



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE
L'AGRICULTURE
ET DE LA PÊCHE



**LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET
PAYSAGERS DES NOUVELLES PRODUCTIONS
ÉNERGÉTIQUES SUR LES PARCELLES ET
BATIMENTS AGRICOLES**

Rapport final

Avril 2009

Étude réalisée pour le compte du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
par SOLAGRO et Agence Paysages

Philippe POINTEREAU, Jean-Luc BOCHU, Christian COUTURIER, Frédéric COULON
(SOLAGRO)
Anouk ARNAL et Sébastien GIORGIS (Agence Paysages)

Coordination technique : Régis Ambroise - Bureau du foncier et de la biodiversité – Sous-
Direction de la biomasse et de l'environnement - Service de la stratégie agroalimentaire et
du développement durable - Direction générale des politiques agricoles, agroalimentaires et
des territoires.

Remerciements

Le MAP remercie les membres du comité de pilotage de l'étude pour leurs contributions et l'ensemble des acteurs qui ont fourni les informations nécessaires à la réalisation de l'étude.

Etude commandée par :

MAP / DGPAAT / Service de la stratégie agroalimentaire et du développement durable.

Coordonnée par :

Philippe POINTEREAU (SOLAGRO) et Anouk ARNAL (Agence Paysages)

Comité de pilotage de l'étude : voir en annexe 1 pour les coordonnées

- MAP : Régis AMBROISE (DGPAAT), Jean-Yves CORTEY (Bureau Biomasse), Patrick DERONZIER (SDFB/BFTC), Roger JUMEL (DGFAR-BEGER), Alexandre MEYBECK
- MEEDDAT : Pascal BLANQUET (DGCE), Daniel DELALANDE
- ADEME : Jérôme MOUSSET
- APCA : Julien GALLIENNE et Christelle ANGENIOL
- CLER : Raphaël CLAUSTRE
- Association « Maisons Paysannes de France » : Amélie PEDROT
- Fédération des Parcs Naturels Régionaux : Nicolas SANAA
- FNE : Eloise SIMON

GLOSSAIRE

ACE : Aide aux cultures énergétiques
AOC : Appellation d'origine contrôlée
ANR : Agence nationale de la recherche
BCAE : Bonne condition Agro-Environnementale
CAD : Contrat d'agriculture durable
CIPAN : Culture intercalaire piège à nitrate
COMOP : Comité opérationnel
CRE : Commission de régulation de l'énergie
CTE : Contrat territorial d'exploitation
ETS : « *Emission Trading Scheme* »
DTA : Directive territoriale d'aménagement
DCE : Directive cadre sur l'eau
DOCOB : document d'objectif
DPU : Dotation à paiement unique ou droit de préemption urbaine
FEOGA : Fonds européen de garanti agricole
GAEC : Groupement d'exploitation en commun
GES : Gaz à effet de serre
IAE : Infrastructure agro-écologique
ICPE : installation classée pour la protection de l'environnement
LOA : Loi d'orientation agricole
MAE : Mesure agro-environnementale
MAP : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
PAC : Politique agricole commune
PADD : Projet d'aménagement et de développement durable
PDRH : Plan de développement rural hexagonal
PHAE : Prime herbagère agro-environnementale
PLU : Plan local d'urbanisme
PNAQ : Plans nationaux d'allocation de quotas carbone
PNR : Parc naturel régional
PPE : Plan de performance énergétique des exploitations agricoles
PV : Photovoltaïque
SCOT : Schéma de cohérence territoriale
SCOP : Surface en céréales et oléo-protéagineux
STEP : Station d'épuration
TCR : Taillis à courte rotation
TTCR : Taillis à très courte rotation
UQA : Unités de Quantité Attribuée
ZAP : Zone agricole protégée
ZDE : Zone de développement de l'éolien
ZNT : Zone de non traitement
ZPPAUP : Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager

1 TW = 1 000 GW = 1 000 000 MW = 1 000 000 000 KW

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	6
1 OBJECTIFS ET METHODE	9
1.1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	9
1.2 COMITÉ DE PILOTAGE.....	9
1.3 MÉTHODE DE TRAVAIL	10
2 ELEMENTS DE CONTEXTE.....	12
2.1 LE CONTEXTE AGRICOLE.....	12
2.2 LE CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE DE LA FRANCE	14
2.3 LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	17
2.4 LA DISPONIBILITÉ EN TERMES D'ESPACE	24
2.5 SYNTHÈSE.....	24
3 LES TCR ET TTCR.....	27
3.1 DÉFINITION.....	27
3.2 ESPÈCES ADAPTÉES	28
3.3 HISTORIQUE ET CONTEXTE	28
3.4 TECHNIQUES.....	29
3.5 HISTORIQUE DES PLANTATIONS EN FRANCE.....	31
3.6 INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES	32
3.7 SOUTIENS FINANCIERS AU TCR.....	34
3.8 CONDITIONS ACTUELLES DE MISE EN OEUVRE.....	36
3.9 INTÉRÊTS ENVIRONNEMENTAUX	38
3.10 L'EXEMPLE DU PROGRAMME LIFE ENVIRONNEMENT WILWATER	41
3.11 SYNTHÈSE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX	42
4 LES NOUVELLES CULTURES ÉNERGÉTIQUES	44
4.1 DÉFINITION DES « NOUVELLES » CULTURES ÉNERGÉTIQUES	44
4.2 LE MISCANTHUS	44
4.3 LE PHALARIS (REED CANARY GRASS).....	50
4.4 LE SWITCHGRASS	52
5 HAIE ET AGROFORESTERIE	54
5.1 LA HAIE ET LE BOCAGE	54
5.2 L'AGROFORESTERIE	58
5.3 CONCLUSION	61
6 LE BIOGAZ AGRICOLE.....	62
6.1 SITUATION ACTUELLE DE LA FILIÈRE	62
6.2 ESTIMATION DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT	63
6.3 SOUTIEN PUBLIC	64
6.4 EXEMPLES.....	66
6.5 LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX (EFFETS À COURT ET MOYEN TERME).....	67
7 PHOTOVOLTAÏQUE	72
7.1 DÉFINITION.....	72

7.2	CONTEXTE GÉNÉRAL.....	75
7.3	TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE.....	76
7.4	HISTORIQUE DES IMPLANTATIONS EN FRANCE.....	78
7.5	LE BILAN ÉNERGÉTIQUE ET MATÉRIAUX.....	80
7.6	INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES.....	80
7.7	SOUTIENS FINANCIERS.....	81
7.8	CONDITIONS ACTUELLES DE MISE EN ŒUVRE.....	81
7.9	IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET PAYSAGERS.....	84
7.10	QUELQUES EXEMPLES DE RÉALISATION.....	93
7.11	SYNTHÈSE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX.....	97
8	EAU-CHAUDE SOLAIRE.....	98
8.1	PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE.....	98
8.2	ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT.....	98
8.3	IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	99
8.4	EXEMPLES DE RÉALISATION EN EAU CHAUDE SOLAIRE EN AGRICULTURE.....	99
9	SÉCHAGE SOLAIRE EN GRANGE DU FOIN.....	101
9.1	PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE.....	101
9.2	ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE.....	101
9.3	SOUTIEN PUBLIC.....	105
9.4	IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	105
9.5	SYNTHÈSE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX.....	107
10	LA MICRO-HYDRAULIQUE.....	108
10.1	LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	108
10.2	LE POTENTIEL.....	110
10.3	CONDITIONS ACTUELLES DE MISE EN ŒUVRE.....	111
10.4	LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET PAYSAGERS.....	113
10.5	SYNTHÈSE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX.....	115
11	CONCLUSIONS.....	116
11.1	DES FILIÈRES QUI ÉMERGENT PLUS OU MOINS VITE.....	116
11.2	LES SYSTÈMES AGRICOLES CONCERNÉS.....	118
11.3	LA DEMANDE DE SURFACE AU SOL.....	120
11.4	UNE CONTRIBUTION À LA POLITIQUE AGRICOLE.....	121
11.5	UNE CONTRIBUTION AUX OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX.....	123
11.6	INTÉRÊTS DES FILIÈRES POUR LE DÉVELOPPEMENT LOCAL.....	125
12	PROPOSITIONS.....	126
12.1	FAVORISER LA MULTIFONCTIONNALITÉ DES PROJETS.....	126
12.2	FAVORISER L'ÉMERGENCE DE PROJETS DE TYPE ET D'ÉCHELLE DIFFÉRENTS ADAPTÉS AUX RESSOURCES ET BESOINS DES TERRITOIRES.....	127
12.3	DÉCLINER LES OBJECTIFS NATIONAUX ET LOCAUX.....	128
12.4	CONSERVER UNE ANALYSE PROPRE À CHAQUE SITE ET CHAQUE PROJET.....	128
12.5	S'ASSURER DE LA COHÉRENCE ENVIRONNEMENTALE À L'ÉCHELLE DES TERRITOIRES.....	128
12.6	SE DOTER D'OUTILS POUR FAVORISER UN DÉVELOPPEMENT DES FILIÈRES RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PAYSAGES.....	129
12.7	MENER DES ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES.....	131
13	CONTACTS.....	133

14	BIBLIOGRAPHIE.....	134
14.1	POLITIQUES AGRICOLES ET ÉNERGÉTIQUES	134
14.2	TCR ET TTCR	135
14.3	MISCANTHUS ET AUTRES CULTURES ÉNERGÉTIQUES	136
14.4	HAIE ET AGROFORESTERIE.....	136
14.5	BIOGAZ	137
14.6	SÉCHAGE SOLAIRE	137
14.7	PHOTOVOLTAÏQUE	137
14.8	MICROHYDRAULIQUE	138

RÉSUMÉ

L'objectif français du paquet énergie climat de **réduire d'ici 2020 de 17% les émissions de GES** et de **produire par des énergies renouvelables 23% de notre consommation**, est un défi qui va bien au delà de Kyoto qui ne visait pour la France qu'une stabilisation des émissions de GES entre 1990 et 2012. Cela veut dire plus que doubler la production d'énergies renouvelables. En 2007, en effet cette part n'était que de 10% de la consommation énergétique finale avec une progression très lente. La directive européenne sur l'électricité impose un taux de 22,1% en 2010 provenant de sources renouvelables alors que cette part n'est que de 13% aujourd'hui. Ces engagements pris se traduisent aujourd'hui par des politiques incitatives.

Les agriculteurs qui possèdent à la fois de l'espace tant au sol que sur leurs toitures de bâtiments sont aptes à mobiliser directement l'énergie solaire via des capteurs, soit indirectement via la production de biomasse, mais aussi à valoriser cette énergie dans leur processus de production agricole et dans leur habitat.

Dans ce contexte qui s'inscrit aussi dans une hausse du prix de l'énergie, **un développement important est donc à attendre dans les années qui viennent**. Après le développement des agrocarburants depuis le début des années 2000 puis de l'éolien, il faut s'attendre à une croissance forte des nouvelles productions énergétiques comme l'électricité photovoltaïque, le biogaz ou les nouvelles cultures énergétiques comme les taillis à courte rotation de saules ou le miscanthus. Une affectation d'une partie des terres agricoles à la production d'énergie est donc à prévoir.

L'objectif de cette étude est **d'apprécier les impacts environnementaux et paysagers** positifs et négatifs, à court et à moyen terme, de ces nouvelles productions dans l'espace agricole et de proposer des évolutions techniques et réglementaires pour limiter les risques relevés.

