

AGRI  
PRO  
DUCTION

 Univers agricole

# Énergies renouvelables et agriculture

## La transition énergétique

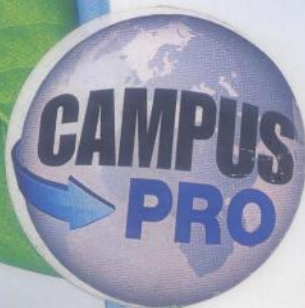
- Les approches techniques
- Les enjeux et opportunités

Bernard Pellecuer

2<sup>e</sup> édition



061856



 ÉDITIONS  
France Agricole

AGR 274



 Univers agricole

061856

(3)



# Énergies renouvelables et agriculture

La transition énergétique

2<sup>e</sup> édition

Bernard Pellecuer



061856

 ÉDITIONS  
France Agricole

# Sommaire



Préfaces à l'édition actuelle .....	V
Préfaces à la première édition .....	IX
Introduction .....	XXI
Grille de lecture .....	XXV

## PARTIE I – L'AGRICULTURE AU CŒUR DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE .....

<b>1</b>	<b>L'énergie et la crise énergétique .....</b>	<b>3</b>
	Les consommations d'énergie: le règne du fossile! .....	3
	La dépendance « énergétique » .....	5
	La consommation d'énergie au niveau national et en agriculture .....	6
	Le pétrole roi .....	6
	Les cours du pétrole sur longue période .....	7
	Les réserves en pétrole .....	8
	Les « années 2015 »: la guerre des cheikhs contre les schistes .....	10
<b>2</b>	<b>Le changement climatique et les gaz à effet de serre .....</b>	<b>12</b>
	Le dérèglement climatique .....	12
	Quelques observations du GIEC .....	15
	Et pour l'agriculture et la forêt? .....	17
	La contribution de l'agriculture aux émissions de gaz à effet de serre .....	18
<b>3</b>	<b>La mise en œuvre des politiques internationales, européennes et françaises ...</b>	<b>22</b>
	Les politiques et réglementations internationales .....	22
	Quelques dates clés .....	22
	Le protocole de Kyoto .....	24
	Un exemple de mécanisme de régulation européen: les quotas carbone et le marché des quotas .....	25
	Le protocole de Kyoto et l'agriculture .....	27
	Les politiques et réglementations européennes .....	28
	Quelques dates clés .....	28
	Le « paquet Énergie-Climat 2030 »: un cadre d'action en matière de climat et d'énergie .....	28
	Les politiques et réglementations françaises .....	29
	Quelques dates clés .....	29
	L'agriculture est concernée par la loi sur l'énergie (loi POPE) dès 2005 .....	30
	La loi d'orientation agricole et le plan climat de 2005 .....	31

