

# Produire de l'électricité solaire

## Guide à l'usage des copropriétaires





# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Le fonctionnement de l'énergie photovoltaïque</b> .....	<b>3</b>
1.1 Comment fonctionne un capteur photovoltaïque .....	3
1.2 Comment savoir si un site est plus ou moins favorable au photovoltaïque .....	3
1.2.1 Influence de l'inclinaison et de l'orientation .....	3
1.2.2 Influence de la latitude, du mois de l'année et de la qualité du rayonnement solaire.....	4
<b>2. Les idées reçues à propos du photovoltaïque : foire aux questions</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Comment installer des panneaux photovoltaïques dans sa copropriété ?</b> .....	<b>8</b>
3.1. En finançant directement son installation.....	8
3.1.1. Faire valider la faisabilité technique et la viabilité économique du projet .....	8
3.1.2. Faire voter le projet en assemblée générale .....	8
3.1.3. Réaliser les demandes d'aides et de financements.....	9
3.1.4. Engager les procédures administratives .....	9
3.1.5. Garantir la pérennité du projet en définissant la procédure d'exploitation de l'installation.....	9
3.1.6. Exemple .....	9
3.2. En louant la toiture à un tiers-investisseur.....	10
3.2.1. Préparation du projet.....	10
3.2.2. Location du toit.....	10
3.2.3. Responsabilités du tiers .....	10
3.2.4. Exemple .....	11
<b>Annexes</b> .....	<b>12</b>
A1. Les principales unités du photovoltaïque : kW, kWc et kWh .....	12
A2. Une vision plus globale .....	12
A3. Bibliographie .....	13

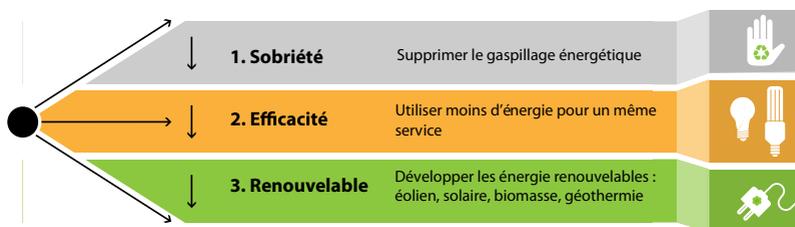
Les données chiffrées qui figurent dans ce guide ont pour référence l'ensoleillement en région Île-de-France. Les subventions, crédit d'impôt ou tarif de rachat sont ceux à la date du 31 décembre 2010. Il est fortement probable que ces données évoluent dans le temps.

# Introduction

Le défi énergétique du XXI<sup>e</sup> siècle peut se résumer en quelques mots : « Fournir davantage d'énergie, avec moins de dioxyde de carbone ». Ce défi paraît difficile à résoudre, mais des solutions crédibles existent comme la démarche Négawatt. La démarche Négawatt consiste à appliquer et hiérarchiser les efforts pour une consommation et une production plus durable de l'énergie :

1. La **sobriété** énergétique a pour but de réduire les gaspillages par des comportements rationnels et par des choix individuels et sociétaux. Par exemple, profiter au maximum de la lumière naturelle pour s'éclairer, bien régler la température de consigne du chauffage, ou encore privilégier les aliments de saison et produits localement.
2. L'**efficacité** énergétique vise à réduire les pertes lors du fonctionnement et de l'exploitation. Le potentiel d'amélioration de nos bâtiments, de nos moyens de transport et des appareils que nous utilisons est considérable : il est possible de réduire d'un facteur 2 à 5 nos consommations d'énergie et de matières premières, à l'aide de techniques déjà éprouvées, avec un temps de retour économique souvent raisonnable.
3. De manière complémentaire à ces deux actions sur la demande d'énergie, les **énergies renouvelables**, par définition inépuisables, bien réparties et décentralisées, ont un faible impact sur notre environnement ; elles sont les seules qui permettent de répondre durablement à nos besoins en énergie sans épuiser notre planète.

Ces trois éléments sont complémentaires et indissociables : promouvoir l'un sans se soucier des autres n'a pas de sens.



