

Michel
Tissot



L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE



LES GUIDES DE
L'HABITAT
DURABLE

EYROLLES

2^E ÉDITION



Michel
Tissot

L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE

Cet ouvrage vous offre une information complète et fiable sur le fonctionnement des panneaux solaires et de l'énergie photovoltaïque. Comment installer son chauffe-eau solaire ? Pour quelle rentabilité ? Quels sont les coûts et les aides de chaque région en France ? Tout est passé au crible pour vous donner une idée claire et précise de vos besoins et de vos possibilités. Autant de réponses qui vous permettront d'économiser votre chauffage, votre consommation électrique, en profitant de l'énergie du soleil.

Au programme...

Généralités – L'ensoleillement en France – Comment capter l'énergie solaire ? – Le chauffe-eau solaire – Fonctionnement – Coûts- Rentabilité – Choisir et concevoir un chauffe-eau solaire – Intégrer et orienter ses panneaux – Installer un chauffe-eau solaire étape par étape – Vers une architecture solaire – Le chauffage solaire – Le photovoltaïque – Dimensionner son installation – La rentabilité du photovoltaïque – Installations pas à pas – Les adresses utiles et les aides.

L'ÉNERGIE SOLAIRE **THERMIQUE** **ET PHOTOVOLTAÏQUE**

Dans la même collection

Financez votre habitat écologique, G. Daïd et P. Nguyễn, 2009

Le guide de l'éolien, techniques et pratiques, C. Dubois, 2009

Le guide des piscines naturelles et écologiques, P. Guillet, 2010

Vivre sain au quotidien, P. de Heut, 2009

L'assainissement non collectif, H.P. Marge, 2012

Le guide du chauffage géothermique, J.-M. Percebois, 2011

Le guide de l'eau domestique, B. Vu, 2008

Le guide de l'habitat passif, B. Vu, 2008

L'ÉNERGIE SOLAIRE

THERMIQUE

ET PHOTOVOLTAÏQUE

Michel Tissot

EYROLLES



ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Crédits :

p. 2-3 : © Otmar Smit - fotolia.com
p. 16-17 : © JYF - fotolia.com
p. 41 : © lamax - fotolia.com
p. 50 : © pf 30 - fotolia.com
p. 56-57 : © claraobscura - fotolia.com
p. 74-75 : © manfredxy - fotolia.com
p. 102 : © Nessgal - fotolia.com
p. 130-131 : © Laure Fons - fotolia.com
p. 132 : © haitaucher39 - fotolia.com
p. 135 : © dutourdumonde - fotolia.com

Couverture :

© haitaucher39 - fotolia.com
© Laure Fons - fotolia.com
© Otmar Smit - fotolia.com
© pf 30 - fotolia.com
© manfredxy - fotolia.com
© dutourdumonde - fotolia.com

Nous remercions les sociétés qui ont bien voulu participer à la réalisation de cet ouvrage :

Clipsol : www.clipsol.com, tél. 04 79 34 35 36

Buderus Chauffage SAS : www.buderus.fr

Eosolar : info@eosolar.fr, tél. 06 68 89 53 32

Maguy Sama : <http://maguysama.free.fr> ou <http://maguysama.free.fr/solaire>, tél. 04 90 13 15 86

Ouest Panneau solaire : www.panneausolaire.tv, tél. 02 97 61 81 91

Photowatt : www.photowatt.com, tél. 04 74 93 80 20.

Merci également à la Fabrik Numérique (www.fabrik-numerique.com).