Les filières étudiées concernent les cultures ligneuses hors forêt (taillis à courte rotation de saule, haie, agroforesterie) les nouvelles cultures à vocation énergétique (miscanthus, switchgrass, phalaris), les équipements solaires (photovoltaïque sur bâtiment et au sol, eau chaude solaire, séchoirs solaires), production de biogaz et microcentrales hydrauliques.

La biomasse forestière, l'énergie éolienne et les agrocarburants n'ont pas été étudiés car ayant fait l'objet de nombreuses études.

Ces énergies peuvent être soit autoconsommées et venir se substituer à des énergies fossiles (séchage solaire, eau-chaude solaire, plaquettes de bois, chaleur produite par la co-génération du biogaz), soient vendues sous forme d'électricité (photovoltaïque, micro-hydraulique, électricité de la co-génération du biogaz) ou de chaleur dans des chaufferies collectives ou industrielles (cultures ligneuses ou agricoles). Les tarifs d'achat d'électricité « verte » incitent à la vente d'électricité et boustent ces filières depuis 2006.

Cependant un état des lieux fin **2008** des installations en fonctionnement montre que ces nouvelles filières énergétiques **ne concernent qu'environ 1000 exploitations** pour une production énergétique estimée à 72 GWh, **soit 1 pour 10 000 de la consommation électrique française, et une surface d'environ 937 ha dont 350 000 m² de toiture**.

Toutes ces filières n'en sont pas au même stade de développement et n'ont pas le même potentiel. Le **séchage solaire** se développe depuis 1985 à un rythme constant d'environ 30 installations par an pour **403 installations** en fonctionnement. Historiquement localisée en Midi-Pyrénées (zone Roquefort et Pyrénées) et en Rhône-Alpes, le séchage solaire a gagné le Grand Ouest et l'Auvergne.

Alors que **l'eau-chaude solaire** concerne potentiellement l'ensemble des exploitations laitières qui ont un besoin constant d'eau-chaude pour la salle de traite et éventuellement la fromagerie, et celles qui élèvent des veaux, on constate que leur nombre reste très limité, **moins de 100. Un objectif de 20 000 installations est fixé d'ici 2020.**

Le photovoltaïque installé sur les toitures de bâtiment est en plein essor. **Plus de 200 agriculteurs** produisaient déjà de l'électricité solaire en 2008 et des milliers de projets sont à l'étude. Concernant les parcs au sol, trois installations fonctionnent en 2008, mais aucun ne concerne des terrains agricoles. Le nombre de projets pour 2009 dépasse plusieurs centaines dans les régions méditerranéennes mais pas seulement, et souvent sur des terres (ou d'anciennes terres) agricoles, viticoles ou pastorales.

Le **biogaz** possède un des potentiels les plus importants avec les déjections d'élevage, les résidus de culture et les déchets organiques agro-alimentaires produits en milieu rural. Cependant la mise en œuvre d'une unité nécessite une ingénierie technique et administrative encore complexe qui freine le développement. **Seules 8 installations fermières fonctionnaient en 2008.** Le potentiel est de plusieurs milliers d'installations.

La **micro-hydraulique** (puissance inférieure à 500 KW) ne concerne pas directement l'agriculture. **1 700 petites installations sous le régime de l'autorisation** fonctionnent. Le potentiel, en milieu agricole, concerne avant tout la remise en état des anciens moulins possédant un débit réservé. Le nombre de nouvelles installations est très limité du fait notamment des contraintes administratives.

Les **nouvelles cultures énergétiques (TCR de saule, miscanthus)**, implantées sur les terres agricoles, ne sont valorisées aujourd'hui que sous forme de chaleur et d'électricité. **Elles occupent moins de 500 ha.** Elles ont été occultées par les filières d'agrocultures à base de colza (principalement), tournesol, blé et betterave qui occupent plus de 800.000 ha et qui devraient se déployer sur 3,4 millions d'ha pour atteindre l'objectif fixé de 10% en 2015. Elles entrent aussi en concurrence avec les filières forestières. Pour se développer ces filières doivent trouver des débouchés dans des chaufferies collectives ou industrielles, telles que des unités de déshydratation de luzerne ou de pulpe de betterave.

La vitesse de développement de ces différentes filières dépendra des politiques publiques énergétiques, agricoles et environnementales ainsi que du prix de l'énergie. Les outils mis en place sont nombreux : réglementation, tarifs d'achat de l'électricité avec bonus, accès aux aides PAC (DPU), appel d'offre, soutiens aux investissements.

Ces nouvelles productions vont contribuer à la **réduction des émissions de GES** mais aussi pour la biomasse au stockage de carbone au travers d'une augmentation du volume de bois et du carbone dans le sol.

Les effets sur **la qualité de l'eau** sont généralement neutres ou limités. Ces cultures ne sont pas irriguées.

Les cultures énergétiques et les TCR de saules utilisent peu d'intrants et assurent **une bonne protection du sol** du fait de leur caractère pérenne. Cependant il faut veiller à réaliser la récolte dans de bonnes conditions pour éviter tout tassement des sols. La méthanisation des déjections d'élevage et des résidus de culture devrait contribuer à une meilleure gestion de l'azote sur l'exploitation.

Les effets sur la biodiversité des nouvelles cultures énergétiques et des futurs champs de photopiles vont dépendre des sites, de la taille des projets et des terres qui seront dédiées. Il est nécessaire d'éviter les terrains à forte valeur biologique comme les prairies humides. Dans les zones d'agriculture intensive, ces cultures énergétiques peuvent au contraire contribuer à diversifier les habitats et jouer des rôles d'abri et de corridor. L'utilisation des plaquettes de haie constitue un bon compromis entre les fonctions écologiques et une valorisation énergétique.

L'impact sur le paysage dépendra aussi de chaque site : taille du projet, concentration sur un même territoire, relief, axes de visibilité. Les réglementations existantes permettent d'assurer une bonne intégration dans les sites les plus sensibles. Mais ces réglementations ne sont pas toujours adaptées pour gérer des productions agricoles qui peuvent concerner de vastes territoires. Des réflexions sont en cours en ce qui concerne le photovoltaïque au sol. Il s'agit de trouver des réglementations plus souples et plus adaptées à cette nouvelle problématique.

Le niveau d'affectation de surfaces agricoles à certaines de ces productions est difficile à prévoir en l'absence de scénarios. Comparativement à d'autres affectations, comme l'artificialisation des sols agricoles (66 000 ha/an) ou les agrocarburants, ces surfaces apparaissent toutefois limitées.

Cependant, le nombre d'installations et de surfaces implantées à ce jour est insuffisant pour en tirer des conclusions claires et des enseignements. Des suivis environnementaux et paysagers de projets seront nécessaires, comme cela a été fait dans le cadre du programme Life *Wilwater* pour l'implantation de taillis de saules en Bretagne.

La recherche de la **multifonctionnalité** des projets constitue un atout environnemental important : traitement tertiaire des eaux usées, traitement de déchets agro-alimentaires, valorisation de sols pollués, protection des sols contre l'érosion, toiture, pâturage dans les champs solaires. **La multifonctionnalité est un bon moyen d'économiser l'espace.**

La meilleure façon de bien intégrer ces projets dans l'environnement est d'avoir une **approche à l'échelle territoriale** qui permet de trouver les meilleures adéquations entre les ressources énergétiques locales et les besoins du territoire, tout en assurant une participation des acteurs locaux.

Il convient de donner de l'importance à l'analyse de chaque site, de chaque projet. Il est difficile d'avoir une règle générale. **La spécificité de chaque site doit être pris en compte.** La diversité de ces nouvelles énergies permet une mobilisation de tous les systèmes de production et de tous les territoires. **Cette nouvelle économie énergétique agricole et rurale est également de nature à diversifier les ressources, à créer des emplois et de donner une nouvelle image à l'agriculture et aux territoires ruraux.**

1 OBJECTIFS ET METHODE

1.1 Objectifs de l'étude

Les agriculteurs sont aujourd'hui de plus en plus sollicités pour contribuer à la production d'énergie sur les surfaces qu'ils gèrent. Cette production, si elle répond aux enjeux énergétiques et de réduction des gaz à effet de serre, peut générer également des impacts positifs ou négatifs sur les autres enjeux environnementaux, le cadre de vie et les paysages.

Il s'agit d'anticiper les questions environnementales et paysagères posées par les nouvelles productions énergétiques mises en œuvre sur l'espace agricole par les agriculteurs :

- **Préciser les impacts** positifs et négatifs sur l'environnement (eau, sol, biodiversité et occupation de l'espace), le cadre de vie et les paysages.
- **Proposer des évolutions** techniques et réglementaires pour renforcer les conséquences positives et limiter les éventuels problèmes créés par ces productions énergétiques.

Ces nouvelles productions énergétiques sont :

- Les cultures ligneuses d'arbres ou d'arbustes hors forêt destinées à la production d'énergie (haies, TCR/TTTCR, agroforesterie).
- Les nouvelles cultures énergétiques agricoles (ex. : miscanthus).
- Les équipements solaires (photovoltaïques sur bâtiment et au sol, eau chaude solaire, séchoirs solaires).
- Les équipements de production de biogaz.
- Les micro-centrales hydrauliques.

Sont exclues du champ de cette étude, les productions énergétiques qui ont déjà fait l'objet d'études approfondies : les cultures traditionnelles (blé, maïs, colza...) utilisées pour les agrocarburants, la filière éolienne, les productions ligneuses issues de la forêt, et la géothermie y compris par pompe à chaleur, les centrales heliothermodynamiques.

Les impacts environnementaux à étudier concernent :

- **l'eau**, du point de vue quantitatif et qualitatif,
- **les sols**, du point de vue de leur qualité et des risques d'érosion,
- **la biodiversité**, en général et celle plus directement utile à l'agriculteur,
- **l'occupation de l'espace**, en termes de concurrence par rapport à d'autres activités,
- **le paysage**

1.2 Comité de pilotage

Le comité de pilotage de l'étude s'est réuni 3 fois : le 16 septembre 2008, le 17 novembre 2008 et le 2 avril 2009.

La liste des membres du comité de pilotage est présentée en annexe 1.

1.3 Méthode de travail

Les enjeux environnementaux de chacune des filières étudiées ont été hiérarchisés de façon à cibler le travail sur les enjeux prioritaires (cf. tableau 1). La bibliographie française et européenne sur le sujet a été consultée. L'analyse s'est appuyée sur des études de cas et des contacts avec les acteurs de ces filières. Du fait du temps imparti limité le nombre de cas d'étude reste insuffisant pour être représentatif. Des approfondissements seront nécessaires d'autant que peu de reculs existent pour certaines de ces filières.

Tableau 1 : Hiérarchisation des différentes énergies par rapport aux enjeux environnementaux

	Biodiversité et habitats naturels	Qualité de l'eau	Protection des sols (érosion)	Paysage
TCR/TTCR	Concerné	Très concerné	Très concerné	Très concerné
Photovoltaïque au sol	Concerné	Peu concerné	Concerné	Très concerné
Photovoltaïque toiture	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Concerné
Haie, agroforesterie	Très concerné	Concerné	Très concerné	Concerné
Miscanthus et autres	Concerné	Concerné	Très concerné	Concerné
Eau chaude solaire	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Peu concerné
Séchoir solaire	Concerné	Peu concerné	Peu concerné	Peu concerné
Biogaz	Peu concerné	Très concerné	Peu concerné	Peu concerné
Microcentrale	Très concerné	Concerné	Non concerné	Peu concerné

L'analyse des différentes filières cherche à préciser dans quelles conditions les effets négatifs potentiels peuvent être limités et les effets positifs augmentés.