Le guide que vous avez entre vos mains explore la production d'électricité en copropriété à partir d'une énergie renouvelable : l'énergie solaire.

Comme le montre la démarche Négawatt, mettre en œuvre cette énergie sans s'être occupé de la sobriété et de l'efficacité énergétique de votre copropriété n'aurait pas de sens.

Pour savoir comment être énergétiquement sobre et efficace en copropriété, reportez-vous à la bibliographie de la fin du guide.

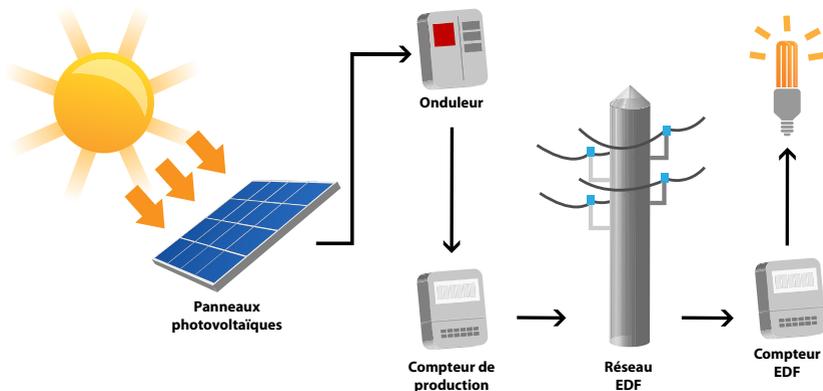
# 1. Le fonctionnement de l'énergie photovoltaïque

## 1.1 Comment fonctionne un capteur photovoltaïque

Un capteur photovoltaïque (PV) transforme l'énergie contenue dans le rayonnement solaire en énergie électrique. L'électricité issue du capteur produit un courant continu que l'onduleur convertit en courant alternatif afin de l'adapter aux besoins en énergie électrique domestique.

Après l'onduleur, l'installation électrique comprend deux types de comptage de l'électricité :

- Le compteur de **production** comptabilise l'énergie produite par les capteurs photovoltaïques ;
- Le compteur de **consommation** comptabilise l'énergie consommée par les occupants du bâtiment.



### Schéma d'une installation photovoltaïque connectée au réseau

L'électricité produite par un capteur photovoltaïque peut être consommée directement dans le bâtiment où le capteur est installé mais elle est le plus souvent injectée entièrement dans le réseau électrique.

## 1.2 Comment savoir si un site est plus ou moins favorable au photovoltaïque

Il faut faire une étude, qui prend en compte diverses influences : l'inclinaison, l'orientation, la latitude du lieu de production et le mois de l'année.

### 1.2.1 Influence de l'inclinaison et de l'orientation

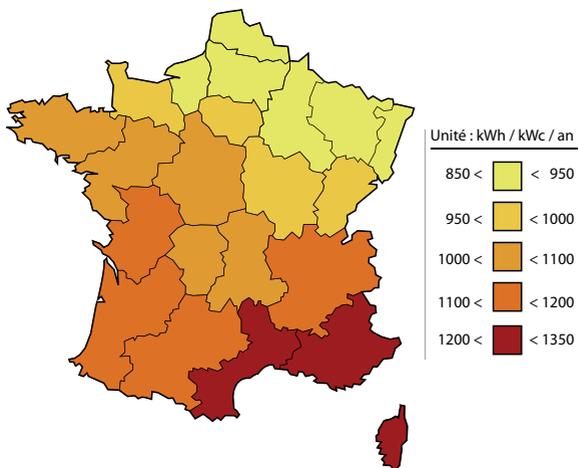
Pour des conditions optimales de production, l'inclinaison du capteur doit se situer **entre 15° et 45°**, et ne doit pas subir l'effet d'ombres portées (cheminées, arbres,

gaines d'aération, etc.). L'orientation la plus favorable est obligatoirement **Sud** (dans l'hémisphère Nord), mais on peut dans certains cas accepter d'autres orientations moins efficaces tout en assumant des pertes de production.