Le Grenelle de l'environnement .....	32
La loi sur la « transition énergétique pour la croissance verte » .....	33
<b>4 Les énergies renouvelables et leurs enjeux</b> .....	36
Les énergies renouvelables aux niveaux mondial et européen .....	36
Les énergies renouvelables en France .....	38
Les objectifs de développement du Grenelle par filière .....	40
Un gisement d'emplois « renouvelables » .....	41
Atouts et faiblesses des énergies de substitution .....	42
<b>PARTIE II – UNE CHANCE POUR L'AGRICULTURE ET LA FORÊT</b> .....	45
<b>5 Les opportunités et les défis à relever par l'agriculture et la forêt</b> .....	47
Saisir sa chance .....	47
Le marché de la biomasse est rémunérateur .....	47
Une chance pour l'agriculture d'être acteur du développement local et territorial .....	48
L'occasion d'acquérir une nouvelle identité et une communication renouvelée .....	48
Répondre aux défis .....	49
Développer une écoute « politique » et être une force de proposition .....	49
Faire des choix professionnels responsables et penser une pédagogie .....	50
Continuer d'innover: une collaboration renouvelée avec les structures de recherche et les industriels .....	50
Adapter le « développement agricole », c'est-à-dire le conseil aux agriculteurs .....	51
La contribution de l'agriculture aux objectifs du Grenelle de l'environnement .....	51
<b>6 Les énergies renouvelables, la biomasse et les territoires</b> .....	54
Un développement local, des énergies décentralisées et proches .....	54
Le modèle énergétique centralisé a fait ses preuves, mais .....	54
Des énergies renouvelables décentralisées .....	55
La création ou le maintien d'emplois .....	56
Une sécurité d'approvisionnement énergétique, une image positive .....	57
Un coût de transport moindre .....	58
Une opportunité: « la production d'électricité répartie » .....	59
L'intérêt de ces réseaux est pluriel .....	59
La participation aux réseaux électriques intelligents ( <i>smart grids</i> ) .....	60
Une chance pour devenir acteur de l'économie circulaire .....	60
Une approche territoriale concertée entre les acteurs et les collectivités .....	62
Des partenariats locaux .....	62
Résoudre des tensions entre les usages de la biomasse .....	64
Raisonnement par bassin de production et contractualiser .....	64
Un exemple de Schéma régional climat air énergie (SRCAE) .....	65
<b>7 Limiter les émissions de GES, développer les bioproduits, séquestrer le carbone</b> .....	71
Réduire les émissions agricoles directes de gaz à effet de serre .....	72
Les principales sources de gaz à effet de serre agricoles .....	74
Comment mobiliser ce potentiel de réduction d'émission de GES ? .....	75
Développer les bioénergies .....	76
Les biocombustibles .....	77
Les agrocarburants .....	77
Tenir compte du transport de la biomasse-énergie .....	77
Participer au développement des bioproduits (produits biosourcés) .....	77
Le développement de la bioéconomie .....	78
La limitation indirecte des émissions de gaz à effet de serre .....	78
Répondre à une demande croissante des marchés .....	80
Exploiter le potentiel de séquestration du secteur agricole et forestier .....	80
Comment agir ? .....	81
Quel accompagnement public ? Rémunérer le carbone séquestré .....	82
<b>8 Les exploitations agricoles et leurs projets</b> .....	85
Les énergies renouvelables sur les exploitations agricoles .....	85
La dépendance des exploitations agricoles à l'énergie .....	85
Les économies d'énergie et le respect de l'environnement .....	88
La mise en œuvre d'un projet de bioénergie .....	90
En premier, réaliser un diagnostic .....	90
En second: monter son projet .....	93
En second à égalité: réaliser un PPE (Plan de performance énergétique) .....	94
<b>9 Développer toutes les énergies renouvelables pour atteindre les objectifs du Grenelle de l'environnement en 2020</b> .....	97
<b>PARTIE III – LA BIOMASSE SÈCHE</b> .....	101
<b>10 Le bois énergie</b> .....	104
De belles perspectives pour la filière bois énergie .....	104
Destination chauffage pour le bois énergie .....	104
La mobilisation: un enjeu stratégique .....	105
Les gisements potentiels: combien et où ? .....	107
Le cercle vertueux de la filière bois .....	110
Une énergie traditionnelle et pourtant .....	111
« Changer d'air ! »: l'agriculture n'est pas concernée .....	112
Les plaquettes de bois .....	114
Le prix des combustibles .....	114

Les origines du bois plaquette ou bois déchiqueté .....	114
Le déchiquetage .....	115
Le séchage .....	116
L'organisation de la filière paysane: l'exemple de la SCIC BIBE.....	117
Le chauffage domestique aux plaquettes.....	118
La valorisation agricole des haies .....	119
La valorisation agricole d'autres produits: exemple, les sarments de vigne.....	120
La valorisation agro-industrielle du bois de forte puissance.....	122
<b>Les granulés de bois (pellets) .....</b>	<b>126</b>
Les caractéristiques du granulé bois.....	127
La filière granulé .....	127
Le prix des granulés .....	128
L'usage pour le chauffage domestique .....	128
L'usage pour le tertiaire et la petite industrie.....	128
La structuration des filières, les organisations collectives et territoriales.....	131
<b>Le Bran Blending.....</b>	<b>132</b>
<b>11 Les céréales (pailles et grains) et autres produits .....</b>	<b>135</b>
La paille énergie .....	135
Le grain énergie .....	139
Une filière industrielle est-elle envisageable? .....	141
La charge symbolique du blé et le blé déclassé.....	142
La situation actuelle.....	142
Des chaudières à grains polycombustibles de préférence.....	143
<b>Les autres produits: huiles végétales, vinasses.....</b>	<b>145</b>
<b>12 Les cultures énergétiques .....</b>	<b>148</b>
Un avenir prometteur.....	148
L'introduction de cultures énergétiques .....	149
Toute une palette de cultures qui doivent trouver leur place.....	149
Où implanter ces cultures? .....	151
<b>La biomasse énergie au secours de la dépollution .....</b>	<b>152</b>
Controverses et éléments de réponse concernant uniquement les cultures non alimentaires.....	153
<b>PARTIE IV – LA MÉTHANISATION ET LE BIOGAZ .....</b>	<b>157</b>
<b>13 La méthanisation au cœur des territoires.....</b>	<b>159</b>
Des avantages qui sautent aux yeux!.....	161
Où sont les gisements d'énergie? .....	163
Les gisements agricoles.....	163
L'ensemble des gisements (déchets).....	167