Ces nouvelles énergies peuvent en effet avoir des **effets positifs sur l'eau** (phytoépuration par des taillis de saule) ou négatifs (risque de pollution des cultures par l'usage de pesticides), **le sol** (protection contre l'érosion, accroissement ou baisse du stock de carbone, concurrence foncière avec la production agricole ou au contraire multi-usage de l'espace) ou sur la **biodiversité** remarquable ou ordinaire (en fonction par exemple de la localisation des plantations TCR). L'agroforesterie ou la plantation de haies peuvent contribuer à diversifier le paysage agricole. Les nouvelles cultures vont modifier les assolements et les rotations. Il est clair que les impacts dépendront beaucoup des spécificités et des contextes locaux.

La **gestion des intrants** pour les cultures énergétiques a été particulièrement analysée, de la préparation du sol jusqu'à la remise en cultures traditionnelles.

Les impacts paysagers ont été étudiés en fonction du positionnement des productions par rapport aux autres parcelles et par rapport aux autres structures paysagères naturelles ou bâties, en vision proche et lointaine et en fonction de leur densité sur un territoire.

Le mode d'occupation de l'espace est un point important de cette étude (forme, localisation dans le paysage, concentration des productions). Il est important d'anticiper les modifications du paysage et d'intégrer cette problématique très en amont du développement de ces filières, pour, par exemple, éviter les problèmes paysagers créés par les boisements du Fonds Forestier National (FFN) dans les vallées de moyenne montagne générant aujourd'hui des frais importants de restauration du cadre de vie.

La problématique peut se présenter au-delà d'un certain seuil (effet quantitatif) à évaluer.

Les spécificités de chaque territoire sont à en prendre en compte. Certaines productions énergétiques peuvent avoir des complémentarités sur une exploitation ou un territoire. Il s'agit aussi de réfléchir de façon transversale à l'échelle des parcelles et des systèmes d'exploitation.

2 ELEMENTS DE CONTEXTE

2.1 Le contexte agricole

2.1.1 La jachère et le gel des terres

L'historique de la jachère est présenté en Annexe 2.

En 2008, la jachère agronomique n'occupe plus que 999.000 ha du fait de la suppression de l'obligation de gel des terres et du développement des jachères industrielles qui occupaient 404.000 ha en 2006.

L'obligation de gel des terres depuis 1993 et la possibilité d'y développer des cultures non alimentaires ont constitué en France et en Europe un contexte favorable au développement des cultures énergétiques.

2.1.2 L'aide aux cultures énergétiques (ACE)

L'ACE vient renforcer, depuis sa mise en place en 2004, le développement des cultures énergétiques en plus du gel industriel. **Mais les parcelles de culture qui activent un DPU gel, ne sont pas éligibles à l'ACE.**

Toute production agricole, y compris la betterave, peut bénéficier de l'aide aux "cultures énergétiques", à condition que sa destination finale principale soit la production de produits énergétiques.

Cette production doit également faire l'objet : soit d'un contrat entre producteur et transformateur, soit d'une déclaration dans laquelle le producteur s'engage à l'utiliser (comme combustible pour chauffer son exploitation agricole), ou à la transformer directement (pour la production d'énergie, ou de biocarburants, ou la transformation de toute matière première récoltée en biogaz). Sont plus particulièrement concernés, le colza et le tournesol, utilisés pour la fabrication de diester, mais aussi le blé éthanol.

Le montant de l'aide ACE atteint 45 €/ha, dans la limite d'un plafond de 2 millions d'hectares pour la Communauté Européenne, et peut être réduit en cas de dépassement. Il vient en plus de l'aide octroyée aux grandes cultures pour les oléagineux et les céréales.

En 2007, le plafond européen a été dépassé de 0,8 million d'ha entraînant une diminution du montant de l'aide à 31 €. En 2008, un taux de modulation de 5% a été appliqué à toutes les aides directes (animales et surfaces) versées, au-delà des 5 000 €.

Les cultures énergétiques bénéficiant de l'aide de 45 €/ha occupaient 386 000 ha en 2006, surfaces qui ne peuvent activer les DPU jachère.

Les agrocarburants bénéficiant du gel industriel ou de l'ACE occupaient environ 860 000 ha en 2007 : 130 000 ha de bioéthanol de céréales et de betterave (avec un objectif de 303 000 ha en 2010) et 720 000 ha de diester de colza et de tournesol.

Pour produire 5,75% de biocarburants, il faudrait cultiver environ 2 230 000 ha (1,9 Mha de colza, 0,3 Mha de blé et 0,06 Mha de betterave). L'objectif de 10% en 2015 exigerait environ 3,4 Mha (dont 2,8 de colza).

En 2008, les nouvelles cultures énergétiques comme le miscanthus occupent une place très marginale dans ces dispositifs.

Tableau 2 : Surfaces des jachères industrielles et des cultures énergétiques en ha bénéficiant de l'ACE (Source : MAP)

	2004	2005	2006	2007
Jachères industrielles	191 152	401 303	403 564	390 000
Hors jachère bénéficiant de l'aide ACE	129 965	135 327	385 527	410 000
Total	321 117	536 630	789 091	800.000

Tableau 3 : Surfaces en cultures énergétiques (Source : ONICG)

Surfaces (ha) à des fins énergétiques	2004	2005	2006	2007
Colza hors jachère		214 401	130 214	353 224
Colza EMC sur jachère	282 372	138 553	300 373	314 019
Tournesol hors jachère		4 548	5 107	15 686
Tournesol sur jachère*	47 104	17 146	41 384	38 082
Céréales (éthanol)		31 000	70 500	110 000
Betterave (éthanol)		21 000	25 000	30 000
Total	329 476	426 648	572 578	861 011

* (y compris tournesol oléique à usage chimique)

2.1.3 Le bilan de santé de la PAC

Lors de la réforme de la politique agricole commune (PAC) de 2003, la Commission Européenne avait annoncé qu'un bilan de santé de cette politique serait effectué en 2007/2008 afin de s'assurer que les nouveaux outils de la PAC fonctionnaient de manière efficace. La Commission Européenne a présenté le 20 novembre 2007 une série de propositions d'amélioration sur trois thèmes : le système d'aides directes, les instruments de soutien du marché et la prise en compte de nouveaux défis : **le changement climatique, les biocarburants**, la gestion de l'eau et la préservation de la biodiversité. L'objectif du bilan de santé était de constituer un ajustement de la réforme de la PAC 2003 et non une nouvelle réforme fondamentale. Un accord politique sur le bilan de santé a été trouvé lors du Conseil agricole du 20 novembre 2008.

La suppression de la jachère est actée.

L'accord prévoit aussi de réorienter une large partie des soutiens pour rémunérer la production d'externalités positives relatives à l'environnement au travers de la réorientation des aides vers des problématiques spécifiques (article 68). Pour la France, cette réorientation représenterait 850 M€.

La modulation obligatoire est fixée à 5% du montant des aides directes en 2008. Il est prévu qu'elle augmente de +2% en 2009, puis de +1% par an durant les 4 années suivantes. Les montants résultant de cette modulation supplémentaire peuvent être évalués pour la France à approximativement 950 M€ supplémentaires sur la période 2009-2012, soit 237,5 M€ en moyenne par an (Lecocq, 2009).

Les fonds supplémentaires dégagés par l'augmentation de la modulation doivent être attribués à quatre nouveaux défis proposés initialement par la Commission (biodiversité, eau, **changement climatique et énergies renouvelables**).

Ce fonds pourrait ainsi financer une partie du **plan performance énergétique** élaboré dans le cadre du Grenelle de l'environnement (au total environ 50 M€ de subvention publique par an sur la période 2009-2013). A l'intérieur de ce plan, les aides devront être ciblées sur les mesures dont les coûts d'abattement à la tonne d'équivalent CO₂ sont les plus faibles (conformément à l'article 2 de la loi Grenelle I).

2.2 Le contexte énergétique de la France

2.2.1 Un arrêt de la consommation d'énergie finale

Pour la première fois depuis le choc pétrolier de 1979, **la consommation d'énergie primaire a baissé en 2006 (273,8 Mtep)** par rapport en 2005 (276,5 Mtep) puis en 2007 (270,7 Mtep). La consommation énergétique finale est également stable depuis 2006 à 162,1 Mtep.

Si cette baisse peut s'expliquer par la hausse du prix de l'énergie et des politiques d'économie d'énergie, il faut aussi tenir compte de la délocalisation d'une partie de l'industrie (l'énergie est alors consommée ailleurs).

2.2.2 Une lourde facture énergétique et une faible indépendance énergétique

La facture énergétique de la France était de 45 milliards d'euros en 2007.

L'indépendance énergétique de la France reste faible (50,4%) et stagne depuis 1990. La production nationale d'énergie primaire repose essentiellement sur le nucléaire électrique qui en assure 84 %. La production française de charbon, de pétrole et de gaz naturel ne représente plus que 2,2 Mtep, soit 1,6% de la production nationale et moins de 1% de la consommation d'énergie primaire.

En 2007, la France tirait des énergies renouvelables 12,2% de sa consommation d'électricité primaire et 9,9% de la consommation finale en données corrigées du climat.

2.2.3 La Programmation Pluriannuelle des Investissements (PPI)

Afin d'intégrer les nouvelles orientations prises dans le cadre du Grenelle de l'environnement mais aussi au niveau européen, les PPI électricité et chaleur seront mises à jour en 2009. Les objectifs devraient se baser sur le rapport du ComOp 10 (Energies Renouvelables).

2.2.4 Les plans nationaux d'allocation de quotas carbone (PNAQ)

Ces PNAQ mis en place dans le cadre de la directive ETS (« *Emission Trading Scheme* ») ne visent que certains secteurs économiques soumis au marché du carbone (industrie, production d'électricité, aviation civile). Chaque installation industrielle soumise se voit attribuée une allocation annuelle de quotas¹. Les allocations vont être remplacées progressivement par des mises aux enchères et 50% du revenu des enchères devront être utilisés pour la lutte contre le changement climatique. Le prix du quota de CO₂ s'établit aujourd'hui autour de **20 € la tonne**.

¹ La France dispose de 2 820 Mt CO₂, Unités de Quantité Attribuée (UQA) pour la période 2008-2012.

2.2.5 Le Plan Climat

Le Plan Climat se propose d'aller plus loin que l'engagement pris dans le cadre du protocole de Kyoto et présente une stratégie de recherche technologique qui permettra **la division par quatre à cinq des émissions d'ici à 2050**.

Fort de sa capacité de production (biocarburants, biomasse, biomatériaux dont le bois), de l'usage de ses sols (support d'installations d'énergies renouvelables) et de ses forêts (puits de carbone), l'agriculture peut devenir un acteur de premier rang des Plans climats territoriaux. En outre, des actions d'amélioration des pratiques agricoles, dans un but de limitation de l'effet de serre, seront mises en œuvre.

Les émissions de GES du secteur agriculture et forêts représentent 18% des émissions totales françaises. Elles proviennent de l'élevage, des déchets animaux et de l'utilisation des engrais. Les émissions du secteur décroissent et devraient continuer à diminuer. Le gouvernement est favorable à l'intégration, dans les orientations des politiques agricoles et dans les nouveaux modes de développement agricoles, de dispositions relatives à la lutte contre l'effet de serre.

