 %

3,9 KWh / m²/an

Rendement d'un capteur photovoltaïque

15 %

195 KWh / m²/an



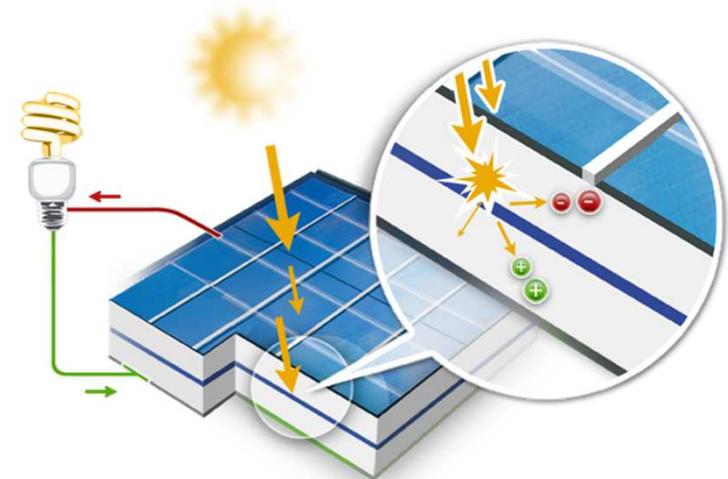
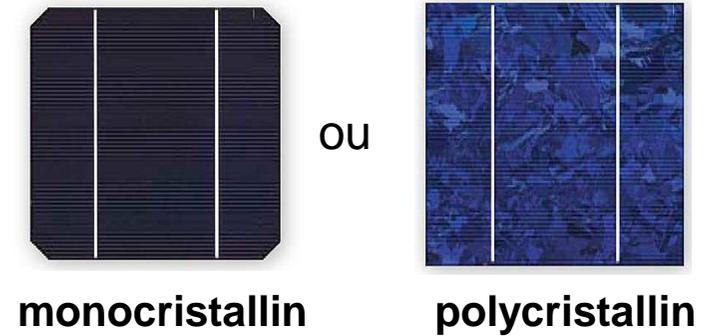
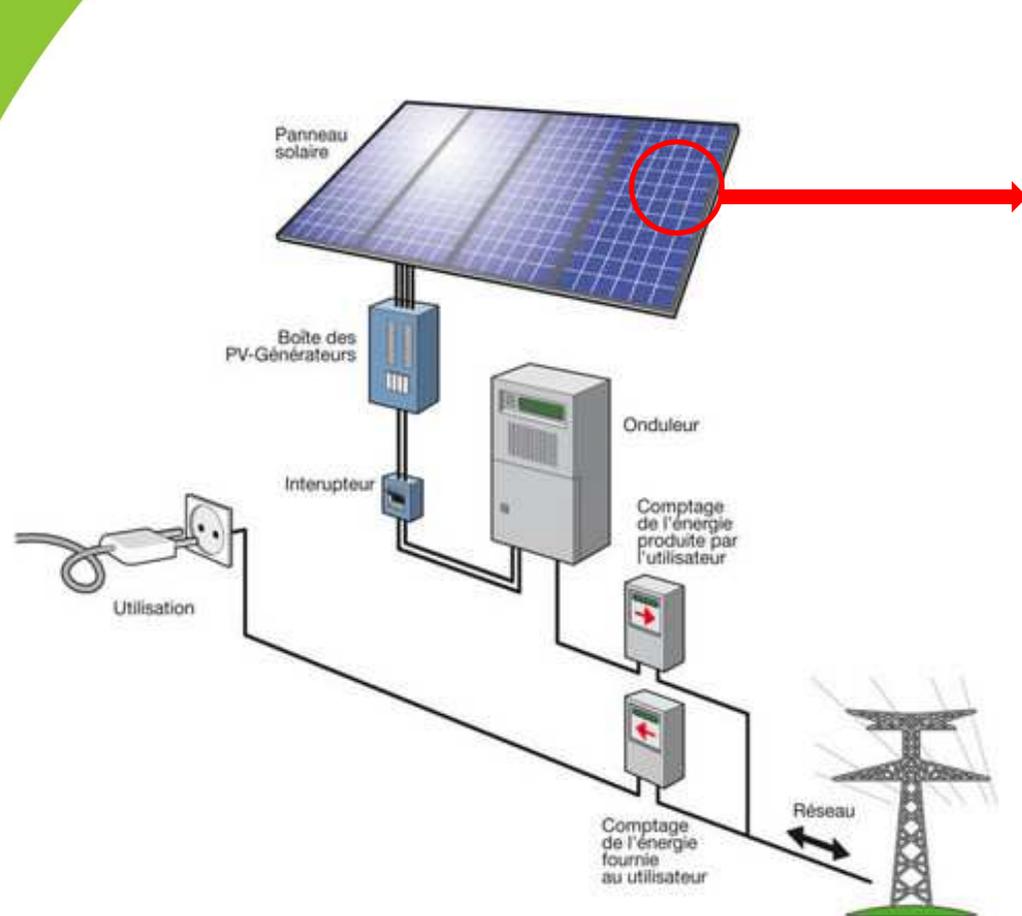
Rendement d'un capteur thermique

30 %

390 KWh / m²/an

Principe technique

- Effet photovoltaïque et raccordement réseau :



L'effet photovoltaïque

Principe technique

- Monocristallin ou polycristallin ?

	Polycristallin	Monocristallin
Prix	-	+
Rendement	18 %	19 %
Aspect	Non uniforme	uniforme
Performance à haute température	Bonne <i>Le bleu absorbe moins de chaleur</i>	Altérée <i>Le noir absorbe plus de chaleur</i>
Le mieux adapté pour	La plupart des cas <i>Son prix bas permet un retour sur investissement plus rapide</i>	Un espace limité <i>Son rendement important permet d'optimiser l'espace</i>

Principe technique

- **Facteurs influençant la production :**
 - L'irradiation globale disponible kWh/m² / an
 - L'orientation en degrés (°) par rapport au sud
 - L'inclinaison en degrés (°) par rapport à l'horizontale
 - La technologie employée (efficacité ou Wc/m²)
 - La température (silicium cristallin : -0,4 %/K)
 - Les ombres dues à des obstacles apparents (*cheminées, arbres...*).

Principe technique

- Orientation et inclinaison

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES				
INCLINAISON \ ORIENTATION	 0° 	 30° 	 60° 	 90° 
Est 	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est 	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud 	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest 	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest 	0,93	0,90	0,78	0,55

 : position à éviter si elle n'est pas imposée par une intégration architecturale

source Hesput
NB : ces chiffres n'incluent pas les possibles masques qui pourraient réduire la production annuelle.

Objectifs français

- **Europe :**

- Décembre 2008 : Paquet Energie-Climat → **20 %** de la consommation d'énergie produite à partir d'énergies renouvelables en **2020**
- Avril 2009 : Directive européenne 28/CE/2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables → La France doit porter à **au moins 23 %** la consommation d'énergie produite à partir d'énergies renouvelables **d'ici 2020**.