<b>La situation de la méthanisation en France .....</b>	<b>169</b>
Particularités de la France en Europe.....	169
Les installations françaises .....	170
Le développement de la filière de production de « biométhane injecté ».....	170
Les « installations à la ferme » .....	173
Les objectifs affichés pour le biogaz et la politique publique d'incitation .....	175
<b>14 La méthanisation, le biogaz et le digestat .....</b>	<b>176</b>
<b>Fonctionnement, équipement, substrat .....</b>	<b>176</b>
Un processus unique, mais complexe.....	176
Des technologies diverses, mais une technique courante.....	176
Tout est dans le substrat pour avoir une ration équilibrée.....	179
<b>La valorisation du biogaz: tout lui est permis ou presque! .....</b>	<b>183</b>
Des précautions à prendre .....	183
Des valorisations multiples .....	184
<b>La valorisation du digestat: un must! .....</b>	<b>187</b>
<b>15 Quelques points d'attention pour un projet « à la ferme » .....</b>	<b>189</b>
L'économie du projet.....	189
<b>La rentabilité économique .....</b>	<b>190</b>
Le coût d'investissement initial est toujours conséquent .....	190
Les recettes sont diversifiées .....	190
Les dépenses sont à optimiser.....	192
Le temps de retour sur investissement est peu favorable .....	192
<b>Les aides publiques.....</b>	<b>192</b>
Les aides au projet .....	192
Les aides à la production d'électricité et des appels d'offre.....	193
<b>Les précautions d'usage.....</b>	<b>193</b>
<b>PARTIE V – LA BIOMASSE CARBURANT .....</b>	<b>195</b>
Conquérir une indépendance énergétique par rapport au pétrole et au gaz et tendre vers la mobilité durable.....	196
Concilier production agricole et production d'agrocarburants .....	197
Les agrocarburants de 1 <sup>re</sup> génération .....	197
Les agrocarburants de 2 <sup>e</sup> et de 3 <sup>e</sup> génération.....	197
Faire des choix politiques de développement agricole .....	198
<b>16 Les agrocarburants industriels .....</b>	<b>199</b>
<b>Les avantages des agrocarburants.....</b>	<b>199</b>
<b>Les réglementations européenne et française .....</b>	<b>201</b>
La cohabitation production d'agrocarburants et production alimentaire.....	202

Les filières industrielles agrocarburants de 1 <sup>re</sup> génération .....	204
La filière éthanol à partir de sucres et d'amidon .....	204
La filière biodiesel à partir d'huiles de colza et de tournesol .....	208
Les filières agrocarburants de 2 <sup>e</sup> génération .....	211
Les agrocarburants de 3 <sup>e</sup> génération .....	213
<b>17 La filière courte huiles végétales pures (HVP) .....</b>	<b>216</b>
Une énergie locale, peu polluante, qui est un retour aux sources.....	217
Un potentiel de développement .....	217
Mais des avantages notables pour l'agriculture .....	218
Un bilan énergétique très favorable .....	219
De nombreux avantages pour l'environnement .....	219
Fabrication, stockage et investissements à portée de main des agriculteurs ...	220
Les investissements pour l'atelier (en CUMA) .....	220
Les contraintes d'utilisation de l'HVP pure .....	223
La réglementation pour l'utilisation des HVP .....	224
<b>18 La filière biométhane carburant .....</b>	<b>226</b>
Les valorisations du biométhane .....	226
La gestion du biométhane .....	227
<b>19 Une filière de l'après-pétrole: la filière hydrogène et les piles à combustible. ...</b>	<b>229</b>
La filière hydrogène et le biohydrogène.....	229
Les piles à combustible .....	232
Une technologie de rupture.....	232
<b>20 D'autres innovations et propositions... jusqu'où ? .....</b>	<b>235</b>
<b>PARTIE VI – L'ÉNERGIE DU VENT, DU SOLEIL, DE L'EAU ET DE LA TERRE, ET LES BÂTIMENTS BIOCLIMATIQUES ET À BASSE CONSOMMATION D'ÉNERGIE .....</b>	<b>237</b>
<b>21 L'éolien terrestre .....</b>	<b>238</b>
L'énergie éolienne a le vent en poupe.....	240
Implanter un parc éolien de grande puissance.....	242
Qu'est-ce qu'une éolienne ? .....	242
Les critères d'implantation d'une éolienne.....	244
Les étapes de la gestion du projet .....	245
Les contraintes réglementaires de la grande éolienne .....	246
L'impact sonore: tout est affaire de distance.....	246
L'impact paysager .....	247
L'impact sur le milieu naturel .....	248
L'impact écologique .....	248

