



Claude Acket
Jacques Vaillant

*Nouvelle édition
actualisée et enrichie*

Les énergies renouvelables

État des lieux
et perspectives



Éditions TECHNIP

Table des matières

1. Pourquoi les énergies renouvelables ?	1
1.1 L'accroissement des besoins énergétiques.....	2
1.2 L'avenir des combustibles fossiles	4
1.2.1 Situation actuelle des combustibles fossiles.....	4
1.2.2 Prévisions sur l'avenir des combustibles fossiles.....	5
1.2.3 L'effet de serre	10
1.2.4 La séquestration du gaz carbonique.....	15
1.2.5 Données chiffrées des rejets de gaz carbonique.....	17
1.3 Récapitulatif.....	21
2. Les énergies renouvelables, panorama actuel	23
2.1 Au commencement, le feu.....	24
2.2 Énergies renouvelables et forces de la nature.....	25
2.3 Situation actuelle des renouvelables en France.....	27
2.4 Le contexte politique et les mesures en faveur des renouvelables	30
2.5 Récapitulatif.....	37
3. La biomasse (bois de feu, déchets)	39
3.1 Bois de feu.....	40
3.1.1 Un peu de chimie	40
3.1.2 La combustion du bois.....	41
3.1.3 Situation actuelle de la forêt française.....	44

3.1.4 Apports énergétiques du bois de feu	47
3.1.5 La forêt et la fixation de carbone, un bilan	48
3.1.6 Complémentarités bois d'œuvre et bois énergie	49
3.1.7 Aspects économiques du bois de feu	50
3.1.8 Des exemples, chauffage bois	54
3.1.9 Les problèmes posés par le chauffage bois	57
3.1.10 Avenir du bois énergie	59
3.2 Des déchets ménagers	61
3.2.1 L'incinération	61
3.2.2 La méthanisation, le biogaz	63
3.3 Récapitulatif biomasse (hors biocarburants)	64
4. L'énergie hydraulique	67
4.1 L'hydraulique, première force motrice dans l'histoire	67
4.2 Le cycle de l'eau, du Soleil à l'électricité	70
4.3 Hydroélectricité : situation actuelle et tendances	73
4.4 Les divers types d'aménagements hydroélectriques	76
4.4.1 Généralités	76
4.4.2 Les centrales au fil de l'eau	77
4.4.3 Les centrales dites d'écluse	79
4.4.4 Les centrales de lacs (barrages de haute chute)	79
4.4.5 Les STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage	80
4.5 Les coûts de l'hydraulique terrestre	82
4.6 Impact environnemental, rejets de gaz carbonique	84
4.7 Hydraulique et suivi réseau	87
4.7.1 Les besoins du réseau	88
4.7.2 La réponse aux besoins du réseau, place de l'hydraulique	90
4.8 Les énergies marines	93
4.8.1 Usines marémotrices	93
4.8.2 Nouvelles énergies marines	95
4.9 Récapitulatif, une vue globale sur l'énergie hydraulique	101
5. L'énergie solaire	103
5.1 Le Soleil	103

5.1.1 Le Soleil : un astre pérenne	103
5.1.2 Repérage du Soleil dans le ciel	104
5.1.3 Qu'est-ce que la lumière du Soleil ?	106
5.1.4 Énergie solaire reçue sur la Terre	108
5.2 Utilisation de l'énergie solaire à des fins calorifiques	110
5.2.1 Les capteurs solaires thermiques plans	110
5.2.2 Les besoins en Eau Chaude Sanitaire (ECS)	112
5.2.3 Le chauffe-eau solaire le plus économique	112
5.2.4 Un chauffe-eau solaire mieux adapté aux pays tempérés ou froids	114
5.2.5 Le chauffage solaire	116
5.2.6 Capteurs thermiques, bilan actuel et tendances	121
5.3 Des cuiseurs solaires au capteur parabolique	124
5.4 Solaire thermodynamique, production d'électricité	126
5.4.1 De l'énergie thermique à l'énergie mécanique, le rendement de Carnot	126
5.4.2 La centrale solaire thermodynamique	128
5.4.3 Couverture solaire et stockage de chaleur	136
5.4.4 Centrale hybride solaire/gaz	137
5.4.5 Situation actuelle et prévisions pour le thermodynamique	138
5.5 Solaire photovoltaïque	138
5.5.1 L'effet photovoltaïque	139
5.5.2 La cellule photovoltaïque	139
5.5.3 De la cellule photovoltaïque au module photovoltaïque	146
5.5.4 Du module photovoltaïque au réseau électrique	149
5.5.5 Couplage au réseau	149
5.5.6 Centrale photovoltaïque autonome	150
5.5.7 Toit photovoltaïque	151
5.5.8 Centrales au sol	155
5.5.9 Le tracker : à la poursuite du soleil	157
5.5.10 Photovoltaïque et environnement	158
5.5.11 Photovoltaïque : de la situation actuelle aux perspectives d'avenir	160
5.6 Comparaison d'une centrale photovoltaïque et d'une centrale thermodynamique	163
5.7 Problème de l'intermittence de l'électricité solaire	165