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2012, ISBN : 978-2-212-13320-2

SOMMAIRE

Avant-propos	VI	Comment fonctionne un chauffe-eau solaire ?	20
GÉNÉRALITÉS	2	Les capteurs solaires	21
		Les différents types de chauffe-eau solaires	23
Chapitre 1 – Le solaire : l'énergie des étoiles	4	Chapitre 5 – Coûts et rentabilité	27
Un peu de physique	5	Est-ce rentable ?	27
Chapitre 2 – L'ensoleillement en France	7	Quelles sont les aides financières ?	28
Le solaire fonctionne-t-il vraiment mieux au Sud ?	9	Chapitre 6 – Choisir son chauffe-eau solaire	33
Et dans les départements d'outre-mer ?	10	Quel type de chauffe-eau solaire utiliser ?	33
Chapitre 3 – Comment capter l'énergie solaire ?	11	Concevoir son chauffe-eau solaire	34
Récupérer la chaleur du soleil	11	Chapitre 7 – Intégrer et orienter ses panneaux	38
Transformer la lumière en électricité	12	Quel emplacement pour les panneaux solaires ?	38
Les usages du soleil	14	Quelle est l'orientation optimale ?	38
LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE	16	Peut-on orienter les panneaux différemment ?	40
		Comment intégrer les capteurs solaires ?	41
Chapitre 4 – Généralités et fonctionnement	18	Où installer le ballon ?	42
Qu'est-ce qu'un chauffe-eau solaire ?	19		

Chapitre 8 – Installer un chauffe-eau solaire étape par étape	44	LE PHOTOVOLTAÏQUE	74
Faire installer son chauffe-eau	44	Chapitre 12 – Panorama des photopiles	76
Le dimensionnement du chauffe-eau	44	Photovoltaïque et histoire...	76
Trouver des installateurs qualifiés	45	Les politiques publiques du photovoltaïque	80
Choisir l'emplacement des panneaux	46	Le photovoltaïque et les particuliers	84
La déclaration de travaux	46	La fabrication des cellules photovoltaïques	85
Les demandes de subventions	49	Quel est l'impact environnemental de l'électricité photovoltaïque ?	87
La réalisation des travaux	49	Chapitre 13 – Le photovoltaïque domestique	89
Préparer le dossier fiscal pour le crédit d'impôt	50	Électrification en site isolé	89
Chapitre 9 – Foire aux questions	51	Photovoltaïque relié au réseau	90
Est-ce que j'aurai de l'eau chaude toute l'année ?	51	Chapitre 14 – Dimensionner son installation photovoltaïque	94
Comment coupler le solaire et l'énergie d'appoint ?	52	Comment mesurer la puissance d'une installation photovoltaïque ?	94
L'eau ne sera-t-elle pas trop chaude ?	53	Étude de masque	96
VERS UNE ARCHITECTURE SOLAIRE	56	Le diagramme solaire	97
Chapitre 10 – Le chauffage solaire	58	Cas pratique : une maison près d'Orléans	98
Le plancher solaire	59	Chapitre 15 – La rentabilité du photovoltaïque	101
Le chauffage central solaire	60	Un prix de rachat très intéressant	101
Le chauffage solaire de l'air	60	Les aides publiques à l'installation	105
Une autre approche ?	61	Combien coûte le photovoltaïque ?	106
Chapitre 11 – L'architecture solaire	62		
Les maisons passives	62		
L'architecture climatique	62		
Éléments d'architecture solaire	66		

Est-ce rentable ?	109	Demander les autorisations	121
Le calcul d'Isabelle	111	Poser les panneaux	126
Autorisation, assurances et sécurité	112	Se raccorder au réseau	126
Revendre l'électricité	113	Votre contrat d'achat	127
		Vos factures	127
Chapitre 16 – Installation pas à pas	116	Conclusion	128
Réduire sa consommation d'électricité	117	ANNEXES	130
Analyser son bâtiment	118		
Dimensionner son système photovoltaïque et choisir son mode d'intégration	118	Les adresses utiles	133
Demander des offres de prix	119	Ademe	133
Vérifier les conditions de raccordement au réseau	119	L'Agence nationale de l'habitat	133
Étudier la faisabilité économique de son projet	121	Les Espaces Info-Énergie	133
		Les sites Internet	133
		Les aides région par région	136
		INDEX	155

AVANT-PROPOS

Depuis trois ans, le baril de pétrole a franchi dans l'incrédulité générale le prix symbolique de 100 \$. Face à l'augmentation généralisée du coût de l'énergie, le mode de développement de nos sociétés industrielles semble soudain fragile.