Les principales mesures qui permettront des réductions sont :

- la maîtrise des fertilisations azotées, les actions pilotes de développement ;
- de nouvelles pratiques agricoles, la réduction de la consommation des tracteurs ;
- **la collecte et la valorisation du biogaz provenant des déjections animales** et des industries agroalimentaires ;
- la valorisation et le développement des produits issus de la biomasse : développement des **biocarburants, du bois-énergie** et du bois-construction.

2.2.6 La directive européenne « électricité renouvelable »

La Directive européenne *E-ser* du 27 septembre 2001 vise à passer de 15 à 21% au niveau européen (**22,1% pour la France**) la part d'électricité d'origine renouvelable dans la consommation électrique à l'horizon 2010. Cette part était de 13% en 2004, en baisse par rapport à 1997.

2.2.7 Le paquet énergie/climat

Le paquet Energie/climat fixe à l'horizon 2020 : **20% de réduction des GES, 20% d'énergies renouvelables** et 20% d'amélioration de l'efficacité énergétique.

La clé de répartition actuellement proposée par la Commission Européenne et acceptée par le Parlement européen et le Conseil de l'Europe conduira la France à adopter pour 2020 un **objectif de 23% d'énergies renouvelables et une réduction de 17% de ses émissions de gaz à effet de serre en 2020, par rapport à 1990**.

Pour le secteur hors marché du carbone dont fait partie l'agriculture l'objectif est une baisse de 14% en 2020 par rapport à 2005.

2.2.8 Le fonds chaleur

Le plan français de développement des énergies renouvelables prévoit de porter à 37 Mtep la production d'énergie d'origine renouvelable en 2020 dont 10 Mtep supplémentaires imputables au développement des sources de chaleur renouvelable.

Il prévoit le lancement d'appels d'offres spécifiques lancés par la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Un fonds chaleur renouvelable a été mis en place en 2009 bénéficiant de 960 M€ sur 3 ans (2009-2011) dont 150 M€ en 2009. Un premier appel d'offre a été lancé en 2009 qui concerne, entre autres, l'agriculture et qui prévoit de soutenir entre 50 et

100 installations produisant plus de 1 000 tep. Les installations de plus petites tailles pourront être soutenues au niveau régional par le fonds chaleur et les contrats de plan Etat-Région. Les TCR et le miscanthus peuvent constituer une des ressources pour alimenter ces chaufferies.

Le plan bois énergie 2000-2006 a permis une substitution annuelle de 45.000 tep basée sur le bois et les déchets de bois.

2.2.9 Le Grenelle de l'environnement

Le Grenelle de l'environnement fixe les objectifs de réduction de gaz à effet de serre à 20% d'ici 2020 et propose de porter la part des énergies renouvelables à au moins 20% de sa consommation finale d'énergie d'ici 2020 (on était à 10% en 2006). Il fixe aussi des objectifs précis pour le secteur agricole : **atteindre un taux de 30% d'exploitations agricoles à faible dépendance énergétique d'ici 2013.**

Les propositions ont été travaillées dans le COMOP 15 concernant le bilan de performance énergétique des exploitations agricoles (axe 2 « économies d'énergie » et axe 3 « énergies renouvelables ») :

- 30% des exploitations agricoles à faible dépendance énergétique en 2013 (biogaz, solaire, presses à huile, protéines animales...);
- crédits d'impôts pour la réalisation d'un diagnostic énergétique ;
- suivre de manière précise la consommation et réaliser des bilans énergétiques des exploitations agricoles ;
- réaliser des économies d'énergie directes et indirectes (tracteurs et machines, bâtiments et serres, intrants) ;
- **produire et utiliser des énergies renouvelables dans les exploitations agricoles (expérimentation, méthanisation, mobilisation du bois agricole, adaptation de la fiscalité sur l'énergie).**

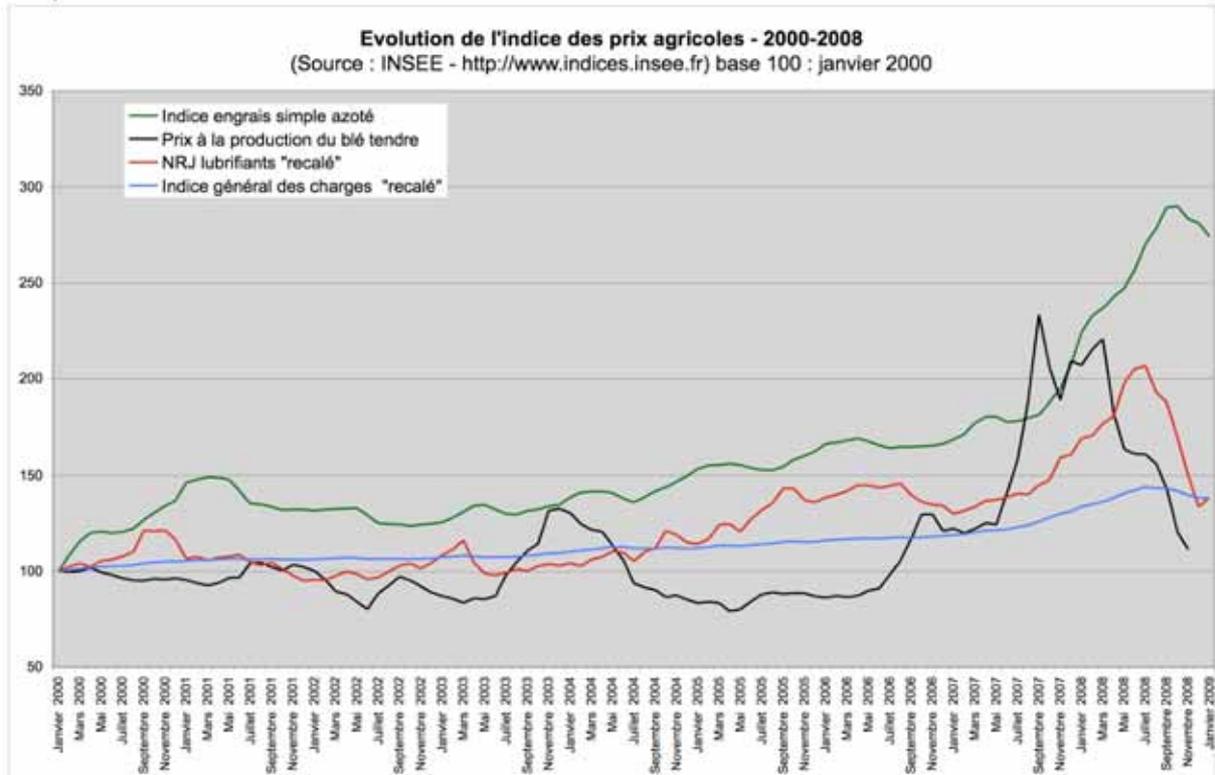
2.2.10 Le contexte énergétique des exploitations agricoles

L'agriculture, comme l'ensemble des secteurs économiques, fait face depuis 2006 à une très forte montée du prix de l'énergie et particulièrement du pétrole et du gaz (+40% à 50% entre le 01/01/06 et le 31/06/08). Cette hausse du prix de l'énergie se répercute sur de nombreux autres produits en particulier les engrais azotés.

La montée des prix des énergies en agriculture et indirectement de certains intrants comme l'engrais azoté à fort contenu énergétique, incite les agriculteurs à investir dans le champ des énergies renouvelables. Ces charges à fort contenu énergétique montent beaucoup plus vite que la valeur de l'indice général des charges et que les prix agricoles (hormis la phase de flambée du prix des céréales de juillet 2007 à mars 2008).

Le graphe 1 montre la forte montée du prix des intrants à partir de fin 2003 avec un décrochage avec le prix des céréales à partir de mars 2008.

Graphe 1 :



2.3 Le contexte environnemental

2.3.1 Les gaz à effet de serre et le protocole de Kyoto

Le réchauffement climatique est une réalité et les impacts prévisibles sur l'environnement seront d'autant plus importants que l'élévation de température sera élevée. Une élévation de 5°C en 2100 (tendance actuelle) se traduirait selon le rapport 2007 du GIEC par de larges extinctions d'espèces, un changement dans les écosystèmes, une perte de 30% des zones humides côtières et une mortalité étendue du corail. Les impacts sur l'agriculture, la santé et l'économie seraient aussi très importants.

Les engagements ont été pris par la France et l'Union Européenne, dans le cadre du protocole de Kyoto² adopté en 1997 et entré en vigueur en 2005, de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Kyoto est la traduction de la convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique adopté en 1992. L'objectif pour les pays les plus industrialisés (listée en annexe B du protocole) est de réduire d'au moins 5% les émissions des six gaz à effet de serre par rapport à leur niveau de 1990, d'ici 2008-2012. **L'Europe des 15 s'est engagée sur un objectif de 8%** (la baisse atteinte n'étant que de -2% en 2005) et la France sur un objectif de 0% (**pour une baisse constatée positive de -1,9% en 2005**).

Le protocole de Kyoto (article 3.3) prévoit que chaque pays développé **doit faire** le bilan carbone entre 2008 et 2012 des émissions dues aux déboisements (pertes) et des

² Le protocole prévoit 3 mécanismes : le mécanisme de développement propre (MDP), la mise en œuvre conjointe (MOC) et le marché international d'actifs carbone qui repose sur l'allocation d'unités de quantité attribuée (UQA) aux pays de l'annexe B. Chaque pays reçoit autant d'UQA que son objectif d'émissions de GES.

absorptions dues aux boisements (gains). Il prévoit aussi (article 3.4) que chaque pays développé **peut faire** le bilan carbone entre 2008 et 2012 des émissions des absorptions dues à la gestion forestière, des prairies, des cultures et la revégétalisation. La séquestration de carbone peut-être prise en compte que si le bilan entre gains et pertes est positif

L'idée sous-jacente est de prendre en compte la réduction des émissions dues à la séquestration du carbone dans la forêt et autres formes de végétation.

Pour l'instant pour la France, seule la séquestration par les boisements est prise en compte (0,023 MteqCO₂/an).

2.3.2 Le projet de directive sur les énergies renouvelables

Ce projet de directive (Com(2008)19) final prévoit dans son l'article 15 des critères de viabilité environnementale pour les biocarburants et autres bioliquides :

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation de biocarburants et autres bioliquides pris en considération, d'au moins 35%.
- Non production à partir de matières premières provenant de terres reconnues comme étant de grande valeur en termes de diversité biologique (forêt non perturbée, zone affectée à la protection de la nature, prairies présentant une grande valeur sur le plan de la biodiversité, c'est-à-dire les prairies riches en espèces, sans apport d'engrais et non dégradées).
- Non production à partir de matières premières provenant de terres présentant un important stock de carbone (zones humides, ...).

L'article 16 porte sur la vérification du respect des critères de viabilité environnementale pour les biocarburants et autres bioliquides.

2.3.3 Le bon état écologique des masses d'eau

Cela concerne en particulier la **directive cadre sur l'eau** (DCE) du 23 octobre 2000 (transposée par la loi n°2004-338 du 21 avril 2004) qui vise à une non détérioration et un bon état écologique des cours d'eau à l'horizon 2015 et la **directive Nitrate** avec son **quatrième programme** en cours d'élaboration.