5.8 Récapitulatif sur le solaire.....	167
6. Chaleur du sous-sol et du sol : géothermie et pompes à chaleur (PAC)	169
6.1 La géothermie.....	169
6.1.1 La chaleur de la Terre.....	169
6.1.2 La géothermie haute énergie, l'électricité.....	171
6.1.3 Géothermie moyenne énergie.....	177
6.1.4 Géothermie en roches sèches.....	178
6.1.5 La géothermie basse énergie.....	179
6.1.6 Bilan global de la géothermie (hors pompes à chaleur).....	181
6.2 Pompes à chaleur (PAC)	181
6.2.1 Un peu de physique, fonctionnement de la PAC.....	181
6.2.2 PAC, les facteurs de choix.....	187
6.2.3 Différents types de pompes à chaleur.....	190
6.2.4 PAC, aspects économiques.....	195
6.2.5 PAC et gains sur les rejets de gaz carbonique.....	199
6.2.6 Perspectives de développement des PAC.....	200
6.3 Récapitulatif : chaleur du sol et du sous-sol	200
7. Les agrocarburants	201
7.1 La mobilité.....	201
7.2 L'histoire des agrocarburants.....	202
7.3 Situation actuelle des biocarburants.....	205
7.4 Les filières actuelles dites de première génération.....	207
7.4.1 L'éthanol et l'ETBE.....	207
7.4.2 Le biodiesel et l'EMHV.....	215
7.5 Nouvelles filières en développement, dites de seconde génération	220
7.5.1 Les matières premières pour la deuxième génération.....	220
7.5.2 La voie thermochimique de production de deuxième génération.....	222
7.5.3 Voie biochimique.....	226
7.6 La troisième génération	227
7.7 Récapitulatif biocarburants	227

8. L'énergie éolienne	213
8.1 Des moulins à vent aux parcs d'éoliennes.....	229
8.2 Le vent.....	230
8.3 Récupérer l'énergie du vent.....	232
8.4 Les constituants d'une éolienne	237
8.4.1 La fondation.....	238
8.4.2 Le mât.....	238
8.4.3 La nacelle.....	238
8.4.4 Le rotor et les pales.....	239
8.4.5 Cabine de dispersion.....	239
8.5 Éoliennes en parcs	239
8.6 Éoliennes, situation actuelle, tendances à moyen terme	241
8.7 Éolien et intermittence de production	244
8.7.1 Variabilité de l'éolien, insertion des éoliennes dans les réseaux électriques.....	245
8.7.2 L'intermittence de l'éolien et le stockage d'électricité.....	249
8.7.3 La voie hydrogène.....	252
8.8 Le coût de l'éolien	256
8.9 Éolien et environnement	259
8.10 Récapitulatif, perspectives de l'éolien	261
9. Vue d'ensemble sur l'avenir des renouvelables	265
9.1 Les coûts.....	265
9.1.1 Référence : les combustibles fossiles.....	265
9.1.2 La mobilité.....	268
9.1.3 Le chauffage.....	268
9.1.4 L'électricité.....	269
9.2 Le remontage	272
Conclusion	281
Annexe Les mesures de l'énergie	283
Avertissement.....	283
A1. Les unités de mesure d'énergie	284
A1.1 Du joule à la tep.....	284