Inclinaison \ Orientation	Inclinaison			
	0° à 15°	15° à 45°	45° à 75°	75° à 90°
Est	93 %	93 %	78 %	55 %
Sud-Est	90 %	96 %	88 %	66 %
Sud	93 %	100 %	91 %	68 %
Sud-Ouest	93 %	96 %	88 %	66 %
Ouest	93 %	90 %	78 %	55 %

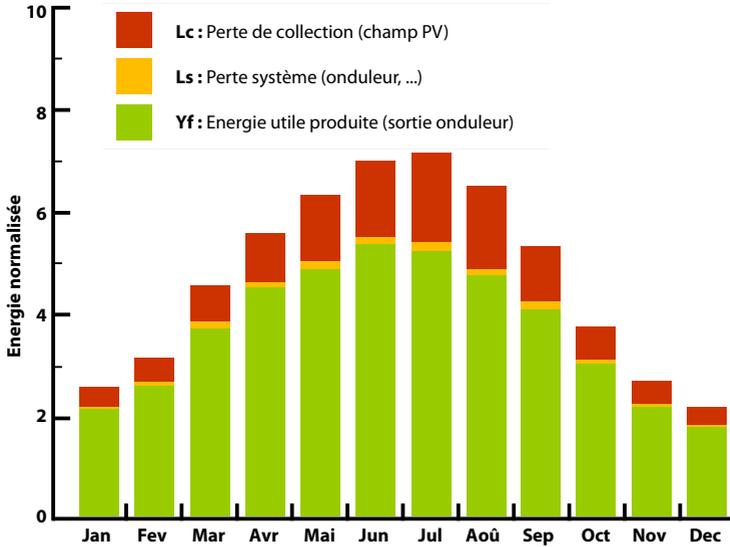
### 1.2.2 Influence de la latitude, du mois de l'année et de la qualité du rayonnement solaire

La quantité d'énergie reçue en moyenne par jour pour une inclinaison égale à la latitude du lieu varie entre 900 kWh/ kWc / an pour la région parisienne à 1350 kWh/ kWc / an pour Toulon.



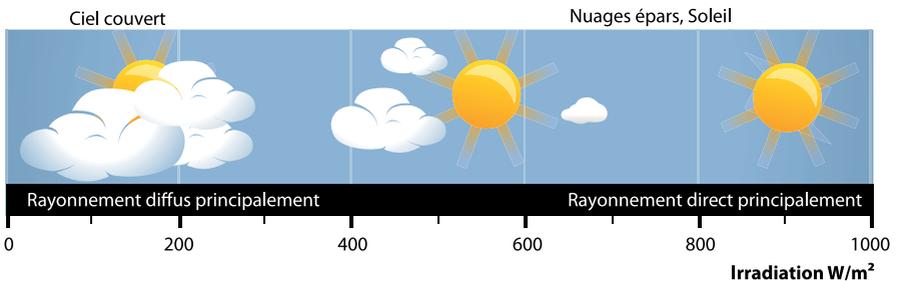
Gisement solaire en France

L'influence du mois dépend de la durée d'exposition solaire pendant chaque jour : juillet et août sont les mois les plus productifs.



Production normalisée (par kWc installé)

La puissance émise par le soleil varie aussi suivant la qualité du rayonnement : **direct** c'est-à-dire reçu en ligne droite depuis le soleil jusqu'au sol, **diffus** ce qui signifie diffusé dans toutes les directions par les nuages et les particules en suspension dans l'atmosphère ou par le rayonnement solaire réfléchi par le sol (l'effet albédo).



## 2. Les idées reçues à propos du photovoltaïque :

### foire aux questions

#### Comment évolue la technologie à propos de l'énergie photovoltaïque ?

La technologie actuelle profite de rendements de plus en plus importants. Le niveau de conversion du rayonnement solaire en courant électrique est passé de 13 à 17%.