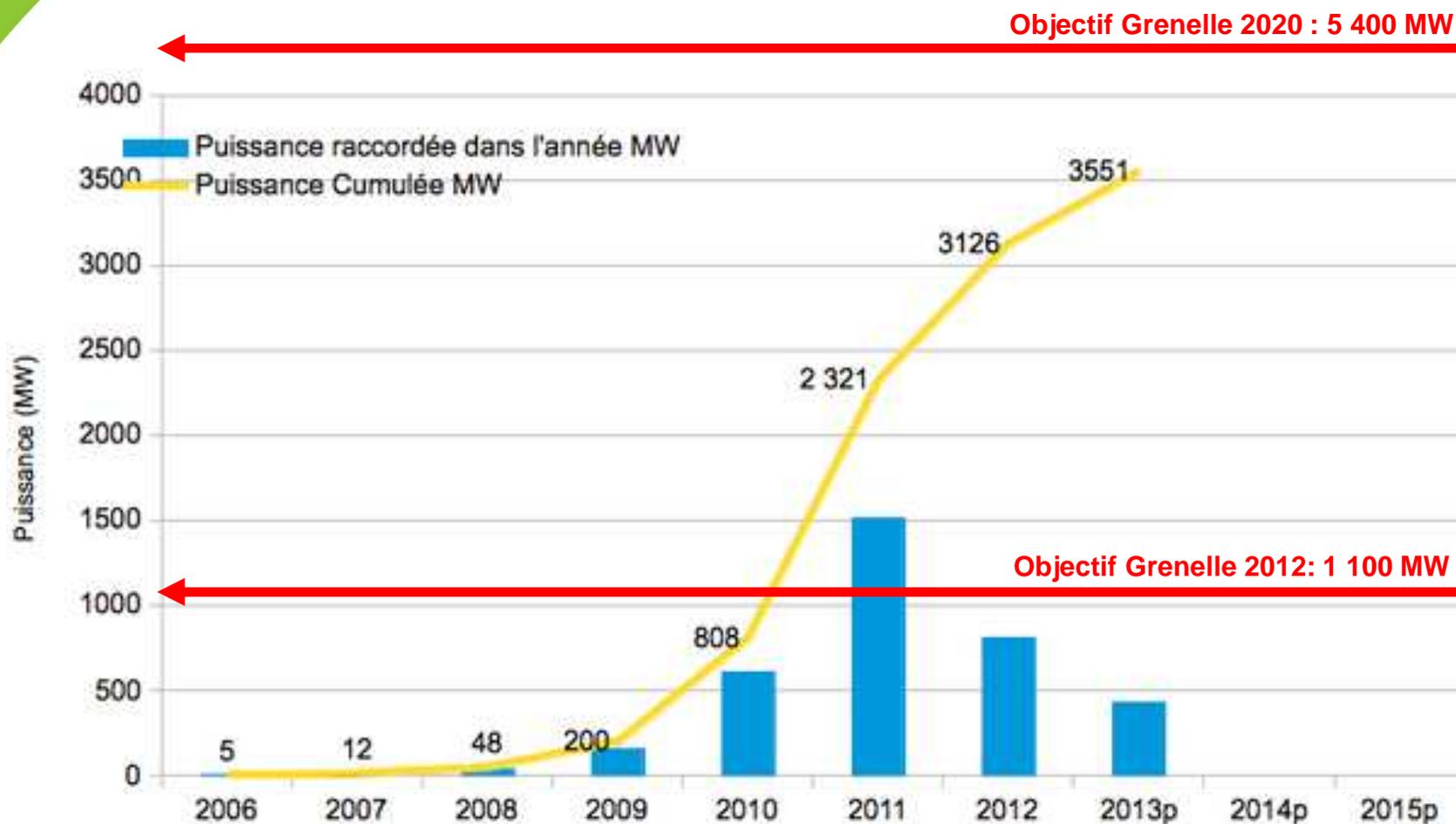
- **France :**

- 2007-2008-2009 : Grenelle de l'environnement
- Août 2009: Loi de Mise en œuvre du Grenelle de l'environnement
- Août 2010 : Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables
 - Mise en place d'objectifs par filières, en ce qui concerne l'électricité :

	Situation en 2006 (MW)	Objectif 2020 (MW)
Hydraulique	25 000	27 500
Biomasse	350	2 300
Eolien	1 600	25 000
Photovoltaïque	0	5 400

Objectifs français

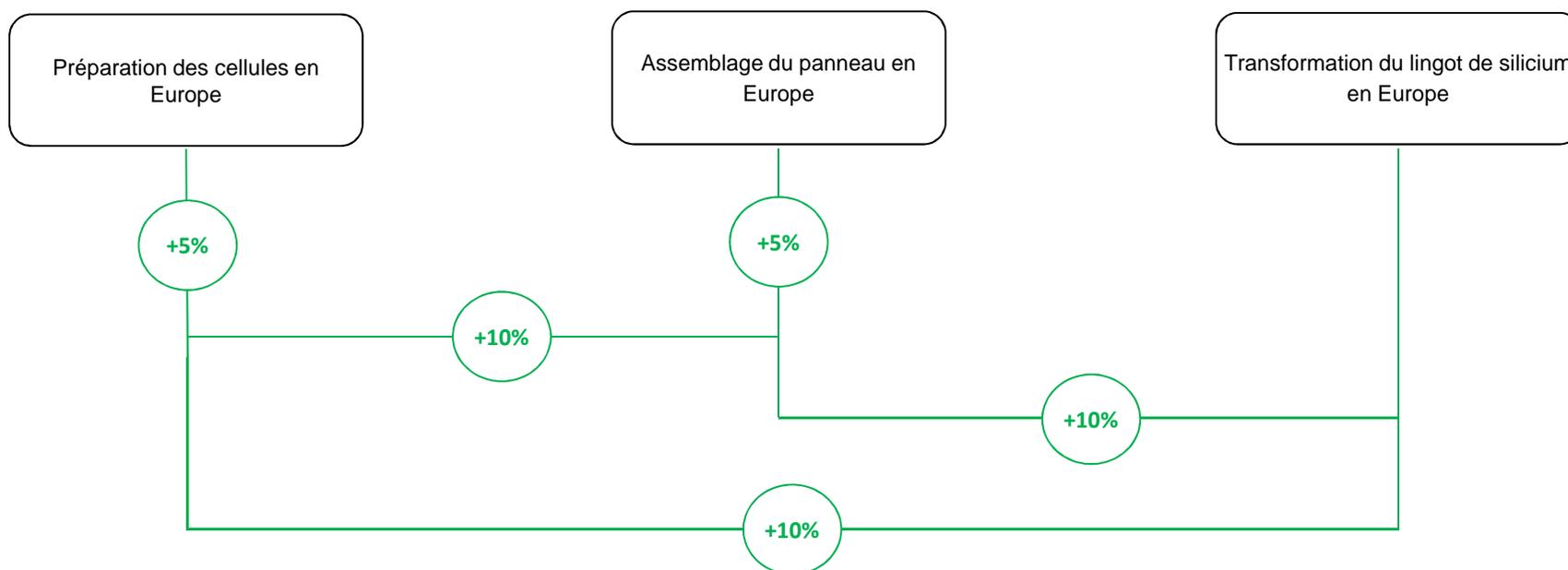
Parc photovoltaïque français raccordé au réseau