Table des matières

A1.2 Autres unités : la calorie, l'électronvolt..... 287

A2. De l'énergie primaire à l'énergie utile, en passant par l'énergie finale 289

Bibliographie 293

8.1 Des moulins à vent au moulin à vapeur..... 293

8.2 Les constantes d'une éolienne..... 293

8.3 La fondation..... 293

8.4 Le mât..... 293

8.4.1 La nacelle..... 293

8.4.2 Le rotor et les pales..... 293

8.4.3 Capot de protection..... 293

8.5 Éolienne en parc..... 293

8.6 Éolienne : situation actuelle, tendances à l'avenir..... 293

8.7 Éolien et intégration de production électrique..... 293

8.7.1 Viabilité de l'éolien, insertion des éoliennes..... 293

8.7.2 L'intégration de l'éolien au réseau électrique..... 293

8.7.3 La voie hydrogène..... 293

8.8 Le rôle de l'éolien..... 293

8.9 Éolien et environnement..... 293

8.10 Récapitulatif, perspectives de l'éolien..... 293

9. Vue d'ensemble sur l'avenir des renouvelables..... 293

9.1 Les éoliennes..... 293

9.1.1 L'éolien : les caractéristiques des éoliennes..... 293

9.1.2 La mobilisation..... 293

9.1.3 Le chauffage..... 293

9.1.4 L'électricité..... 293

9.2 Le montage..... 293

9.3 La génération..... 293

Conclusion..... 293

Annexe Les mesures de l'énergie..... 293

Annexe Les unités de mesure d'énergie..... 293

Annexe Du joule à la tonne..... 293

Au cours du siècle, 3,75 et la production de la zone une énergie bon marché réserve l'avenir. Les besoins énergétiques de l'accroissement de plus d'énergie à moins pas. Comment répondre que se profient de ces combustibles : le gaz et surtout limiter leur utilisation conséquences négatives. Ne faudra-t-il pas, géologie, promouvoir de « tout fossile », comme Nous nous proposons sur l'accroissement de fossiles, d'examiner Puis nous essayerons quelle part ces renouvelables nos besoins énergétiques importante ou négligeable.



Les énergies renouvelables

État des lieux et perspectives

Claude Acket, Jacques Vaillant

Le monde doit faire face à des besoins en énergie sans cesse croissants. Pour y répondre, pouvons-nous continuer de nous reposer à plus de 80 % sur les combustibles fossiles, alors que des menaces de pénurie se profilent pour le pétrole, le plus utilisé d'entre eux ? Devrons-nous compter davantage sur le gaz et surtout sur le charbon, malgré leur impact négatif sur notre écosystème ?

Sortir du « tout fossile » implique un effort important pour promouvoir à la fois les économies d'énergie et des sources énergétiques non émettrices de gaz carbonique telles que, entre autres, les énergies renouvelables.

En regroupant toutes ces informations, ils évaluent la part globale que pourraient prendre les énergies renouvelables dans le panier énergétique en France et dans le monde. Et se pose la question : cette part encore faible au niveau mondial, puisqu'elle ne représente qu'environ 10 % des énergies consommées, est-elle appelée à rester marginale ou à devenir importante voire prépondérante ?

Venant d'horizons différents, l'un est ingénieur et l'autre enseignant en physique appliquée, les auteurs recensent dans cet ouvrage les conditions pour que ces sources d'énergie puissent se développer en France et dans le monde.

Claude Acket est ingénieur des Arts et Métiers et du Génie Atomique. Il a passé sa carrière dans le domaine de la production d'électricité nucléaire. Il élargit désormais son champ de vision à toutes les sources d'énergie, dont les renouvelables. En liaison avec des associations comme SLC (Sauvons le climat), la SFEN (Société Française pour l'Énergie des Arts et Métiers), il anime des conférences sur les problèmes énergétiques.

Jacques Vaillant est professeur agrégé de Physique. Il se consacre à la sensibilisation du grand public aux problèmes de notre planète, mettant en particulier l'accent sur les énergies renouvelables. C'est ainsi qu'il a dirigé, dans la Drôme, le laboratoire Coricancha conçu comme un lieu de découverte où chacun peut voir des applications d'énergies renouvelables.

www.editionstechnip.com

Image de couverture : ©Yahia Loukkal

ISBN : 978-2-7108-1175-6



9 782710 811756