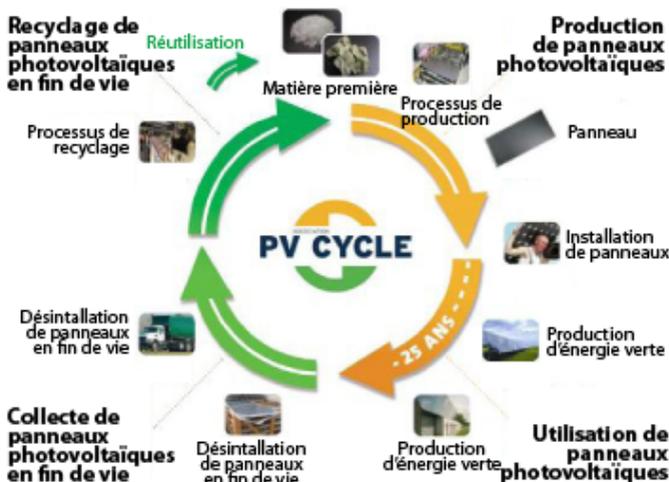
De même, la puissance des capteurs photovoltaïques offre également de meilleures capacités de production : cette puissance a augmenté de 110 à 240 Wc pour un même capteur.

Les coûts sont variables suivant la puissance installée et le niveau d'intégration de l'équipement à l'architecture du bâtiment.

Puissance	Surimposition toiture	Intégration toiture (tuiles PV, verrière, etc.)
1 à 3 kWc	5 à 6,5 €/Wc	> 6,5 €/Wc
3 à 10 kWc	5 à 6 €/Wc	> 6 €/Wc
+ 10 kWc à MWc	3,2 à 5 €/Wc	> 5 €/Wc

Ces prix moyens (HT) sont donnés à titre indicatif et n'incluent pas les frais liés à la main d'œuvre.

Les frais de main d'œuvre sont de 1 à 2 €/Wc. Il faut rajouter le coût de l'abonnement pour le producteur qui est d'environ 60 €/an, ainsi que le coût du raccordement au réseau ErDF qui est de 1500 € en moyenne. Des conditions difficiles d'accès à la toiture peuvent augmenter le prix de 1 à 2 €/Wc.



Cycle de vie des panneaux photovoltaïques

## **Comment les capteurs photovoltaïques sont-ils fabriqués et recyclés ?**

Le niveau de recyclage actuel atteint 90% (*verre et métaux*) et devrait nettement s'améliorer étant donné la maturité progressive de la filière industrielle. La filière du recyclage se met en place au fur et à mesure pour rendre recyclable ce qui ne l'est pas encore.

Il suffit au matériel photovoltaïque de fonctionner entre 2 et 3,5 ans pour compenser l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication (source ESPACE PV).

## **Quelle est la provenance du matériel photovoltaïque ?**

De nombreux acteurs délocalisent en Asie la production des cellules de silicium, engendrant un impact environnemental plus défavorable. Mais il y a en Europe certains fabricants qui assument toute la chaîne du produit, de la matière première au module en passant par l'assemblage des éléments.

## **Peut-on obtenir des garanties de fonctionnement ?**

Un rendement minimum de 80% est généralement garanti par le fabricant pour une durée de 20 à 25 ans. Cette durée équivaut à la durée de vie du capteur photovoltaïque. Le capteur bénéficie d'une garantie « fabricant » de 5 à 10 ans couvrant tout type de dysfonctionnement.

Les ouvriers et les entreprises qui interviennent sur les toits doivent obligatoirement détenir une garantie décennale car leur activité les amène parfois à traiter l'étanchéité du bâtiment. Ce point est à vérifier avant de choisir l'entreprise.

## **Existe-t-il des risques de coupure de courant ?**

ErDF (entreprise publique) assure les travaux de raccordement et garantit l'absence de coupure de courant durant la production d'électricité solaire. A aucun moment, l'installation photovoltaïque n'altère la continuité de service d'approvisionnement en électricité. Il n'y a donc pas de risque de coupure dû aux panneaux photovoltaïques.

## **Est-ce que la production d'énergie verte est consommée par le bâtiment ?**

En règle générale, l'électricité solaire n'est pas consommée directement par le bâtiment qui supporte l'installation photovoltaïque : cette électricité solaire est quasi systématiquement revendue à l'opérateur historique. Cependant l'électricité empruntant toujours le chemin le plus court, c'est le consommateur le plus proche qui est alimenté par l'installation photovoltaïque. Les électrons « verts » sont ainsi consommés par les occupants des bâtiments bénéficiant de l'installation photovoltaïque. C'est un avantage car cette production d'énergie locale évite les pertes en ligne lors du transport de l'électricité.