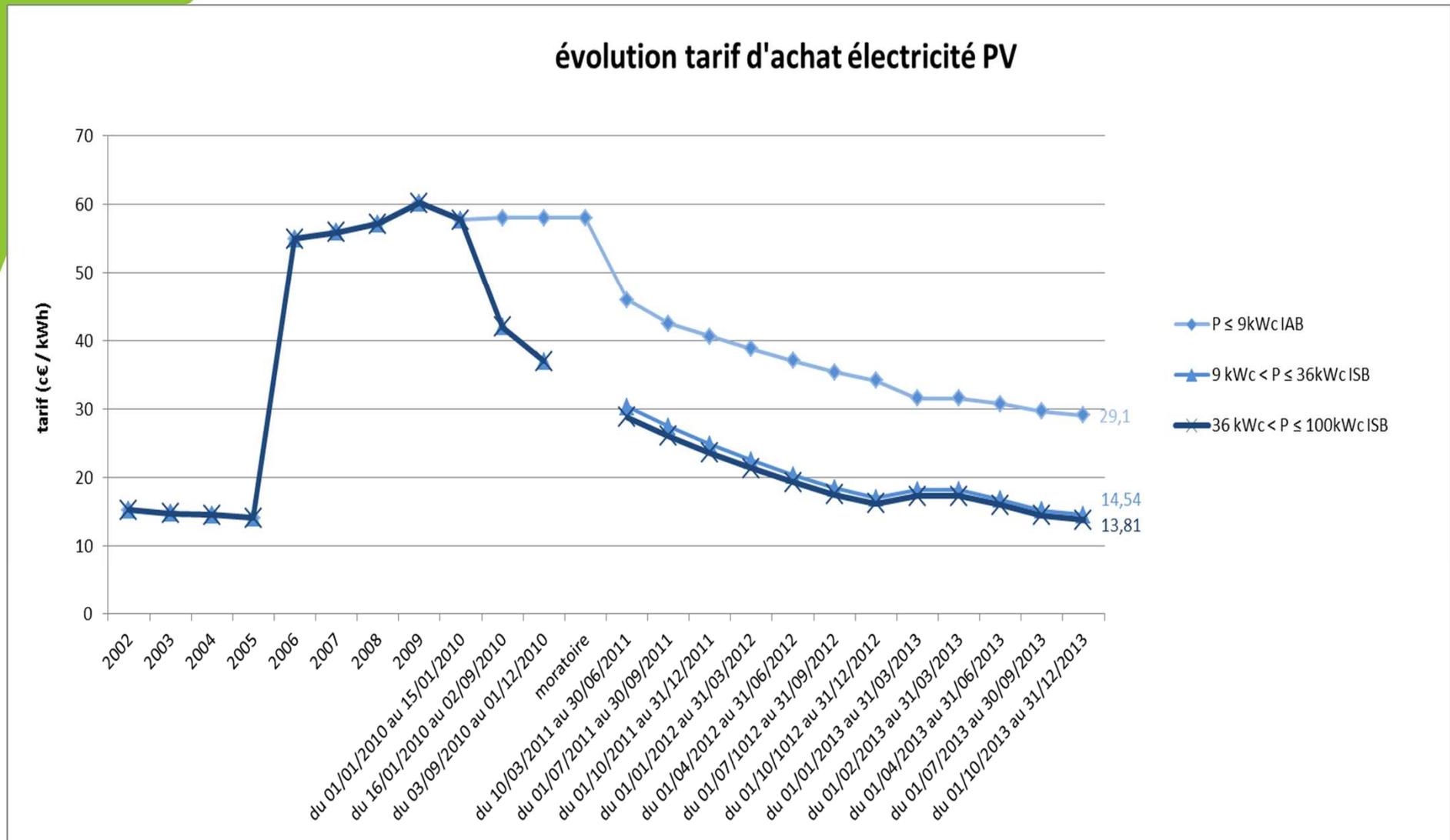
Contexte réglementaire

- **Tarifs d'achat :**

- Régis par l'arrêté du 4 Mars 2011 modifié par l'arrêté du 7 janvier 2013.
- Tarifs revus chaque trimestre en fonction des demandes de raccordement déposées sur le trimestre précédent
- Bonification du tarif d'achat de 5 à 10% si panneaux européens
- Contrat de 20 ans avec EDF AOA ou ELD