Tout d'abord, la combustion de quantités gigantesques de combustibles fossiles, qui a été le moteur de la révolution industrielle, fait désormais peser une menace sérieuse sur la stabilité climatique de notre planète.

Mais au moment même où l'humanité prend conscience des capacités limitées d'absorption de l'écosystème, une autre limite vient s'imposer : la quantité de pétrole et de gaz facilement accessible ne peut suivre le rythme de la croissance économique. La mise en lumière soudaine de ces deux limites à la croissance aura sans nul doute des conséquences importantes sur l'histoire du siècle à venir. Le particulier peut se sentir impuissant face à ces problèmes globaux. À part payer une facture énergétique toujours croissante, notre contribution possible à la résolution de cette crise semble minime.

Pourtant des solutions existent. Augmenter la part d'énergie renouvelable dans notre consommation est une des pistes à suivre. Au-delà des politiques publiques de l'énergie et des enjeux internationaux, chaque citoyen peut contribuer à réduire à la fois son impact sur l'environnement et sa consommation d'énergie fossile. Le solaire fait partie des solutions simples pour investir dans les énergies renouvelables, faire baisser sa facture énergétique et réduire ses émissions de gaz à effet de serre.

Politiques fiscales attractives, matériels fiables, réseaux d'instal-

lateurs qualifiés : tous les éléments sont désormais réunis pour que le solaire ne soit plus une utopie, et que chacun puisse profiter de l'énergie solaire chez soi. Et ça marche : les particuliers qui s'équipent de chauffe-eau solaires, d'installations photovoltaïques ou de maisons bioclimatiques sont de plus en plus nombreux. Pensez globalement. Agissez localement : faites entrer le soleil chez vous.

PARTIE 1

GÉNÉRALITÉS





1

CHAPITRE 1

LE SOLAIRE : L'ÉNERGIE DES ÉTOILES

Le soleil a été dans de nombreuses civilisations anciennes, adoré comme un dieu, source de toute vie. De fait, la lumière du soleil, transformée par les plantes, est l'énergie qui nous nourrit et qui circule dans l'ensemble de l'écosystème terrestre.

Dans la galaxie, notre soleil est une étoile bien banale, de taille modeste comme il en existe des millions. À l'échelle humaine, cette fournaise thermonucléaire est pourtant gigantesque : un million de fois le volume de la terre, une température de 15 millions de degrés en son centre. D'où vient cette énergie ?

Le moteur des étoiles est la fusion nucléaire. Il y a 5 milliards d'années, notre soleil a commencé son histoire comme toutes les étoiles, par la condensation gravitationnelle d'un nuage de poussières et de gaz. L'hydrogène était alors le principal constituant de notre étoile en formation. Progressivement écrasé

par la gigantesque pression régnant au centre de cette énorme boule de gaz, l'hydrogène s'est échauffé, jusqu'à des températures où les réactions de fusion nucléaire sont possibles. En fusionnant, quatre atomes d'hydrogène se transforment en un nouvel élément : l'hélium. Les atomes d'hélium sont une fraction de fois plus légers que l'hydrogène dont ils proviennent. Cette masse manquante a été transformée en énergie suivant la célèbre formule d'Einstein $E = mc^2$. Le soleil s'est allumé.

Depuis, à chaque seconde, le soleil convertit 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium, produisant un flux d'énergie qui pourrait couvrir les besoins de l'humanité pour plusieurs milliers d'années. Le rayonnement produit est d'une telle puissance qu'il serait mortel pour toute vie qui s'y exposerait directement.

Heureusement, à 150 millions de kilomètres de là, la terre ne reçoit qu'une fraction infime de ce rayonnement. Placée à une distance idéale du soleil et protégée par son atmosphère, notre planète peut maintenir son climat dans des limites compatibles avec la vie.