## **Une installation photovoltaïque émet-elle des ondes radio fréquences ?**

Aucun parasite électromagnétique n'est émis à partir d'une installation photovoltaïque. Les modules photovoltaïques convertissent le rayonnement solaire en électricité et l'onduleur transforme ce courant continu en courant alternatif : dans cette chaîne de production aucun signal par ondes n'est envoyé.

## **N'y a-t-il pas des risques de réfléchissement de la lumière pour les voisins de l'installation ?**

Un capteur photovoltaïque doit absorber un maximum de lumière afin d'augmenter la productivité de celui-ci. Pour cela, lors de la fabrication du module, une couche anti-reflet est placée sur la cellule et sur le verre afin d'absorber au mieux la lumière. Seulement 3% environ d'irradiation solaire est reflétée par les capteurs, ce qui en pratique ne gêne personne.

# **3. Comment installer des panneaux photovoltaïques dans sa copropriété ?**

Si les conditions techniques d'exploitation sont réunies (cf. chapitre 1), un système photovoltaïque peut être exploité de différentes manières :

## **3.1. En finançant directement son installation**

Ce type d'investissement suppose d'avoir les moyens financiers pour la réaliser, ainsi que la motivation nécessaire pour monter tout le projet.

Le principal avantage est que les recettes de la production d'énergie solaire bénéficient entièrement aux propriétaires investisseurs.

Les points clés pour la mise en place d'un système photovoltaïque sont les suivants:

### **3.1.1. Faire valider la faisabilité technique et la viabilité économique du projet**

Pour l'aspect technique, il est nécessaire d'établir une étude de faisabilité par un bureau d'étude qui prendra en considération les paramètres extérieurs (cf chapitre 1.2) pour dimensionner l'installation et estimer la production annuelle d'électricité ainsi que le temps de retour sur investissement.

Pour l'aspect économique, il faut prendre en compte que le tarif de rachat varie (de 51 à 58 c€/kWh) en fonction du niveau d'intégration du matériel dans l'architecture du bâtiment. Ces niveaux d'intégration sont détaillés dans le guide d'intégration de la CEIAB (ADEME). Il faut ensuite obtenir au moins trois devis. Pour une toiture terrasse d'environ 400 m<sup>2</sup> avec une large orientation au sud, le coût approximatif atteint 105 000 €.

### **3.1.2. Faire voter le projet en assemblée générale**

Dans le cas d'un retour sur investissement de moins de 10 ans, le vote en assemblée générale relève de l'article 25 de la loi 65-557 du 10 juillet 1965.

### 3.1.3. Réaliser les demandes d'aides et de financements

Les propriétaires occupants bénéficient d'un crédit d'impôt qui s'élève à 25% du coût des équipements TTC (il ne s'applique donc pas au coût de la main d'œuvre). Le syndic devra vous fournir le montant de votre quote-part correspondant aux coûts du panneau photovoltaïque. Chacun devra, l'année suivante, l'indiquer dans sa déclaration de revenu pour bénéficier du crédit d'impôt. Les propriétaires bailleurs peuvent également bénéficier du crédit d'impôt.

D'autres financements peuvent être attribués par les collectivités mais ils varient suivant le territoire. Ces informations peuvent être apportées par les Espace Info→Energie (ADEME).

### 3.1.4. Engager les procédures administratives

Les étapes clés du montage administratif sont les suivantes :

- Déclaration préalable (bâtiment existant) ou permis de construire (bâtiment neuf) à la mairie ou au service urbanisme de la communauté d'agglomération - délais de 1 à 3 mois.
- Déclaration d'exploiter, à la DIDEME (Direction de la Demande et des Marchés Energétiques) - délais de 1 à 2 semaines.
- Contrat de raccordement (ErDF) - délais de 2 à 6 mois
- Contrat d'achat à EDF Obligation d'Achat ou à la régie locale - délais de 2 à 6 mois
- Assurance (responsabilité civile et possibilité d'extension dommages biens matériels) - délais 1 mois

Certaines opérations peuvent être menées simultanément afin de gagner un temps précieux. Le temps moyen du montage de projet varie de 9 à 12 mois.