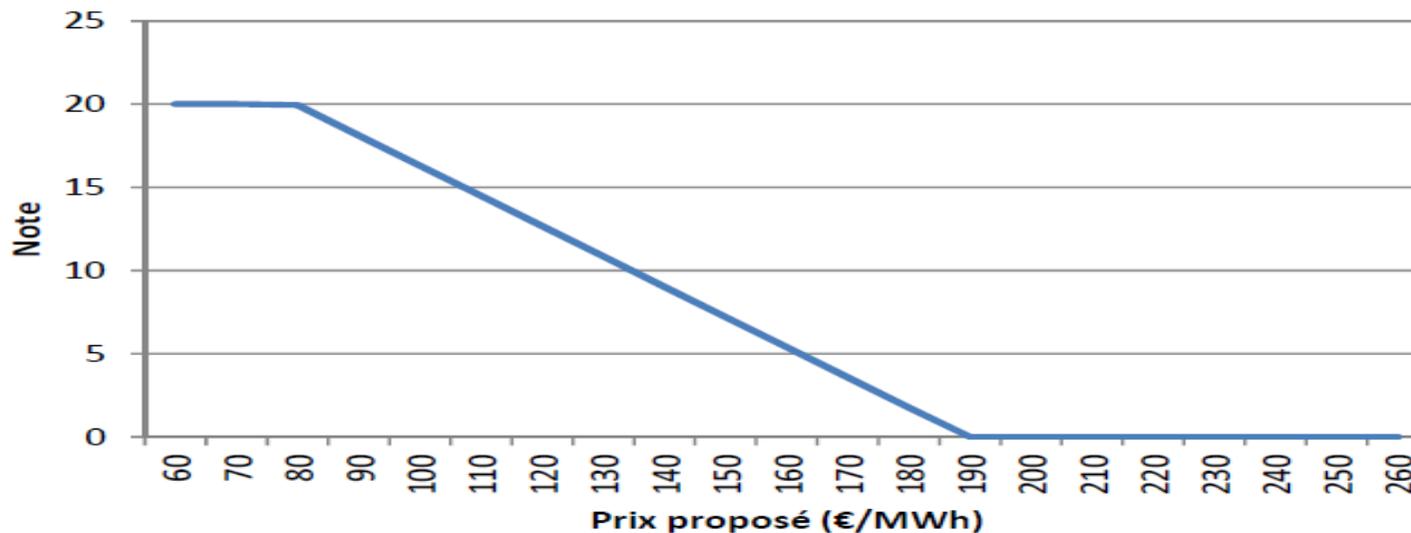


Contexte réglementaire



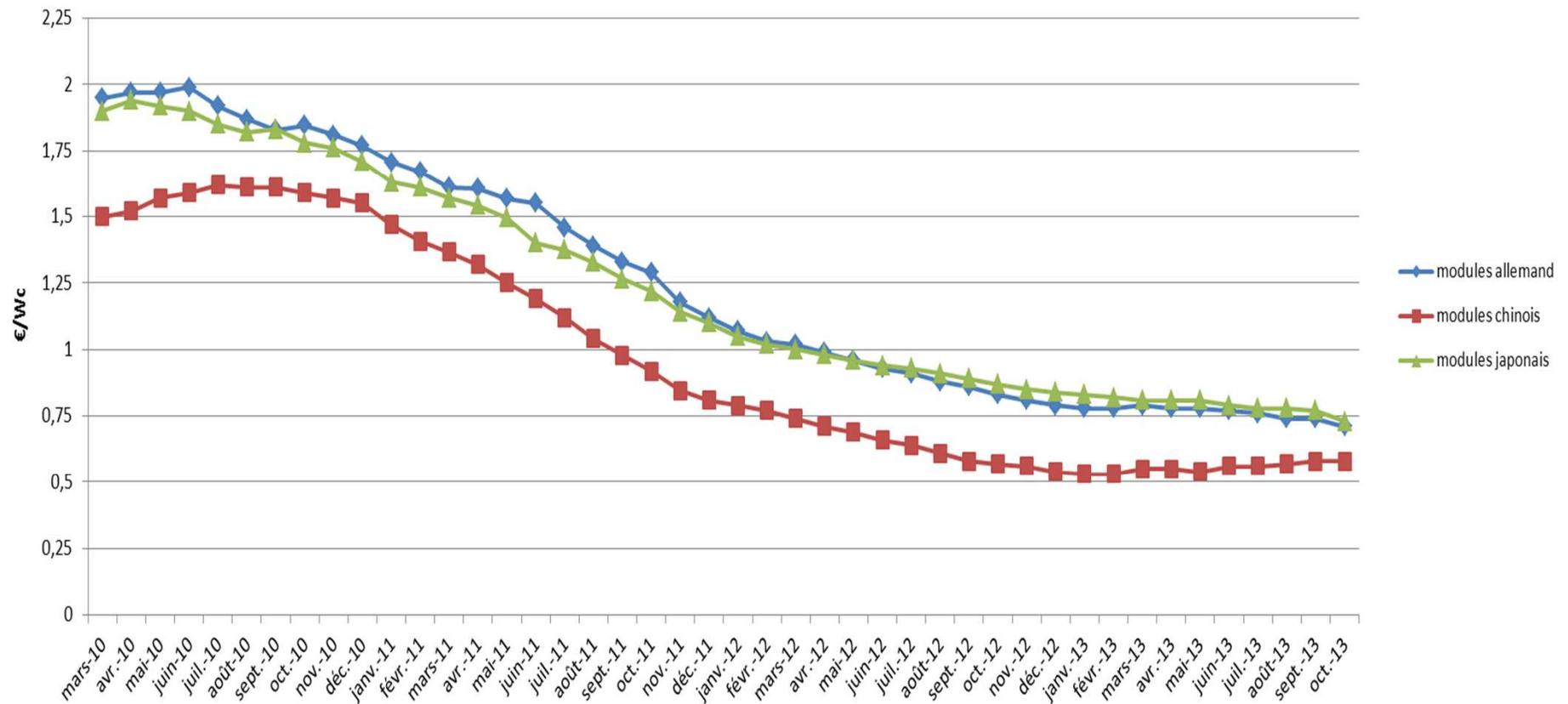
Contexte réglementaire

- **Appels d'offre simplifiés 100kWc à 250kWc :**
 - Lancés par la Commission de Régulation de l'Énergie
 - 3 périodes de candidatures de 40 MW
 - du 01/07/2013 au 31/10/2013
 - du 01/11/2013 au 28/02/2014
 - du 01/03/2014 au 30/06/2014
 - Remise d'une offre = engagement à réaliser l'installation
 - Offre non retenue : Possibilité de concourir pour les périodes suivantes
 - Jugement : 20 pts tarif (jusqu'à 18,90 c€/kWh) + 10 pts évaluation carbone simplifiée
 - Contrat de 20 ans avec EDF AOA ou ELD



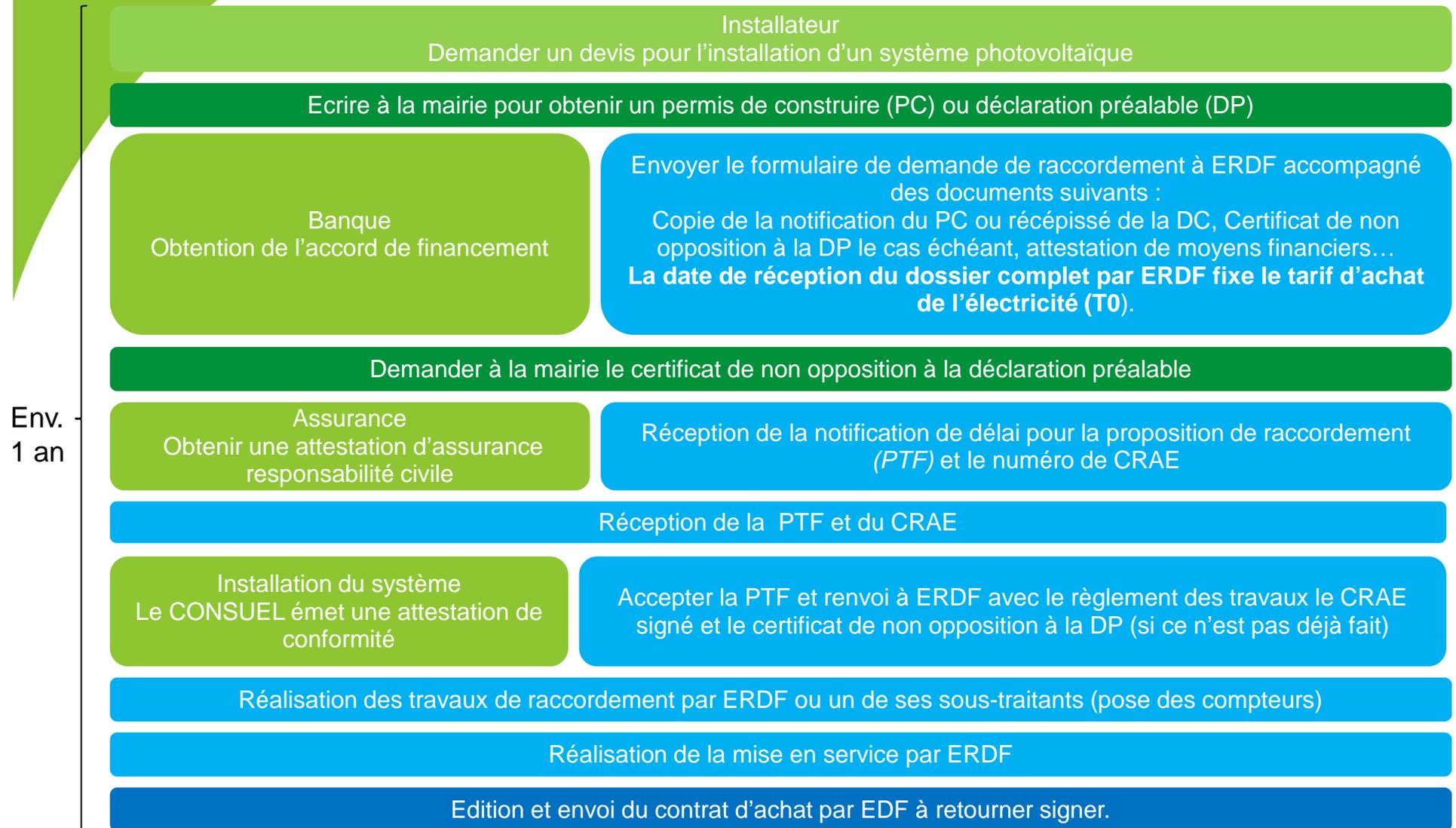
Le marché international

évolution prix des panneaux photovoltaïques (sortie usine)



source : www.pvxchange.com

Démarches administratives





Investir durablement dans le solaire photovoltaïque

Chambre d'Agriculture du Cher (11/12/2013)

Nicolas ARNALDI - SUNNY BERRY

2006 - 2011 : une filière à développer



Conditions favorables du marché

- **Tarifs d'achat très élevés**
- **Coûts d'installation importants**
- **Rentabilité importante**
- **Forte sélectivité des porteurs de projets**

2006 - 2011 : une filière à développer



Contexte de la période

- **Une technologie nouvelle (en France)**
- **Des installateurs peu expérimentés**
- **Une concurrence asiatique forte**
- **Une gestion de la politique de soutien chaotique**

2011 - 2013 : développement très encadré



- **Une politique de soutien prévisible**
- **Une baisse trimestrielle du tarif d'achat**
- **Un bonus au matériel européen (+ 10 %)**
- **Coûts d'installation beaucoup plus faibles**
- **Rentabilité raisonnable**
- **Démocratisation de la technologie**

Le photovoltaïque aujourd'hui



En 2013, tous les projets photovoltaïques
sont nécessaires :

- **Réfection de toiture / Rénovation du bâti ancien**
- **Contribution au financement d'un bâtiment**
- **Placement financier rentable et sûr**

Le photovoltaïque aujourd'hui



Réfection de toiture



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Réfection de toiture



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Réfection de toiture



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Réfection de toiture



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Réfection de toiture



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Contribution au financement d'un bâtiment



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Contribution au financement d'un bâtiment



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Le photovoltaïque aujourd'hui



Placement financier rentable



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Les caractéristiques d'un investissement photovoltaïque



- **Une rentabilité programmée : tarif d'achat garanti et contrat longue durée avec EDF**
- **Des risques limités**
(source inépuisable, garanties longue durée, assurances multi-risques, contrat d'achat...)
- **Des besoins en entretien très réduits**

Le photovoltaïque aujourd'hui



En photovoltaïque, la rentabilité
se fait pendant 20 ans

**=> performance, entretien,
production**

Investir durablement : choisir la performance



Modules

**10 à 15 % d'écart de rendement
selon la qualité**

**Au bout de 20 ans
60 000 €**



Onduleurs

**5 % d'écart de rendement
selon la qualité**

**Investir durablement :
choisir la performance**



Installation ventilée / Installation sur bac acier :