AVIS AUX LECTEURS !

Les lecteurs fâchés avec les sciences physiques peuvent sans scrupule passer directement au chapitre 2, où commencent les travaux pratiques !



LE SOLAIRE SOURCE DE TOUTES LES ÉNERGIES ?

La maîtrise de l'énergie a toujours été une préoccupation humaine depuis l'invention du feu, il y a plus de 400 000 ans. Énergie de cuisson des aliments d'abord, de chauffage lorsque la colonisation des régions tempérées a commencé, puis énergie pour l'agriculture, les transports, la transformation de la matière : nos besoins en énergie n'ont jamais cessé d'augmenter. Or, presque toutes les sources d'énergie que l'homme a utilisées, du bois au pétrole, ont eu pour origine la lumière solaire. En effet, le charbon, le pétrole, le gaz sont les résidus fossiles d'organismes vivants qui ont stocké durant leur vie l'énergie du soleil. L'énergie hydraulique existe aussi grâce au soleil : sans évaporation, pas de nuages pour re-remplir les lacs de barrages. L'énergie éolienne est elle aussi une énergie solaire déguisée : ce sont les différences d'éclairement et de température qui génèrent les vents sur terre. Les seules énergies qui n'ont pas pour origine directe l'énergie solaire sont la géothermie profonde et le nucléaire, deux sources d'énergie marginales pour l'humanité.

différents facteurs vont rendre la répartition de l'énergie solaire très inégale à la surface de la terre : ainsi, les régions tropicales et les déserts reçoivent globalement plus d'énergie que les pôles. La première cause de cette inégalité de répartition est liée à la rotondité de la surface terrestre. Dans les régions proches de l'équateur, le soleil éclaire la surface terrestre presque perpendiculairement, ce qui a deux conséquences. Tout d'abord, chaque mètre carré de surface au sol intercepte pratiquement la totalité du flux solaire. Ensuite, l'épaisseur de l'atmosphère que doit traverser la lumière solaire pour arriver au sol est très faible.



LA LUMIÈRE SOLAIRE

La lumière solaire perdra néanmoins près des trois quarts de son intensité en traversant la centaine de kilomètres de l'atmosphère terrestre.

Dans les régions polaires, les conditions d'éclairement sont beaucoup moins favorables : la lumière solaire arrive suivant un angle rasant par rapport à la surface : la même quantité d'énergie se répartit sur une plus grande surface. C'est pourquoi le rayonnement solaire reçu par unité de surface diminue de l'équateur vers les pôles. De plus, la lumière doit faire un plus grand trajet à travers l'atmosphère dans les régions polaires, ce qui contribue encore à

UN PEU DE PHYSIQUE

Le flux d'énergie solaire qui atteint le sol terrestre est de 1 000 watts par m^2 , mais

diminuer l'intensité du rayonnement qui arrive au niveau du sol.

Ce déséquilibre fondamental de la répartition de l'énergie à la surface de la terre est le moteur qui anime la gigantesque machinerie climatique de la planète. Tous les mouvements du climat : les dépressions, les orages, les alizés, les courants marins, ne sont que la tentative perpétuelle de l'atmosphère et des océans pour essayer de rééquilibrer le déficit de chaleur des régions polaires.

Les nuages, qui sont une des conséquences de ces mouvements de l'at-

mosphère, vont être la seconde cause d'inégalité du rayonnement solaire à la surface de la terre. En interceptant régulièrement la quasi-totalité du rayonnement dans certaines régions, ils vont encore réduire la durée d'ensoleillement annuelle.

Il en résulte que l'énergie solaire exploitable peut varier d'un facteur 10 suivant l'endroit de la planète considéré. On peut espérer en moyenne 350 watts par mètre carré dans le désert du Ténéré, et à peine 50 W/m² dans la péninsule antarctique.