### 3.1.5. Garantir la pérennité du projet en définissant la procédure d'exploitation de l'installation.

Un contrat de maintenance est généralement conclu avec l'entreprise qui a installée l'équipement photovoltaïque. Ce contrat prévoit une assistance dépannage en cas de panne constatée ou détérioration du matériel. Le pilotage et le suivi de la production peut être fait à distance via la connexion de l'onduleur à un modem internet.

Avant la fin du contrat de rachat de l'énergie (qui dure 20 ans), il est nécessaire d'anticiper la suite : étant donné la progression rapide de la technologie en termes de coût de fabrication et de rendement, il est probable que le matériel soit remplacé par un équipement plus performant au terme du contrat.

### 3.1.6. Exemple

Cas concret pour une copropriété de 50 logements :

	Toiture terrasse 400 m <sup>2</sup>	Toiture inclinée 250 m <sup>2</sup>
Coût projet (sans main d'œuvre) en €	<b>105 000</b> (membrane PV)	<b>180 000</b> (modules PV)
Quote-part pour la totalité des travaux / logement en €	<b>2 100</b>	<b>3 600</b>
Crédit d'impôt / logement en €	<b>525</b>	<b>900</b>
Revente annuelle d'énergie en €	<b>11 803</b>	<b>22 888</b>
Part revente annuelle / logement en €	<b>236</b>	<b>457</b>

*Les coûts (HT) sont donnés à titre indicatif pour un projet situé en région Île-de-France.*

## 3.2. En louant la toiture à un tiers-investisseur

Ce type de montage permet de se décharger de tout investissement financier et opérationnel car le projet est confié à un professionnel qui finance l'installation. Le syndicat des copropriétaires loue sa toiture. Il ne bénéficie pas directement de l'énergie produite, mais simplement d'une rente. Le déroulé opérationnel du tiers investisseur est le suivant :

### 3.2.1. Préparation du projet

Une visite est réalisée afin d'évaluer la rentabilité du site par le tiers investisseur. Suite à la visite, une étude de faisabilité est établie par le tiers.

Après l'étude, des documents techniques et financiers sont fournis à la copropriété qui est ainsi informée en détail sur le projet. Cela donne à chacun la possibilité de réfléchir librement à la proposition faite par le tiers.

### 3.2.2. Location du toit

La copropriété peut ensuite décider de mettre en location sa toiture pour bénéficier d'un loyer annuel faisant baisser les charges du bâtiment. La décision doit être prise à la majorité en référence de l'article 26 de la loi du 10 Juillet 1965.

L'ARC peut aider ses adhérents à négocier le contrat de bail.

### 3.2.3. Responsabilités du tiers

Le tiers prend en charge les démarches techniques, administratives, et financières assurant toute la chaîne du montage de projet. Il est l'unique interlocuteur pour la copropriété.

Le tiers est aussi le garant du bon fonctionnement de l'installation photovoltaïque et assume les responsabilités d'assurance et de maintenance liées à l'installation photovoltaïque.



## Développement de projet par Sunexis

### 3.2.4. Exemple

	Toiture terrasse (400 m <sup>2</sup> )	Toiture inclinée (250 m <sup>2</sup> )
Loyer annuel versé à la copropriété en €	<b>823</b>	<b>1 373</b>
Cumul du loyer annuel sur 20 ans en €	<b>16 460</b>	<b>27 465</b>

*Les montants (HT) sont à titre indicatif.*

# Annexes

## A1. Les principales unités du photovoltaïque : kW, kWc et kWh

**Un watt** (symbole : W) est la puissance d'un système énergétique. Un kilowatt (symbole : kW) correspond à 1000 W.

Ex : une ampoule basse consommation de puissance 11 W.

**La puissance crête** (symbole : Wc) correspond à la puissance maximale que peut délivrer un panneau photovoltaïque dans des conditions optimales de fonctionnement (ensoleillement de 1000 W/m<sup>2</sup> à une température de 25°C).

Ex : un panneau de 200 Wc produira une puissance électrique de 200 W si on le place dans des conditions optimales.