$\Delta = 3 \% / \text{an}$



**Au bout de 20 ans
10 000 €**

Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

**Investir durablement :
choisir la performance**



Bon dimensionnement modules / onduleurs :

$\Delta = 3 \% / \text{an}$



**Au bout de 20 ans
10 000 €**

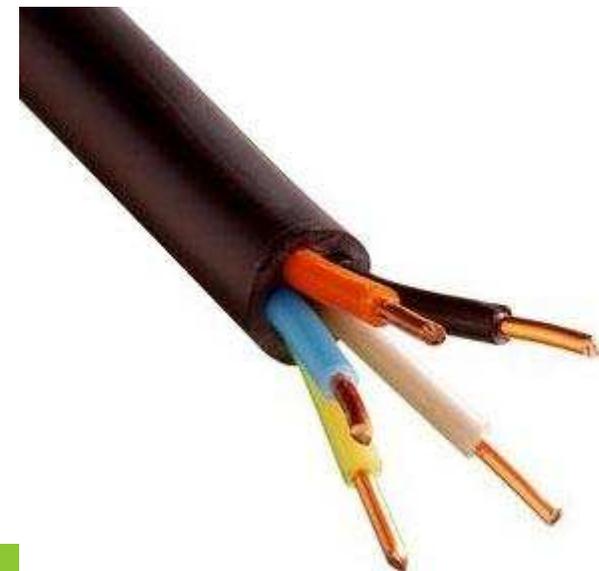
Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

**Investir durablement :
choisir la performance**



Section de câble sous-dimensionnée (DC / AC) :
 $\Delta = 4 \% / \text{an}$

**Au bout de 20 ans
14 000 €**



**Investir durablement :
choisir la sécurité**



Coffrets électriques :

Fiabilité

Sécurité

**Parafoudres optionnels
mais conseillés**



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Investir durablement : choisir la sécurité



Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Investir durablement : choisir la sécurité



- Normes (UTE C15-712-1,...)
- Qualifications Professionnelles:
- Contrôles extérieurs :



Raccordement au réseau : une étape décisive



- **Demande de raccordement complète
=> tarif d'achat attribué pour le projet**
- **Nécessité de réagir vite tout en faisant
les bons choix**
- **Montage administratif complexe**
- **Coût très variable selon la solution demandée**

Raccordement au réseau : une étape décisive



Exemple d'une installation de 100 kWc :

- **Coût moyen pour une installation de 100 kWc : 15 000 € HT**
- **Fourchette : 5 000 à 60 000 €**
- **Délais : 4 mois à plus de 12 mois**

Raccordement au réseau : une étape décisive



Composantes d'un devis de raccordement :

- **Compteur de production**
- **Transformateur**
(création, augmentation de puissance)
- **Quote-part pour l'amélioration du réseau**
- **Câble BT (domaine public / domaine privé)**

Raccordement au réseau : une étape décisive



Optimisation du coût :

- Réaliser soi-même la tranchée
- Fournir et poser le câble en domaine privé
- Mettre le compteur en limite de propriété
- Limiter la taille du projet
(36 kWc facile à raccorder)

Raccordement au réseau : une étape décisive



**Compteur positionné
en limite de propriété**

Chambre d'Agriculture du Cher – mercredi 11 décembre 2013

Raccordement au réseau : une étape décisive



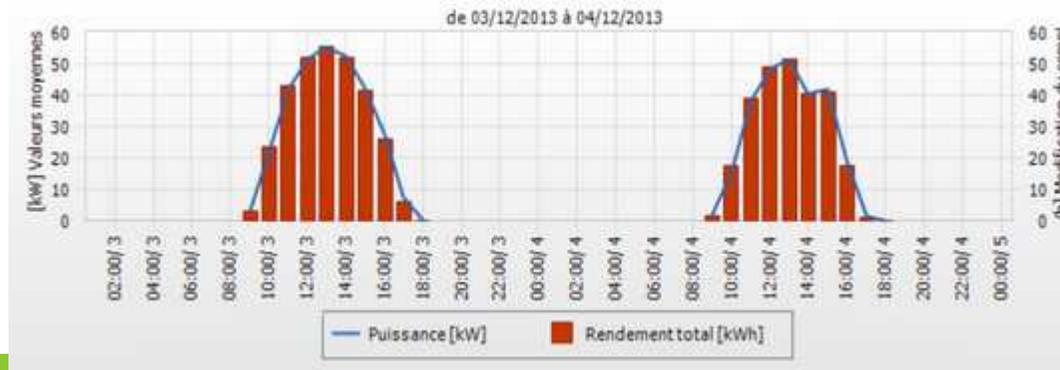
Transformateurs



Suivi de Production



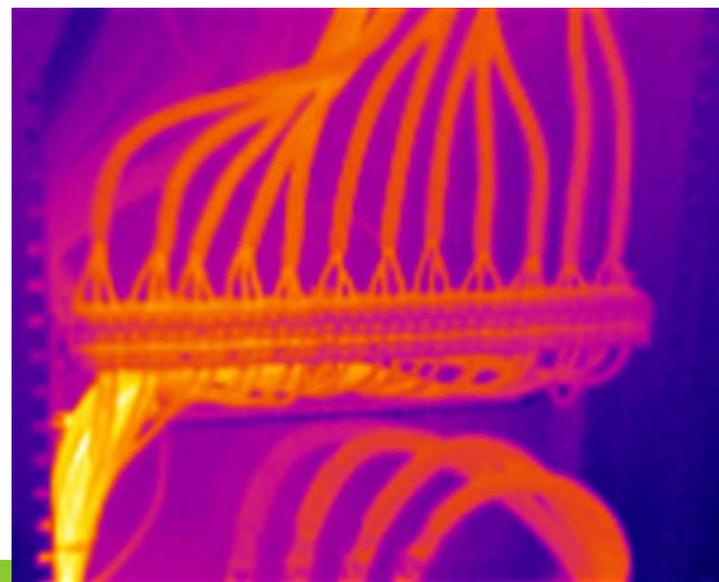
- Optionnel
- Contrôle à distance de la bonne performance
- Alerte automatique en cas de défaillance
- Réactivité de l'intervention de dépannage



Maintenance Annuelle



- **Entretien réclamé par les assurances**
- **Nettoyage Onduleurs / Coffrets**
- **Vérification des protections**
- **Resserrage des connexions**
- **Repérage des points chauds (caméra thermique)**



Nettoyage des modules



- **Traitement antireflets**
- **Structure du verre :
autonettoyante**
- **Un mauvais nettoyage
peut compromettre
définitivement le
potentiel de production**



Choix de ses partenaires (installateur, fabricant,...)



- Choisir un partenaire de confiance
(compétences, réputation, proximité, réactivité,...)
- Si défaillance fabricant = garantie produit
(ex : Scheuten,...)
- Si défaillance installateur = garantie décennale
- Pendant la durée du contrat :
 - Qui intervient en cas de panne ?
 - Qui assume les responsabilités ?