Parmi les objectifs qui peuvent interférer sur le développement et la mise en œuvre des nouvelles énergies renouvelables, on pourra citer :

- La réduction de la pollution azotée, particulièrement en zone vulnérable et dans les zones de captage (nécessité par exemple d'implanter des cultures intercalaires, généralisation des bandes enherbées).
- La protection des sols contre les risques d'érosion pouvant entraîner une contamination du réseau hydrographique en phosphore.
- L'atteinte d'une bonne qualité écologique des masses d'eau d'ici 2015 avec un fort enjeu sur la réduction des risques de pollution par les pesticides.

2.3.4 Le maintien de la biodiversité

Le maintien de la biodiversité est désormais un enjeu majeur avec l'engagement pris de stopper toute perte de biodiversité d'ici 2010 et qui concerne tout particulièrement l'agriculture. L'agriculture est en effet, dans certains cas, une source de menace pour les habitats et les espèces ; dans d'autres situations, l'activité agricole est reconnue comme

contribuant au maintien d'habitats naturels et d'espèces naturelles de haute valeur (cf. annexes de la Directive habitat) ou à l'ensemble d'espèces particulièrement intéressantes.

2.3.4.1 Les zones Natura 2000

La protection des zones Natura 2000 avec la mise en place des mesures élaborées dans les documents d'objectif (DOCOB) constitue le cœur du dispositif. Les parcelles agricoles occupent environ 2,4 millions d'ha, soit 34% des surfaces en Natura 2000. Toute implantation de cultures énergétiques dans ces zones devra être compatible avec les objectifs fixés par le DOCOB.

2.3.4.2 Les systèmes agricoles à haute valeur naturelle

En 1998, la **Stratégie Européenne pour la Biodiversité** (COM (1998) 42) définit des objectifs généraux qui se déclinent dans différents secteurs économiques au premier rang desquels on retrouve l'agriculture. Le deuxième objectif défini dans ce document de cadrage porte sur la « Conservation et usage durable des agro-écosystèmes », avec comme sous-objectif 2.7 : « Promouvoir et soutenir les systèmes agricoles à faible niveau d'intrants en particulier dans les zones à haute valeur naturelle ».

Cette stratégie prend corps et inspire le **Conseil Européen d'Helsinki** en 1999, qui fonde la stratégie d'intégration de l'environnement dans la PAC et celui de **Göteborg** des 15 et 16 juin 2001 qui « décide : [...] de mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité, objectif qui devrait être atteint d'ici 2010, conformément au 6^{ème} programme d'action pour l'environnement ». Ce cadre politique débouche sur deux documents d'importance pour notre propos :

En 2001, le **Plan d'action en faveur de la diversité biologique dans le domaine de l'agriculture** (COM (2001) 162), dans lequel on retrouve la déclinaison des objectifs HVN dans le secteur de l'élevage extensif et, fait significatif, le lien explicite à des instruments communautaires, comme les MAE ou les indemnités compensatoires de handicap naturel (ICHN).

La résolution de Kiev sur la biodiversité (21-23 mai 2003), issue de la cinquième conférence ministérielle pour l'environnement en Europe et proposée par le Conseil pour la Stratégie Paneuropéenne pour la Diversité Biologique et le Paysage, statue : « *Agriculture et biodiversité : d'ici 2006 l'identification de toutes les zones à haute valeur naturelle dans les écosystèmes agricoles devra être terminée, utilisant des critères reconnus* ». « ***D'ici 2008, une forte proportion de ces zones devra faire l'objet de mesures favorables à la biodiversité dans le cadre des instruments du règlement rural (MAE, agriculture biologique) pour, entre autres, asseoir leur durabilité écologique et économique.*** »

Actuellement, aucune carte officielle n'a été produite par la France, mais la Commission a produit un premier zonage à titre expérimental (Parrachini, 2008 ; Pointereau, 2006). La surface agricole de haute valeur naturelle serait estimée entre 7 et 7,8 millions d'ha.

2.3.4.3 La conservation des infrastructures agro-écologiques (IAE)

Les IAE sont de mieux en mieux reconnues au travers de politiques de soutiens (MAE depuis 1990, écoconditionnalité depuis 2005, pris en compte des surfaces dans le RPG et dans les bandes végétalisées).

Le 6^{ème} **programme communautaire d'action pour l'environnement** pour la période 2001-2010 du 24 janvier 2001 retient comme objectif « *la protection et la restauration, le cas échéant, de la structure et du fonctionnement des systèmes naturels* » et renvoie aux MAE.

Cependant, le rôle des IAE dans la lutte biologique par conservation des habitats en vue de réduire la pression pesticide n'est pas mentionné.

Le **plan européen d'action pour la biodiversité et l'agriculture** du 27 mars 2001 précise clairement le rôle joué par les bordures de champ, comme les haies ou les fossés, pour servir de refuge et de sources de nourriture pour la faune et la flore.

Il mentionne :

- le recul des éléments paysagers et des prairies extensives ;
- l'impact négatif de la disparition des haies sur les arthropodes ;
- l'impact négatif de l'agrandissement des parcelles sur les bordures de champ, les haies et les fossés.

Parmi ses priorités (point 30), figurent les infrastructures agroécologiques qui apparaissent essentielles pour les politiques de conservation.

Deux approches complémentaires doivent être favorisées :

- le développement du réseau Natura 2000 ;
- le maintien et le développement des éléments paysagers linéaires (*linear features* en anglais) – comme les haies, les bordures de champ de fauche ou moisson tardive non fertilisées et non traitées, les bandes enherbées le long des cours d'eau, des bois et des routes, en combinaison avec des éléments isolés – comme les prairies de fauche et les pâturages extensifs, les landes et les vergers traditionnels/prés-vergers de taille variable ou de petite taille – comme les arbres épars ou les petites zones humides.

La question qui peut être posée est la reconnaissance ou non de certaines cultures énergétiques au titre des IAE. Cela concerne en particulier les haies énergétiques, l'agroforesterie mais aussi les TCR. Cela exige alors que ces productions puissent être gérées sans produits chimiques et contribuent positivement à l'environnement.

2.3.4.4 Le plan d'action agriculture et biodiversité

Etabli en novembre 2005, ce plan d'action, intégré à la stratégie nationale pour la biodiversité, propose cinq grandes orientations pour améliorer la prise en compte de la biodiversité dans les politiques agricoles françaises comme dans les pratiques de terrain :

- I. promouvoir la prise en compte par les agriculteurs et leurs partenaires de la biodiversité dans les démarches territoriales,
- II. généraliser les pratiques agricoles favorables à la biodiversité et améliorer celles à impacts négatifs,
- III. protéger et renforcer la diversité des ressources génétiques pour l'agriculture et l'alimentation,
- IV. assurer le suivi de l'évolution de la biodiversité en milieu rural en lien avec les évolutions des pratiques agricoles,
- V. renforcer la sensibilisation et les compétences des acteurs de la filière, de l'enseignement, de la recherche et de l'encadrement agricoles pour améliorer les interrelations agriculture-biodiversité.

Pour chacune de ces grandes orientations, ce plan rappelle et renforce des mesures existantes et propose également 15 actions concrètes nouvelles.

Ce plan comprend notamment la réduction de l'usage des pesticides et le développement des IAE.

2.3.5 Les paysages

Le paysage est un terme polysémique. La définition juridique est à présent celle de la Convention du paysage (Cf. ci-après), qui est une « **Partie de territoire telle que perçue par les populations dont le caractère résulte de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations** ».

L'article L110-1 du Code de l'environnement stipule que "*les espaces, ressources et milieux naturels, les sites et paysages, la qualité de l'air, les espèces animales et végétales, la diversité et les équilibres biologiques auxquels ils participent font partie du patrimoine commun de la nation. II. Leur protection, leur mise en valeur, leur restauration, leur remise en état et leur gestion sont d'intérêt général et concourent à l'objectif de développement durable qui vise à satisfaire les besoins de développement et la santé des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.*"

2.3.5.1 Contexte réglementaire

La protection des paysages « exceptionnels » relève de lois portant sur les monuments et les sites : la loi du 31 décembre 1913 (voir à présent le Code du patrimoine et le décret du 30 mars 2007) concernant les monuments historiques, classés ou inscrits, et la loi du 21 avril 1906, modifiée par la loi du 2 mai 1930 (codifiée aux articles L. 341-1 à 22 du Code de l'environnement et aux articles R. 341-1 à 31 pour les décrets d'application) pour les monuments naturels et les sites, complétées par la loi Malraux du 4 août 1962 créant les secteurs sauvegardés.

La loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature énonce comme d'intérêt général, la protection des espaces naturels et des paysages.

Depuis les années 1990, la loi s'intéresse aussi aux « paysages ordinaires » ou « paysages du quotidien » et à leur gestion (loi du 8 janvier 1993 sur la protection et mise en valeur des paysages, loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement...).

La loi Littoral et la loi Montagne imposent des contraintes spécifiques pour protéger les sites et les paysages, même en l'absence de documents d'urbanisme.

2.3.5.2 La Convention sur le paysage

La Convention européenne du paysage signée à Florence le 20 octobre 2000 par le Conseil de l'Europe demande aux états signataires dont la France de mettre en œuvre des politiques du paysage. Elle est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2006.

« Les Etats membres du Conseil de l'Europe, signataires de la présente Convention (...) notant que le paysage participe de manière importante à l'intérêt général, sur les plans culturel, écologique, environnemental et social, et qu'il constitue une ressource favorable à l'activité économique, dont une protection, une gestion et un aménagement appropriés peuvent contribuer à la création d'emplois (...) s'engagent à définir et à mettre en œuvre des politiques du paysage visant la protection, la gestion et l'aménagement des paysages par l'adoption de mesures particulières. (...) »

2.3.5.3 Effet de la réglementation sur la protection des paysages

Les paysages sont reconnus comme valeur que les projets doivent protéger, gérer, valoriser. La réglementation impose la prise en compte du patrimoine paysager dans les autres politiques publiques, que ce soit dans les démarches de planification, ou dans l'élaboration des projets.

Pour l'éolien spécifiquement, la loi du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique indique ainsi dans son art. 37 que « *Les zones de développement de l'éolien sont définies en fonction (...) de la protection des paysages, des monuments historiques et des sites remarquables et protégés* ».

L'État a soutenu à partir de 1993 la réalisation de **plans ou chartes de paysage** pour impulser des démarches volontaires de développement des territoires fondés sur la connaissance de ce qui faisaient les spécificités naturelles et humaines de chaque territoire et de ses enjeux. Ces études débouchent sur les programmes d'actions dont certaines peuvent être réglementaires, notamment la révision de documents d'urbanisme. Les **atlas de paysage** sont des documents de connaissances mis en place à partir des années 1996; ils se sont progressivement généralisés à presque tout le territoire national. Ils répondent aux objectifs d'identification et de qualification des paysages énoncés par la Convention du paysage. Ils constituent une référence partagée à l'échelle départementale en vue de la prise en compte du paysage comme enjeu à part entière de l'aménagement.

L'étude ou la notice d'impact, et le permis de construire doivent intégrer, y compris de manière visuelle (documents graphiques ou photographiques, photo-montage), une analyse de l'état initial du site et de son environnement, une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents de l'installation sur l'environnement et en particulier sur les sites et paysages, et notamment l'insertion dans l'environnement et l'impact visuel du projet et des bâtiments ainsi que le traitement de leurs accès et de leurs abords.

Monuments historiques :

Tout projet inscrit dans un rayon de 500 m autour d'un monument historique doit être soumis à l'Architecte des Bâtiments de France pour accord préalable (si le monument est classé) ou pour information (s'il est inscrit).

Le projet doit respecter le règlement de la Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP) si celle-ci a été établie.