**Un kilowattheure** (symbole : kWh) correspond à l'énergie que produira un système photovoltaïque en fonction du temps.

Ex : un système de 21 kWc produira une énergie pendant un an équivalente à 18 900 kWh (soit environ 900 heures d'ensoleillement annuel en région Île-de-France).

## A2. Une vision plus globale

L'effet de serre est un processus naturel de réchauffement de l'atmosphère sans lequel la température moyenne à la surface de la Terre avoisinerait les -18°C. La plupart des gaz à effet de serre (GES) sont d'origine naturelle, mais certains d'entre eux sont uniquement dus à l'activité humaine, ou voient leur concentration dans l'atmosphère augmenter considérablement en raison de cette activité. C'est le cas du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et du méthane.

Les activités humaines depuis la deuxième révolution industrielle ont fait largement augmenter la proportion de ces GES dans l'atmosphère si bien que l'effet de serre naturel s'est accru, entraînant un réchauffement global de la température de la Terre et un dérèglement climatique reconnu par les experts scientifiques dont le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) et par de nombreux pays.

La France est engagée avec le Grenelle de l'Environnement et le pacte européen Climat-Energie à réduire ses émissions et produire davantage d'énergie à partir de sources renouvelables.

Climat :

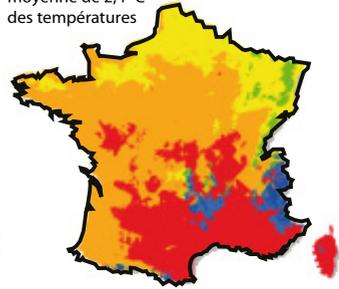
- **Montagnard**  
(pin , aulne, érable,  
sapin, sureau, orme, ...)
- **Continental**  
(érable, hêtre,  
pin sylvestre, ...)
- **Atlantique**  
(châtaigner, néflier, ...)
- **Aquitain**  
(pin maritime, bruyère, ...)
- **Méditerranéen**  
(chêne vert,  
chêne-liège, olivier , ...)

**En 2000**



**En 2100**

Hypothèse d'une élévation  
moyenne de 2,4 °C  
des températures



Source : INRA Nancy, UMR écologi  
et écophysiologie forestière

## L'impact du réchauffement

### A3. Bibliographie

[www.photovoltaique.info](http://www.photovoltaique.info)

[www.espace-pv.org](http://www.espace-pv.org)

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

[www.negawatt.org](http://www.negawatt.org)

[www.unarc.asso.fr](http://www.unarc.asso.fr)

Copropriété : le temps des économies d'énergie et du développement durable  
(ARC, Vuibert, 2008)

### L'ARC

L'ARC – Association des Responsables de Copropriété – est la première association de conseils syndicaux de copropriété et de syndicats bénévoles de France. Ayant notamment copiloté le Chantier Copropriété du Plan Bâtiment du Grenelle de l'Environnement, l'ARC a toutes les compétences pour aider les copropriétaires à mettre en œuvre des actions efficaces visant les économies d'énergies ou l'utilisation des énergies renouvelables. [www.unarc.asso.fr](http://www.unarc.asso.fr)

### Sunexis

Sunexis est spécialiste en système photovoltaïque intégré au bâti. La qualité architecturale est au cœur du développement de chaque projet. Sunexis est indépendant des grands groupes énergétiques et financiers. Pour plus d'informations, [contact@sunexis.com](mailto:contact@sunexis.com)

### La coopération ARC & Sunexis

Partant du constat qu'il y a de nombreux freins (financier, technique et administratif) dans le montage de projets solaires pour les copropriétés, l'ARC cherche à proposer à ses adhérents des solutions donnant une plus grande simplicité et liberté à chaque propriétaire en rapport avec une production plus durable de l'énergie.



[www.sunexis.com](http://www.sunexis.com)



[www.unarc.asso.fr](http://www.unarc.asso.fr)

---

**Les auteurs de cet ouvrage :**

Axel Vendeuvre, Julien Allix (ARC) et Renaud Dhont (ARC).

**Maquettage :**

[www.excentrik.fr](http://www.excentrik.fr)