L'installation photovoltaïque au bout de 20 ans



- **Repartir sur un 2nd contrat d'achat**
- **Outil de production d'électricité amorti pouvant garantir l'autonomie énergétique du site**
- **Station service électrique locale**
- **Revente des modules d'occasion**
- **Recyclage gratuit des modules**
- **Ne rien faire et conserver une toiture étanche**



Briscoche 18390 OSMOY - 06 95 44 45 91

Simulation économique

Installation de 100 kWc, BOURGES, plein Sud, 30°, 1150 kWh/kWc
Emprunt sur 15 ans à 3,5%
20% en autofinancement

Investissement :

Installation PV : $1,40 \text{ €/Wc} \times 99\,750 \text{ Wc} = 139\,650 \text{ €}$

Raccordement : 20 000 €

Total : 159 650 €

Charges annuelles :

Assurance : 900 €/an

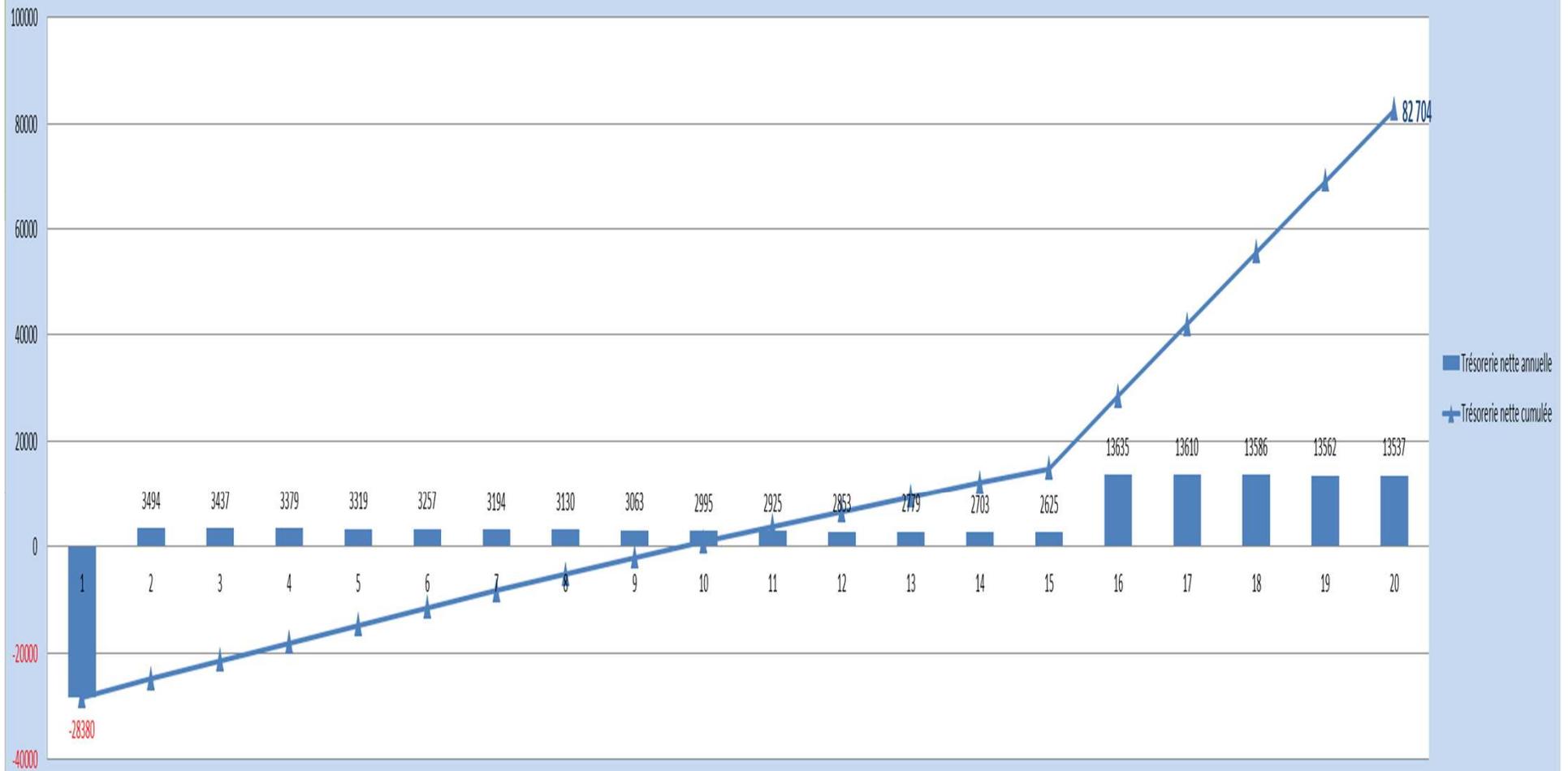
Maintenance : 450 €/an

TURPE : 650 €/an

CA moyen annuel: 17 421 €

Simulation économique

Evolution de la trésorerie





Quels matériaux pour l'avenir ?

Stéphane CHARMOILLAUX

Cécilia MONVILLE





Utilisation du peuplier local

Stéphane Charmoillaux



Le peuplier en région

Le Centre, 5^{ème} région en récolte commercialisée de peuplier en 2010...

(en milliers de m3 sur écorce)

Régions	Peuplier	Résineux	Feuillus	Total
1. Picardie	186	847	141	1 174
2. Pays de la Loire	142	200	298	641
3. Aquitaine	135	904	12 563	13 602
5. Centre	102	891	746	1 739
10. Nord-Pas-de-Calais	83	192	53	327
...				
Total (22 régions)	1 279	12 163	26 420	39 861

Source : Agreste 2010

Le peuplier en région

Et 2^{ème} région en surface de peuplier de production !

Régions	Peupleraies (ha)
1. Picardie	23 900
2. Centre	22 600
3. Champagne-Ardenne	21 100
4. Pays de la Loire	18 900
9. Nord Pas de Calais	9000
...	
Total (22 régions)	185 100

Le peuplier en région

Depuis fin 2012, un groupe de travail cherche à développer l'utilisation du peuplier en construction dans le département :

- 8 entreprises
- Un garage construit en ossature peuplier
- Recherche d'un projet en cours

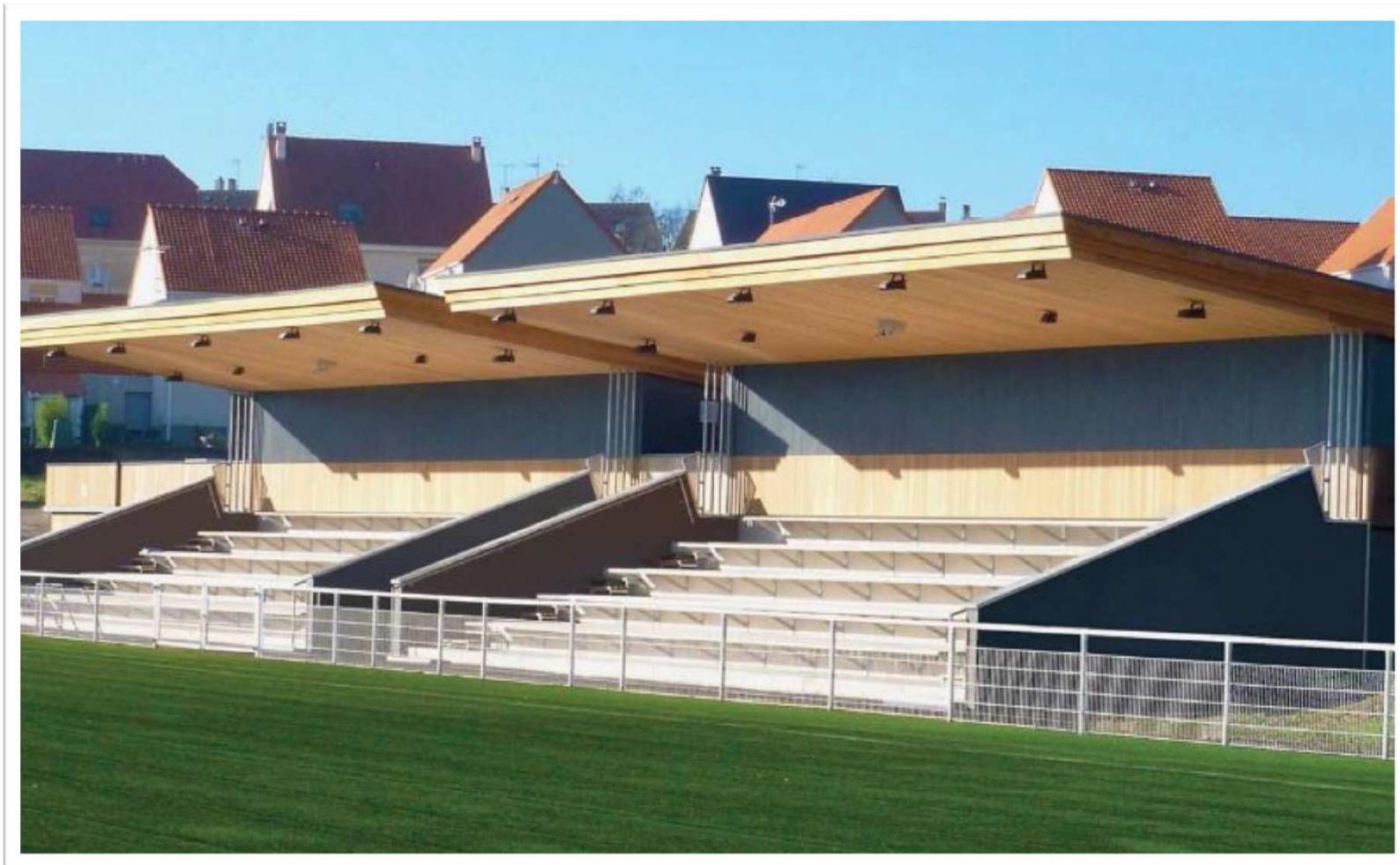
Le peuplier peut être utilisé en :