Sites et monuments naturels :

En site inscrit, les services de l'État doivent être avisés quatre mois à l'avance de tout travaux. En site classé, les projets ne doivent pas modifier l'aspect et la vocation du site, et porter atteinte à ce qui a justifié sa protection ; ils sont soumis à autorisation de l'État. Selon leur importance, la commission supérieure des sites et la commission départementale des sites peuvent être saisies pour avis.

2.3.5.4 Les documents d'urbanisme

Les schémas de cohérence territoriale (SCOT)

Ils « fixent (...) les orientations générales de l'organisation de l'espace et de la restructuration des espaces urbanisés et déterminent les grands équilibres entre les espaces urbains et à urbaniser et les espaces naturels et agricoles ou forestiers. Ils apprécient les incidences prévisibles de ces orientations sur l'environnement. À ce titre, ils définissent notamment les objectifs relatifs (...) à la protection des paysages (...). Ils déterminent les espaces et sites

naturels, agricoles ou urbains à protéger et peuvent en définir la localisation ou la délimitation. »

(Code de l'urbanisme, articles L 122-1)

Le SCOT s'impose aux PLU et aux cartes communales.

Le plan local d'urbanisme traduit le projet d'aménagement et de développement de la collectivité à travers ses différents éléments (rapport de présentation, PADD, orientation d'aménagement, règlement et pièces graphiques). Il doit être compatible avec les documents de planification de niveau supérieur (SCOT, DTA...).

Il peut « *recommander l'utilisation des énergies renouvelables pour l'approvisionnement énergétique des constructions neuves, en fonction des caractéristiques de ces constructions, sous réserve de la protection des sites et des paysages* ».

Il peut « *préciser l'affectation des sols selon les usages principaux qui peuvent en être fait ou la nature des activités qui peuvent y être exercées* ».

Il peut « *déterminer des règles concernant l'aspect extérieur des constructions, leurs dimensions et l'aménagement de leurs abords, afin de contribuer à la qualité architecturale et à l'insertion harmonieuse des constructions dans le milieu environnant* ».

Il peut « *identifier et localiser les éléments de paysage et délimiter les (...) sites et secteurs à protéger, à mettre en valeur ou à requalifier pour des motifs d'ordre culturel, historique ou écologique et définir, le cas échéant, les prescriptions de nature à assurer leur protection.* »

(Code de l'urbanisme, article L 123-1)

La protection des zones agricoles

Deux outils concourent à la protection de la vocation agricole des sols : le périmètre de protection des espaces agricoles et naturels (PAEN) et la zone agricole protégée (ZAP)

Le périmètre de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains » (PAEN) a été introduit par la loi du 23 février 2005 relative au développement des territoires ruraux. Il constitue un nouvel outil au service de la préservation des espaces agricoles **périurbains**. Cette disposition permet aux départements de délimiter des périmètres à l'intérieur desquels la vocation agricole et naturelle des terres est préservée. Un terrain situé dans le périmètre ne pourra être rendu constructible que par décret. En outre, le département dispose alors d'un droit de préemption rural lui permettant d'acquérir des terrains dans le périmètre s'il l'estime utile. Il revient au département d'établir un programme d'action permettant de conforter l'activité agricole dans le périmètre.

La zone agricole protégée (ZAP) est délimitée à partir des critères de qualité des productions et de situation géographique, par arrêté préfectoral en application de l'article L. 112.2 du Code rural (mise en place en 1999, précisée par la LOA de 2005). Elle constitue une servitude d'utilité publique, qui ne peut être modifiée ou supprimée que par un arrêté préfectoral. Leur périmètre est défini par le Préfet sur proposition ou après accord du conseil municipal des communes intéressées ou, le cas échéant, sur *proposition* de l'organe délibérant de l'établissement public compétent en matière de plan local d'urbanisme ou de l'établissement public compétent en matière de schéma de cohérence territoriale, après *accord* du conseil municipal des communes intéressées, après *avis* de la chambre d'agriculture, de l'Institut national des appellations d'origine (dans les zones d'appellation d'origine contrôlée) et de la commission départementale d'orientation de l'agriculture, et après une enquête publique.

La politique d'aménagement foncier

La loi d'orientation agricole de 2005 a aussi étendu la politique d'aménagement foncier puisqu'il lui est donné, au même niveau, trois fonctions : améliorer les structures agricoles, protéger et gérer l'environnement, entretenir le territoire. Le paysage y est ainsi directement concerné.

2.4 La disponibilité en termes d'espace

2.4.1 De moins en moins de terres agricoles

Le besoin d'espace pour **l'artificialisation constitue de loin la principale menace pesant sur des sols agricoles**. Ce besoin est estimé à 66 000 ha par an (Pointereau, 2008) et devrait se maintenir au même niveau jusqu'en 2020 au moins (Mossus, 2008). La maison individuelle en constitue le facteur clef (SCEES, 2008). A cette demande s'ajoute l'achat de propriétés rurales par des non-agriculteurs (entre 10 000 et 20 000 ha par an – source FNSAFER), le boisement des terres agricoles (entre 5 000 et 10 000 ha par an) et l'abandon de terres agricoles (environ 30 000 ha par an).

Dans un contexte de stagnation des rendements agricoles depuis 10 ans (Bisault, 2008), d'augmentation de la population, et aujourd'hui de demande de biomasse énergétique et industrielle, l'enjeu sur l'espace agricole dans un but d'assurer l'autonomie alimentaire ne peut que croître.

Si la France exporte de nombreux produits agricoles, elle est aussi importatrice de nombreux produits alimentaires (fruits, soja) et non alimentaires comme le bois ou le caoutchouc. Au final, ces échanges, traduits en « équivalent surface », **présentent un solde négatif de 1,4 million d'hectares** (Pointereau, 2008). Cependant, ce déficit pourrait être comblé par une mobilisation plus élevée de l'accroissement annuel des forêts, puisque la France est importatrice de produits de bois (grume, pâte à papier, meubles) et n'exploite que 60% de l'accroissement annuel de ses forêts.

Économiser la surface agricole et mieux mobiliser le bois produit par les forêts sont des enjeux à retenir dans un scénario de développement durable visant à réduire notre empreinte écologique et l'importation de produits issus de zones tropicales comme le bois ou le soja.

2.5 Synthèse

Des engagements chiffrés ambitieux ont été pris dans le domaine du développement des énergies renouvelables et de réduction des GES (les deux étant en partie liés). Des politiques ont été mises en place, articulées avec certains dispositifs de la PAC (gel industriel, ACE, aides aux investissements) et soutenus par des incitations nationales (défiscalisation des agrocarburants, prix d'achat de l'électricité, appel d'offre, crédit d'impôt, ...).

Cependant la contribution de chacune des ressources énergétiques renouvelables (type de biomasse, solaire, éolien, microhydraulique) n'est pas totalement arrêtée, de même que la répartition sur le territoire.

Tableau 4: Soutiens publics apportés aux différentes filières

	Objectifs Grenelle (COMOP) 2013	Soutiens publics pour les agriculteurs
TCR/TTTCR	Pas d'objectif chiffré	ACE + DPU si cultures énergétiques ou gel, sinon aide au boisement de terres agricoles
Haie, agroforesterie	Pas d'objectif chiffré	Aides collectivités locales, PVE + aide chaufferie bois
Miscanthus et autres	Pas d'objectif chiffré	ACE + DPU si cultures énergétiques ou gel
Photovoltaïque au sol	Pas d'objectif chiffré	Tarif d'achat de 0,33 €/kWh (actualisé 2009)
Photovoltaïque toiture	Pas d'objectif chiffré	Tarif d'achat de 0,33 €/kWh + 0,27 € en intégration au bâti (actualisé 2009).
Eau chaude solaire	120.000 m ²	Subvention à l'investissement et/ou crédit d'impôt
Séchoir solaire	290 unités	Subvention à l'investissement
Biogaz	1000 unités. PPI 250MW en 2015	Tarif d'achat de l'électricité produite à partir du biogaz de 9 centimes /kWh (pour les installations inférieures à 150 kWe) + une prime de 3 centimes si il y a une valorisation thermique. Prix indexé
Microhydraulique	Pas d'objectif	Tarif d'achat spécifique de 0,065 à 0,1 €/kWh

Les agrocarburants, l'énergie éolienne et le bois énergie ont été jusqu'à aujourd'hui les principaux bénéficiaires de ces politiques (en termes de montant des aides publiques, énergie produite, surfaces concernées). Le photovoltaïque est amené à se développer fortement depuis la fixation d'un tarif d'achat incitatif en 2006 et du fait d'un prix d'installation ayant fortement chuté.

Tableau 5 : Contribution des différentes énergies aux objectifs nationaux et européens concernant la lutte contre l'effet de serre et la production d'énergies renouvelables

	Kyoto/plan climat	Directive Biocarburant	Directive électricité renouvelable	23 % de renouvelables en 2020	Grenelle : 30 % des exploitations autonomes
TCR/TTTCR	Effet positif. Accroissement du stock de carbone et évitement d'émission.	Pas concerné actuellement. Seconde génération.	Pas concerné actuellement sauf grande chaufferie (co-génération).	Oui via le chauffage au bois voire production d'électricité.	Oui via le chauffage des exploitations et de certains ateliers.
Haie, agroforesterie	Idem.	Non concerné.	Non concerné.	Oui, via le chauffage au bois voire production d'électricité.	Oui via le chauffage des exploitations et de certains ateliers.
Miscanthus et autres	Idem.	Non concerné actuellement. Seconde génération.	Oui, si co-génération.	Oui, via la production de chaleur voire production d'électricité.	Non gérable au niveau de l'exploitation.
Photovoltaïque au sol	Effet très positif. Bilan énergétique très favorable.	Non concerné.	Oui, directement concerné et fort	Oui, via la production d'électricité.	Non. Vente d'électricité ou location.

			soutien.		
Photovoltaïque toiture	Effet très positif. Idem.	Non concerné.	Oui, directement concerné et fort soutien.	Oui, via la production d'électricité.	Oui, site isolé et en utilisant les toitures de bâtiment avec vente d'électricité.
Eau chaude solaire	Effet positif mais limité par la production en jeu.	Non concerné.	Non directement concerné. Mais réduction de la consommation électrique des chauffe-eau.	Oui, via la production d'eau chaude.	Oui, via la production d'eau chaude (salle de traite, laiterie, alimentation des veaux).
Séchoir solaire	Effet positif mais très limité en importance et difficilement évaluable.	Non concerné.	Non concerné.	Oui, mais impact faible.	Oui pour les systèmes d'élevage, particulièrement les élevages laitiers.
Biogaz	Effet très positif.	Oui, filière possible mais si taille suffisante.	Oui directement concerné.	Oui, potentiel important via les sous-produits agricoles.	Oui potentiel important en élevage. Dépend de l'utilisation de la chaleur.
Microhydraulique	Effet très positif	Non concerné	Oui directement concerné.	Oui. Potentiel ?	Peu ou pas concerné.

Le contexte est donc aujourd'hui particulièrement favorable au développement des énergies renouvelables. Mais ce contexte est variable d'une énergie à l'autre, et dans le temps (prix de l'énergie et des céréales fluctuants, suppression du gel, fixation des prix d'achat de l'électricité). S'ajoutent à ces facteurs les règles administratives et le consensus social. Il reste donc difficile de prévoir où et quand ces nouvelles productions se développeront. Les chiffres avancés par l'Etat sont nationaux et restent indicatifs.