Points de vigilance et controverses pour la grande éolienne .....	248
<b>Nouvelles technologies, smart grids et stockage .....</b>	<b>250</b>
Avancées technologiques .....	250
Vers une décentralisation énergétique en sécurité: le smart grid.....	250
Stockage de l'énergie .....	251
Quelle est l'économie du projet grande éolienne ? .....	253
Le petit éolien .....	256
<b>22 Le solaire thermique et photovoltaïque .....</b>	<b>260</b>
Une énergie généreuse, radieuse et chaleureuse ! .....	260
Une énergie pour tous et pouvant être produite par tous .....	261
Le solaire thermique .....	264
Les capteurs pour le chauffage .....	264
Le chauffe-eau solaire .....	264
Le chauffage thermique de l'habitat .....	267
Le séchage de fourrages, grains, fruits.....	269
Solaire thermique et climatisation .....	271
Le solaire photovoltaïque .....	274
Les solutions techniques .....	276
Comment évaluer l'économie du projet ? .....	277
Centrales photovoltaïques et parcs agri-solaires .....	280
Le stockage de l'énergie solaire thermique et photovoltaïque .....	283
<b>23 La micro-hydraulique et les microcentrales .....</b>	<b>287</b>
La petite hydraulique ne fait pas de bruit mais elle turbine.....	287
Un fonctionnement simple et clair comme de l'eau de roche .....	289
Quelles sont les conditions réglementaires ? .....	290
Débats, controverses et contradictions .....	290
Les coûts et avantages financiers .....	292
<b>24 La géothermie et les pompes à chaleur géothermiques .....</b>	<b>293</b>
La géothermie = la chaleur de la terre .....	293
La géothermie refait surface .....	295
Les risques pour la géothermie sont minimes, encore que.....	297
Les pompes à chaleur et la récupération d'énergie .....	300
Fonctionnement de la pompe à chaleur: c'est de la thermodynamique.....	300
Des prix et des rentabilités extrêmement variés .....	302
Quelques points d'attention .....	302
<b>25 Du bâtiment bioclimatique au bâtiment à énergie positive .....</b>	<b>306</b>
Un bâtiment bioclimatique qui fonctionne comme une termitière.....	306
Un intérêt économique et une indépendance énergétique .....	310

<b>Conclusion</b> .....	311
<b>Bibliographie</b> .....	313
<b>Liste des unités</b> .....	315
<b>Liste des sigles et quelques définitions</b> .....	317
<b>Liste des figures, tableaux et photos</b> .....	323
<b>Liste des cas concrets</b> .....	333
<b>Index</b> .....	337

Les agriculteurs et les forestiers se trouvent au premier plan de la lutte contre le réchauffement climatique. Dans ce contexte, comment les aider à pratiquer une agriculture durable qui réponde aux préoccupations actuelles et qui s'inscrit dans la transition énergétique ?

Ce guide leur donne toutes les clés pour comprendre les enjeux auxquels ils doivent faire face : qu'ils soient techniques et économiques, politiques ou environnementaux.

L'auteur tente d'apporter une réponse en dressant :

- un panorama synthétique du contexte énergétique et environnemental actuel
- une présentation des opportunités pour l'agriculture en général et pour chaque exploitant agricole en particulier
- une présentation des différents types d'énergies renouvelables illustrées par des exemples et des cas concrets au travers :
  - de la biomasse sèche : le bois-énergie, la paille et le grain-énergie, les cultures énergétiques...
  - de la méthanisation et de la production de biogaz
  - de la biomasse carburant : agrocarburants, huiles végétales, biométhane...
  - de l'éolien
  - du solaire thermique et du photovoltaïque
  - de la micro-hydraulique
  - de la géothermie
  - des pompes à chaleur

---

*Bernard Pellecuer est ingénieur agronome, docteur ingénieur et consultant.  
Il a été directeur de chambre d'agriculture.*

7267946

UCAMPUS ENERGIE RENC



9 782855 573618