- Ossature / charpente selon le cultivar
- Bardage thermo traité



Le peuplier en région

Exemple à Etaples sur Mer (62) :



Le peuplier en région

Exemple à l'aérodrome de Fay (36) :



Le peuplier en région

Exemple à Virlay (18) :





**Utilisation de la paille dans la
construction et l'isolation**
Cécilia Monville



1. Disponibilité de la paille en région

- **Données chiffrées**

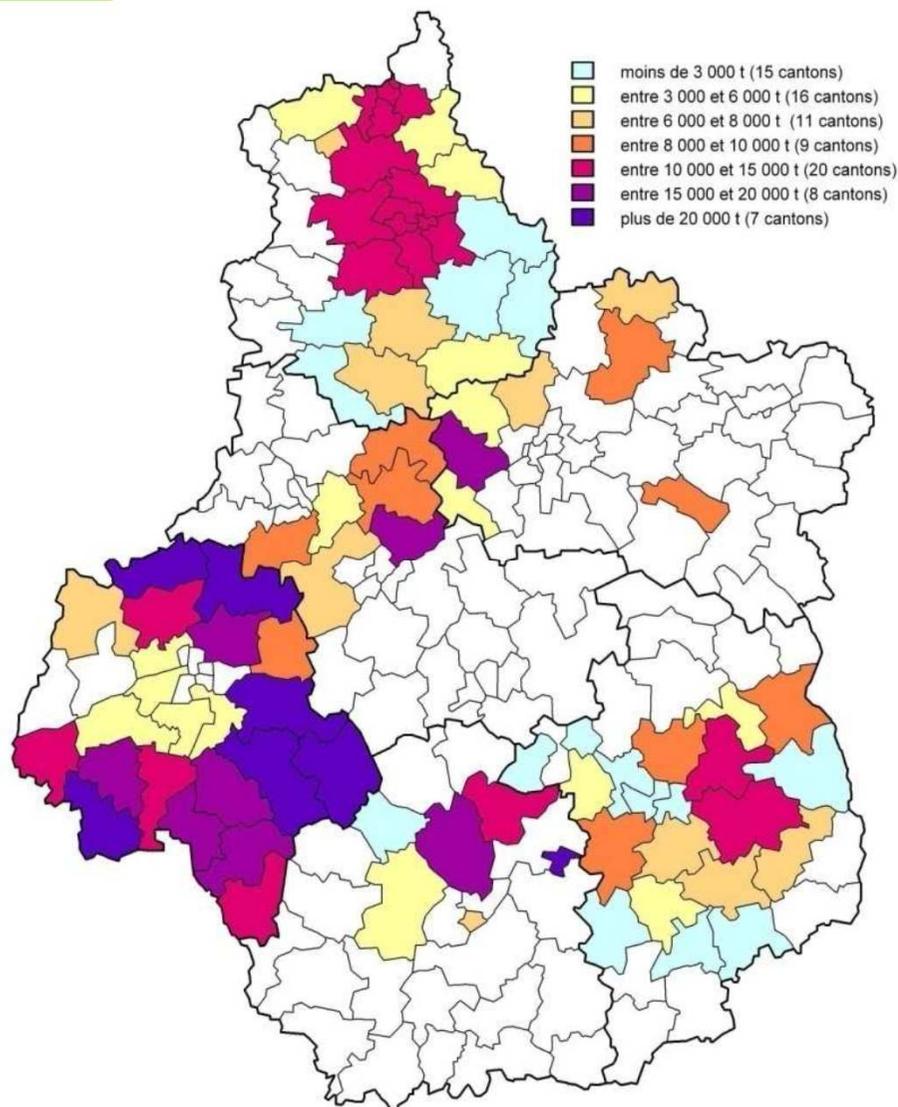
- SAU Région Centre : 2,3 Mha dont 1,2 en céréales (*maïs compris*) (Recensement agricole 2010)
- Production moyenne pailles : 3-4 T MS /ha, selon céréales, oléagineux, maïs
- 5 Mt de pailles produites en Région Centre (*étude Alter'Energies*)
- Production mobilisable : 850 000 T de paille (*étude CRA 2007*) ou 1,34 Mt (*étude DREAL 2011*)

- **Utilisation des pailles**

- Enfouissement - retour au sol (*50 % des pailles selon étude FranceAgrimer*)
- Brûlage
- Exportation pour fourrages et litières animales (*10,5 Mt au niveau national*)
- Autres utilisations : agromatériaux, énergie.

1. Disponibilité de la paille en région

Potentiel de prélèvement de paille par cantons de la région Centre en 2009



Etude de la CRA du Centre, 2007.⁹

- Retours au sol
- Paille autoconsommée
- Paille déjà commercialisée
- Paille brûlée
- Prise en compte de la volonté des agriculteurs à vendre leur paille

Potentiel mobilisable : 850 000 tonnes¹¹.

2. La paille en construction et isolation

- **Valeur de la paille**
 - Prix vente **botte de paille de 15 kg : 2 € > 133 €/T**
 - Avec un rendement de 3 T de paille /ha, (3*133,33) la vente revient à **400 €/ha**
- **Quantités nécessaires en construction**
 - Maison de 100 m² au sol > 500 bottes de paille, soit environ 10 tonnes (*production de 2 ha de blé*)
 - Pour 1 000 constructions > 10 000T paille > 2 000 ha de blé, soit **1,2 % du potentiel mobilisable (850 000T)**
- **Utilisations**
 - Petites bottes : isolations murs, toitures, planchers
 - Grosses bottes : murs autoporteurs

2. La paille en construction et isolation

- Etat des lieux

- 2 000 maisons en paille en France
- 52 répertoriées en région Centre (*estimation à 100*), dont 15 réalisées par des professionnels (*étude Approche Paille 2012*)

- Comparatif coefficient isolation

- Paille 36 cm d'épaisseur
- Densité 80-120 kg/m³
- 36*45*90 cm
- Humidité < 20 %

- Coûts

- Construction maison en paille > 3-5% maison conventionnelle laine de verre
- Murs extérieurs = 15-20% du coût d'un bâtiment