Les directives européennes fixent les objectifs globaux et particuliers (électricité renouvelable, agrocaburants) mais ne précisent pas la répartition entre les différentes formes d'énergie (chaleur, électricité, carburant) ni entre les sources d'énergie.

Ces politiques en faveur des énergies renouvelables doivent aussi s'accorder avec les politiques environnementales et paysagères qui ont fixé des objectifs en matière de qualité de l'eau, de qualité du paysage et de maintien de la biodiversité.

Une chose est sûre, l'espace se fait plus rare face à toutes les sollicitations d'usage. Et à côté d'une politique de zonage préférentiel du territoire (zone de captage d'eau potable, zone Natura 2000, zone agricole des PLU, zones de protection paysagère, ...), il est indispensable de développer des politiques intégrées et territorialisées capables de répondre simultanément aux différents enjeux. Des synergies entre production alimentaire et non alimentaire sont aussi à rechercher, comme la valorisation des co-produits.

3 Les TCR et TTCR



3.1 Définition

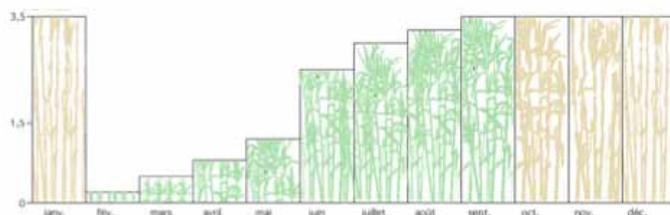
Il s'agit de plantations d'arbres très denses (1 500 à 3 000 pieds par ha) qui sont récoltés tous les 2 ou 3 ans (TTCR) ou tous les 7 ou 8 ans (TCR) pendant 20 ou 30 ans. Après la coupe, de nouvelles tiges repoussent (taillis) et plusieurs cycles de production-récolte sont ainsi effectués. Généralement, les TTCR ne dépassent pas 20 ans du fait de l'épuisement des souches même si peu de références existent encore. On parle de cultures énergétiques car ces productions homogènes sont conduites selon le même schéma que des cultures annuelles avec plantation et récolte mécanisées. De plus ces plantations sont généralement réalisées sur des terres agricoles ou anciennement cultivées. Elles diffèrent des taillis forestiers (chêne, châtaignier) aux cycles plus longs (20 à 40 ans) et le plus souvent installés depuis plusieurs siècles.

Les TTCR sont entièrement déchiquetées et vendues sous forme de « plaquettes forestières », destinées à des fins énergétiques. Les TCR peuvent être récoltés sous forme de plaquettes ou de bûches et avoir une double fin : énergie ou pâte à papier.

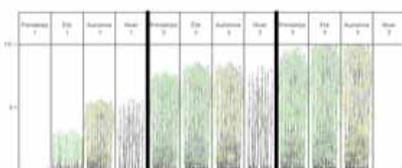
Dans l'analyse qui va suivre il est important de distinguer :

- le TCR/TTCR, culture énergétique à durée de vie inférieure à 20 ans et à ce titre éligible aux DPU
- le TCR, boisement de terres agricoles et donc sorti de la SAU et des aides PAC, et soumis au code forestier

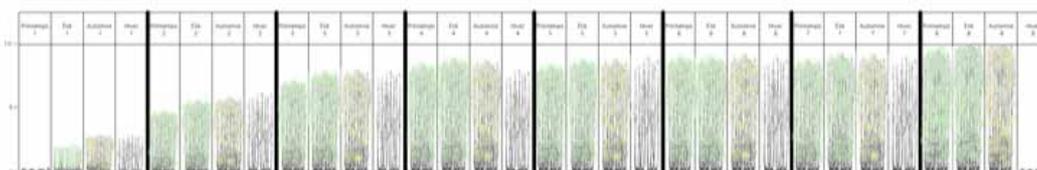
Cycle du Miscanthus pendant 15 ans sur 1 an



Cycle pendant 20 à 30 ans



Sur 3 ans TCR



Sur 8 ans TCR

3.2 Espèces adaptées

Saules, eucalyptus, peuplier, robinier faux-acacia, sont les principales essences « *cultivables en taillis* », en d'autres termes qui ont l'aptitude à supporter des coupes fréquentes. Des variétés sélectionnées sont disponibles et sont même obligatoires pour bénéficier des aides publiques.

Dans le cadre de cette étude, **seul le saule est étudié**. Il représente la principale essence plantée et étudiée d'un point de vue environnementale.

3.3 Historique et contexte

Les taillis à courte rotation se sont avant tout développés en Europe du fait du contexte de surproduction des denrées agricoles et de l'obligation de gel des terres. Tout comme les autres cultures énergétiques et industrielles, ils offrent une alternative à la jachère.

Les contextes agricole et énergétique évoluent constamment et rapidement. Les surfaces en jachère après avoir atteint un sommet en 1993 avec 1,8 millions d'hectares en France du fait de l'obligation du gel des terres, sont actuellement en train de reculer fortement depuis la suppression de celui-ci en 2008 et dans un contexte de forte hausse des prix des céréales en 2006 et 2007.

À l'inverse, un nouveau contexte est apparu avec la forte montée du prix de l'énergie et donc un intérêt croissant pour les cultures énergétiques. Cependant, ce sont avant tout les politiques européennes et nationales qui orientent les cultures énergétiques : le Miscanthus au Royaume-Uni avec l'obligation faite aux centrales électriques à charbon d'utiliser en partie de la biomasse (énergies renouvelables), le TCR de saule en Suède et les

biocarburants de première génération en France ou en Allemagne. Les compensations carbone pourraient aussi ouvrir de nouvelles voies.

Après un contexte d'obligation de gel des terres, on est passé à un contexte d'obligation de produire des énergies renouvelables et de compenser les émissions de carbone.

Aujourd'hui, non seulement les cultures énergétiques se concurrencent entre elles, mais elles sont aussi soumises à la concurrence des cultures alimentaires, de la biomasse forestière (taillis, plaquette forestière), des importations et des besoins en pâte à papier et pour la fabrication de panneaux.

Ceci explique le faible développement actuel des TCR à vocation énergétique en Europe et leur stagnation en Suède.

Cependant le développement des chaufferies bois en France, soutenu par l'ADEME, va exiger une demande croissante en plaquette qui ne pourra être satisfaite à terme que par les plaquettes forestières, les déchets verts et les TCR.

3.4 Techniques

La plantation (peuplier, saule) s'effectue au printemps à partir de boutures. Des machines horticoles peuvent convenir pour cette plantation. Différentes machines ont été spécialement adaptées ou élaborées pour cette tâche. Un labour et un bon désherbage sont essentiels pour permettre un bon développement en première année. Un fort enherbement peut occasionner une forte concurrence dans les plantations de saules et un taux de mortalité élevé. Pour cette raison certaines plantations, par exemple en Bretagne, sont effectuées sous paillage (plastique biodégradable).



Photographie : Plantation mécanisée de boutures de saule

La fertilisation est réduite au minimum et peut être assurée par des boues ou des eaux usées. Les exportations d'éléments minéraux par le bois sont faibles car la récolte est effectuée en hiver lorsque les feuilles, qui contiennent la majorité des éléments nutritifs, sont tombées. En moyenne, l'exportation annuelle en nutriments par les tiges est de 60 à 80 kg d'azote/ha, 10 kg de phosphore/ha (26 kg P₂O₅) et 35 kg de potassium/ha (42 kg de K₂O) pour une production de 12 t MS/ha.an (Jossart et al., 1999). Les fumures phosphoriques et potassiques

ne sont apportées qu'une fois par rotation.

Ces besoins limités en éléments minéraux qui caractérisent la biomasse forestière (les forêts ne sont jamais fertilisées malgré les prélèvements de bois) du fait de l'exportation uniquement des parties ligneuses (l'azote est avant tout contenu dans les feuilles), sont à la fois un atout pour ces productions et une limite quand on souhaite les utiliser pour exporter des éléments minéraux en excès (phytoremédiation).

Certaines variétés de peupliers sont sensibles aux pucerons lanigères. Le saule peut être atteint d'une série de maladies fongiques ou bactériennes ou de ravageurs mais aucun traitement phytosanitaire n'est justifié, principalement pour des raisons techniques (hauteur de culture) et environnementales. La maladie la plus importante du saule est sans conteste la rouille (*Melampsora* spp) qui peut causer des défoliations très graves et une perte de rendement de l'ordre de 30 à 40%. Les attaques de cette maladie peuvent néanmoins être réduites grâce à l'utilisation de variétés tolérantes et au mélange de plusieurs clones au sein d'une même plantation (Jossart et al., 1999). **Après un traitement herbicide en première année, aucun insecticide ni fongicide n'est donc appliqué pendant toute la durée de la culture.**

La récolte peut s'effectuer tous les 3 ans en moyenne selon le développement de la culture. Il est possible de récolter des tiges entières qui sont stockées pour profiter d'un séchage naturel et ensuite broyées. Cette méthode est toutefois plus onéreuse que la coupe avec broyage direct, effectuée grâce à des machines adaptables sur tracteur ou par une ensileuse à maïs automotrice équipée d'une tête de coupe spécifique. Une machine à récolter permet de mobiliser 250 ha/an.

Le rendement du TTCR varie de 6 à 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an selon l'âge de la plantation, la fertilité du sol, la conduite de la culture et le climat (INRA, AILE), voir de 8 à 16 tonnes en Wallonie (UCL).

Il est possible de revenir à une culture conventionnelle après celle du taillis sans dépense exagérée par un broyage des souches au rotavator.



Récolte mécanisée des saules

3.5 Historique des plantations en France

Les premières recherches ont démarré en 1974 à l'initiative de l'AFOCEL jusque dans les années 1980 avec un financement de l'AFME. Dans le cadre de ce programme, 380 ha de peupliers ont été implantés (sur 38 sites).

En 1993, le CEMAGREF a mis en place un programme visant la mécanisation des TCR. Ce programme national a permis de mettre en place un programme européen de recherche « développement des techniques de récolte et de stockage indispensable pour le développement des TCR ».

L'INRA a ensuite travaillé sur un programme de TCR de peuplier dès 1983 (implantation de quelques dizaines d'hectares de TCR de peuplier) puis entre 1995 et 1999 en vue de produire de nouveaux clones, de rechercher des résistances aux maladies et d'étudier la fertilisation et l'évolution de la composition minérale des sols. Un réseau de parcelles a été installé notamment à Nogent-sur-Vernisson, dans le Loiret et à Vatan, dans l'Indre.

A partir de 1998, l'association bretonne AILE a mis en place 118 ha de taillis TTCR de saules, notamment au travers du programme Life Wilwater qui s'est déroulé entre 2004 et 2007. Ce programme soutenu par l'Agence de l'Eau du fait de son objectif d'épuration continue de se développer et intéresse de nouvelles régions.

En Midi-Pyrénées, 1 200 ha de plantation d'eucalyptus traité en taillis ou en TCR ont été implantés mais à vocation papetière depuis 1984 dans le cadre du boisement des terres agricoles (projet porté par le groupe papetier Tembec). Depuis 2008, il existe un programme de pré-développement de TCR soutenu par la région et porté par la coopérative Alliance Forestière, pour implanter 500 ha de TCR à base de robinier, de peupliers, de saules et d'eucalyptus d'ici 2013. Les premières plantations ont été réalisées fin 2006.