COMPARATIF GLOBAL DES ISOLANTS

Performance isolation identique
1 botte de paille 37cm
= 27cm laine de verre

Matériau	Dénomination	Conditionnement	Utilisation					Caractéristiques isolantes			Caractéristiques techniques				Bilan environnemental				
			Mur	Plancher / combles perdus	Rampant	Support de couverture	Sol - sous-chape	λ	Epaisseur en Wm.K	Prix moyen public TTC	Masse volumique en kg/m ³	Capacité hygroscopique	Résistance à la vapeur d'eau	Classement au feu	Temps de déphasage pour 20 cm	Energie grise (kWh ep / UF) ⁽¹⁾	Effet de serre (kg CO ₂ eq / UF) ⁽²⁾		
Polystyrène	Polystyrène expansé PSE	Panneau	✓	✓	✓	✓	✓	0.032 à 0.038	16 à 19	5,6 €/m ² (ép. 6 cm)	10 à 30	Non	20 à 100 000	B	4 h	81	☹️	10	☹️
	Polystyrène extrudé PSX (au CO ₂)	Panneau	✓	✓	✓	✓	✓	0.028 à 0.035	15 à 18	10,4 €/m ² (ép. 10 cm)	25 à 40	Non	80 à 200	B	6 h	181	☹️☹️	22	☹️
	Polyuréthane (PUR)	Panneau	✓	✓	✓	✓	✓	0.024 à 0.030	12 à 15	5 €/m ² (ép. 7 cm)	20 à 40	Non	30 à 200	C	6 h	115	☹️☹️	16	☹️
Laine de verre	Laine de verre	Rouleau	✓	✓	✓	✓	✓	0.032 à 0.042	16 à 21	3 €/m ² (ép. 10 cm)	10 à 40	Non	1	A	4 h	74	☹️	12	☹️
	Laine de roche	Rouleau	✓	✓	✓	✓	✓	0.034 à 0.044	17 à 22	6 €/m ² (ép. 10 cm)	15 à 200	Non	1	A	6 h	168	☹️☹️	43	☹️
	Verre cellulaire	Panneau				✓		0.037 à 0.060	18 à 30	10 à 50 €/m ² selon ép.	100 à 220	Non	infinie	A	7 h	118	☹️☹️	25	☹️
	Perlite expansée	Granulats en vrac	✓					0.045 à 0.060	23 à 30	15 € (100L)	70 à 240	Non	1 à 5	A	6 h	65	😊	12	☹️
	Vermiculite expansée	Granulats en vrac	✓	✓				0.046 à 0.08	23 à 40	25 € (100L)	60 à 160	Non	3 à 4	A	6 h	49	😊	10	☹️
	Mousse minérale	Panneau	✓	✓				0.045	23	29 €/m ² (ép. 8 cm)	115	Non	3	A	7 h	34	😊	12	☹️
Bois	Fibre souple (laine)		✓	✓	✓			0.038	19	11 à 13 €/m ² (ép. 10 cm)	45 à 55	Faible	1 à 2	E	7 h	58	😊	-4	😊
	Fibre rigide (panneau haute densité)		✓	✓	✓	✓	✓	0.045	23	26 à 37 €/m ² (ép. 10 cm)	160 à 270	Faible	3 à 5	E	15 h	122	☹️	-20	😊😊
Liège expansé	Granules		✓	✓			✓	0.034 à 0.042	17 à 21	122 €/m ³	80 à 120	Faible	1 à 3	E	9 h	41	😊	-26	😊😊
	Panneau		✓	✓	✓	✓	✓	0.036 à 0.042	18 à 21	25 €/m ² (ép. 10 cm)	100 à 150	Faible	5 à 30	E	13 h	41	😊	-26	😊😊
Chanvre	Laine en rouleau		✓	✓	✓			0.038 à 0.042	19 à 21	11 €/m ² (ép. 10 cm)	25	Moyenne	1 à 2	E	7 h	52	😊	-1	😊
	Laine en panneau		✓	✓	✓			0.038 à 0.042	19 à 21	11 à 14 €/m ² (ép. 10 cm)	30 à 35	Moyenne	1 à 2	E	7 h	69	😊	-1	😊
	en vrac (chênevotte)		✓	✓	✓		✓	0.048	24	13 € (20 kg)	90 à 115	Moyenne	1 à 2	E	8,5 h	16	😊	-49	😊😊
Laine de lin	Rouleau		✓	✓	✓			0.037	19	13 €/m ² (ép. 10 cm)	25	Moyenne	1 à 2	C à D	6 h	38	😊	1	😊
	Panneau		✓	✓	✓			0.037 à 0.047	18 à 23	13 €/m ² (ép. 10 cm)	20 à 35	Moyenne	1 à 2	C à D	6 h	47	😊	1	😊
Paille	En botte		✓	✓	✓			0.045 à 0.050	20 à 25	8 € la botte	75	Faible	1 à 2	B	8 h	5	😊	-26	😊

3. Pourquoi la paille ?

- Avantages techniques et environnementaux

- Ressource renouvelable
- Ressource disponible sur l'exploitation - locale
- Bon matériau d'isolation
- Faible énergie grise en construction
- Confort : matériau hygroscopique > régulation humidité dans l'air de la maison (*paille absorbe humidité*)
- Densité élevée et inertie de la paille : frais en été (*déphasage*)
- Simple : botte de paille – enduit chaux, terre ou plâtre (*respirant*)

- La paille existe et est là : pas une culture spécifique
- Stockage de CO2 : 10 t de paille stocke 3 t équivalent CO2
- Durabilité, recyclage (*PHOTO maison feuillette*)



3. Pourquoi la paille ?

- **Economiques**

- Baisse des dépenses énergétiques des bâtiments : bât économe en énergie
- Redistribution des coûts de l'isolant auprès de l'agriculteur
- Plus de main d'oeuvre et moins de matériaux, donc plus d'emploi
- Emprunter pour construire économe est très apprécié des banques
- Confort et dépendance aux énergies fossiles

- **Culturels**

- Recréer du lien social - chantiers participatifs, voisins
- Se réapproprier des savoir-faire

- **Sociaux**

- Des logements de qualité et pour tous

3. Historique de la construction paille - Exemples de longévité de constructions



1850: 1ere trace photo d'un bâtiment en paille – nebraska



•Construction église USA (1908)



Maison feuillet (Loiret): 1921



3. Pourquoi la paille ?

- **Limites**

- Mise en œuvre: compétences spécifiques
- Filière
- À priori - résistance / rongeurs / humidité
- Image des 3 petits cochons 1933 - empreunte culturelle
- Manque de connaissance des assureurs

- **Acteurs**

- Plateau technique de formation, Formapaille à Graçay (local)
- Approche Paille (régional)
- RFCP (national)
- Site Internet: www.constructionpaille-regioncentre.fr



Exemple de réalisations en paille dans le monde agricole

Source : Jean-Baptiste THEVARD

chargé de mission construction paille en région Centre

jbthevard@approchepaille.fr – 0980 328 323



1. Processus de construction



Produit agricole



Contrôle sur chantier



Matériau de construction

Source: M THEVARD

2. Exemple d'une isolation par l'extérieur en petites bottes de paille



3. Exemple d'un remplissage en grosses bottes



3. Débords de toits et enduits à la chaux



4. Autre exemple : stockage réfrigéré

- **Élevage hélicicole - isolation chambre froide en paille (Vouzon - 41)**
 - Revêtement pvc - paille est dans le mur comme isolant en place d'un isolant industriel
 - Petites bottes



- **Chai viticole dans le Chinonais**
 - Trop gros projet
 - Client pas les moyens

4. Autre exemple : stockage agricole

• Stockage de plantes aromatiques (Diois - 26)

- Caissons bois / paille: murs + plafonds
- 1300m² murs
- 1000m² plafonds



Vos contacts à la Chambre d'agriculture du Cher :

Énergie

✦ Christophe RAMBAULT : 02 48 23 04 31

c.rambault@cher.chambagri.fr

✦ Cécilia MONVILLE : 02 48 23 04 45

c.monville@cher.chambagri.fr

✦ Stéphane CHARMOILLAUX: 02 48 23 04 86

s.charmoillaux@cher.chambagri.fr

Bâtiments

✦ Jean-Claude LAZARD: 02 48 23 04 37

jc.lazard@cher.chambagri.fr



MERCI DE VOTRE ATTENTION