Plus récemment (2008), différents programmes sont à l'étude ou en phase de démarrage. La chambre régionale d'agriculture de Languedoc-Roussillon a mis en place avec d'autres partenaires un programme de développement de TCR et de TTCR à base de peuplier, de frêne oxyphylle, d'eucalyptus et d'acacia visant notamment les terrains abandonnés par la viticulture. Dans le Jura, dans le cadre de son projet de construction d'une centrale électrique de 30 MW, l'usine Solvay, à Tavaux, prévoit l'implantation de TCR. Dans la Haute-Marne, la Chambre d'agriculture souhaite développer une centaine ha de TTCR dans un délai de 3 ans dans le cadre d'un programme d'accompagnement de projet (PAP³) financé par le Réseau de Transport d'Electricité.

Le programme REGIX financé par l'ANR porte sur une meilleure évaluation du gisement potentiel en ressources lignocellulosiques agricoles et forestières pour la bioénergie et qui se terminera en décembre 2009 (budget 3,7 M€). Il concerne les TCR mais aussi d'autres

³ PAP (Programme d'Accompagnement de Projet) : L'accord « Réseaux électriques et environnement » prévoit la mise en œuvre de programmes d'accompagnement de projets, financés par RTE (à hauteur de 10% du coût des lignes aériennes à 400 000 volts et de 8% pour les lignes aériennes de tension inférieure), éventuellement abondé par les collectivités. Le PAP recouvre un ensemble de mesures concertées avec les acteurs locaux concernés. Elles relèvent d'actions d'amélioration de l'intégration visuelle des ouvrages dans le paysage (mesures esthétiques sur l'ouvrage, de déplacement ou d'effacement d'autres ouvrages), ou d'actions s'inscrivant dans le développement durable. Cet outil offre l'opportunité aux collectivités de s'approprier le choix des mesures d'accompagnement associées aux projets. Il permet également de donner aux projets RTE de lignes aériennes une véritable dimension de « projet de territoire ».

cultures énergétiques comme le miscanthus ou le switchgrass. L'objectif est de réduire les coûts de production et de mobilisation. Sur la plateforme agronomique de l'INRA d'Estrées-Mons ont été ainsi installés des essais longue durée de TCR.

ECOBIO complette les données techniques de REGIX par une approche économique de l'offre de biomasse (forestière, agricole et taillis à courte rotation). Il est complété par le programme ANABIO, qui met en place un outil d'analyses multicritères pour évaluer les différentes filières.

Un programme de recherche européen « *Short Rotation Coppice* » dans le cadre de ERA-NET Bioénergie démarrera en 2009 pour une durée de 4 ans. Ses objectifs sont l'amélioration génétique du saule et autres espèces forestières, l'amélioration des itinéraires techniques (récolte, transport, séchage, stockage) et les impacts environnementaux des TCR (biodiversité, paysage, ressource en eau).

La société Bionis Environnement, basée à Lille, propose des services pour assurer la plantation et la récolte de TCR de saules.

3.6 Intérêts économiques

Les calculs économiques sont difficiles à réaliser du fait de la durée du calcul (20 ans correspondant à l'amortissement de la plantation) et des fluctuations rapides du prix de l'énergie ou des céréales.

Les calculs restent théoriques, basés sur des hypothèses de prix (de la plaquette notamment) et des scénarios (avec ou sans utilisation de boue par exemple).

Cependant certains critères apparaissent favorables, comme l'utilisation de boue ou l'autoconsommation des plaquettes. Si les coûts de plantation apparaissent difficilement compressibles, les coûts de récolte devraient baisser grâce à une meilleure utilisation des machines pour récolter, actuellement sous-utilisées.

La valorisation énergétique peut se faire au travers d'une autoconsommation sur l'exploitation ou d'un contrat d'engagement. Les circuits doivent être courts, car le transport coûte cher. L'agriculteur doit donc être dans un rayon de 20-30 km d'une unité utilisatrice, d'une chaufferie, maximum 50 km. Au-delà, la production ne vaut plus le coup économiquement.

Exemple : plantation de TCR de saules (Source : AILE – Wilwater)

Les coûts de plantation sont estimés entre 2 300 € et 2 800 € par hectare et les coûts de récolte entre 1 800 € (situation actuelle avec une non-optimisation de la récolteuse) et 850 € (en situation optimisée). L'installation de la ferti-irrigation correspond à un investissement de 15 000 à 25 000 €/ha. Les marges brutes actuelles (2007) ne permettent pas aujourd'hui de concurrencer l'herbe et le maïs (cf tableau suivant). En cas de récolte optimisée, seule l'autoconsommation ouvre des perspectives intéressantes.

Marge brute	Récolte optimisée en €/ha/an	Aujourd'hui en €/ha/an
Sans épandage et vente humide	38	-250

Sans épandage et autoconsommation	406	118
Avec épandage et vente humide	-43	-331
Avec épandage et autoconsommation	325	37
Solution de référence : prairie-maïs	250 à 450	250 à 450

Exemple : plantation TTCR de saule ou peuplier, sur 20 ans (Source : AFOCEL)

Plantation d'un hectare de saule, d'une durée de 20 ans, récoltée tous les 2 ans. Sans prise en compte de la main d'œuvre (plantation), des charges fixes et des aides agricoles.

Charges	
Plantation = 2 600 €	Prix vente 30 € : $30 \text{ €} \times 40 \text{ tb} = 1\,200 \text{ €}$ soit 12 000 € pour 10 récoltes Prix vente 40 € : $40 \text{ €} \times 40 \text{ tb} = 1\,600 \text{ €}$ soit 16 000 € pour 10 récoltes Prix vente 50€ : $50 \text{ €} \times 40 \text{ tb} = 2\,000 \text{ €}$ soit 20 000 € pour 10 récoltes
Récoltes = Hyp 1 : $20 \text{ €} \times 40 \text{ tb} = 800 \text{ €}$ soit 8 000 € pour 10 récoltes Hyp 2 : $30 \text{ €} \times 40 \text{ tb} = 1\,200 \text{ €}$ soit 12 000 € pour 10 récoltes	DPU normal et 45 €/ha d'ACE (Aide aux cultures énergétiques) ou DPU jachère et déclaré en gel industriel
Revenu avec ACE	Hyp 1 : coût récolte 20 €/t => de + 2300 € à + 10 300 € (soit + 115 € à + 515 €/ha/an) hyp 2 : coût récolte 30 €/t => de - 2 600 € à + 5 400 € (- 130 € à + 315 €/ha/an)

3.7 Soutiens financiers au TCR

La plupart des plantations existantes ont été financées dans le cadre de programme de recherche ou dans le cadre du boisement des terres agricoles (eucalyptus en Midi-Pyrénées).

Aujourd'hui deux formes de soutien existent.

Une aide annuelle dans le cadre des cultures énergétiques. Pour cela, les plantations doivent être implantées pour une durée maximale de 20 ans et déclarées en jachère industrielle ou en culture énergétique. La mise en œuvre de ce soutien est détaillée par les notes d'information PAC/2007/11 et PAC/2007/23 de la DGPEEI du 12 avril 2007.

Si la plantation est déclarée en jachère industrielle et située sur des terres éligibles, elle permet d'activer les DPU jachère ou l'aide aux grandes cultures au titre du gel volontaire industriel.

Si la plantation est déclarée en culture énergétique, elle permet d'activer les DPU normaux mais pas les DPU jachère. Elle ne peut pas bénéficier de l'aide aux grandes cultures au titre du gel volontaire industriel mais bénéficie de l'aide aux cultures énergétiques d'un montant de 45 €/ha. Un contrat avec un premier transformateur est nécessaire comme preuve d'une utilisation énergétique ou une utilisation énergétique à la ferme (déclaration sur l'honneur).

Une aide à l'investissement dans le cadre du boisement des terres agricoles. Dans ce cas, les surfaces ne sont plus éligibles aux DPU. Les terres agricoles sont transformées définitivement en terres forestières.

Seule la région Midi-Pyrénées soutient actuellement la plantation de TCR à vocation énergétique en co-financement avec du FEOGA dans le cadre du PDRH. L'aide est attribuée

sous forme de subvention avec un taux maximal d'aide public de 65% et un coût maximal éligible plafonné à 3 500 €/ha. Les terres doivent avoir fait l'objet d'une exploitation agricole deux années consécutives au cours des 5 années précédant la demande. Les collectivités locales, les associations et les propriétaires forestiers sont éligibles à ce dispositif. Mais les agriculteurs bénéficiant d'une aide à la pré-retraite ne sont pas éligibles à ce dispositif.

Conditionnalité du versement des aides

Le versement des aides publiques est conditionné en France à un certain nombre d'exigences, sachant que l'accès à ces aides publiques est indispensable dans la mise en œuvre du projet.

- Les projets ne peuvent se faire que sur des terres agricoles ou des terres récemment cultivées, jamais sur des terres classées en forêt ou en landes.
- Un zonage est généralement défini, excluant certaines zones, soit pour des raisons de climat et de sol, soit pour des raisons de protection (site naturel ou paysager).
- La liste des espèces est fermée et des certificats d'origine sont requis.
- Une surface minimale est requise qui peut varier d'une région à l'autre et d'un pays à l'autre.
- L'utilisation de pesticides est limitée, généralement à l'usage d'herbicides les deux premières années.

Il pourrait être exigé une certaine hétérogénéité dans la plantation, comme c'est le cas en Angleterre.

Tableau 6 : Critères d'accès aux aides publiques

	Surface minimale	Localisation	Essences éligibles	Obligations particulières
Aide à l'investissement aux boisements des terres agricoles – Midi-Pyrénées	4 ha en un ou plusieurs tènements distants d'1 km maxi. Seuil réduit à 2 ha (en 2008 et 2009)	Zones de vallée, plaines et coteaux	Eucalyptus, robinier, peuplier et saule	Si le projet est situé en zone Natura 2000, il doit être conforme avec les orientations du DOCOB
Jachère industrielle ou culture énergétique	10 ares. 30 ares pour l'ACE	Parcelles agricoles	Plus de 23 espèces éligibles	Paillage biodégradable. Le désherbage chimique n'est plus autorisé à partir de la 3 ^{ème} année
TCR implanté au Danemark		A plus de 100 m des plages, et 150 m des lacs, rivières et monuments		
TCR implanté en Angleterre				Éviter les sites naturels. Éviter les grandes plantations uniformes. Maintenir des bandes. Récolter à des ages différents. Éviter les pesticides
TCR implanté en Belgique	50 ares minimum	Etre contigu à un bois ou une forêt existante		Ne pas être situé dans un périmètre de point de vue remarquable

3.8 Conditions actuelles de mise en oeuvre

Il apparaît que les conditions économiques et sociales ne sont actuellement pas réunies pour un développement à grande échelle, et que les plantations actuelles font l'objet de niches en visant plusieurs objectifs.

La vocation énergétique nécessite la présence dans un faible rayon d'une chaufferie bois susceptible d'utiliser la plaquette. Cette condition va devenir de moins en moins limitante avec le développement continu des chaufferies bois à plaquette sur le territoire.

Pour un agriculteur, le TCR ou le TCCR n'est pas compétitif actuellement avec la production de céréales. La plaquette de TCR n'est pas non plus compétitive avec les déchets de scierie. Mais ce dernier gisement tend à se tarir.

La demande de terres agricoles reste forte dans la plupart des régions, et l'abandon de terres agricoles, sans autre finalité économique, est resté extrêmement limité ces 20 dernières années et concerne principalement la zone viticole languedocienne et certaines zones de montagne (Pointereau, 2007).

Les niches concernent :

- Le traitement des eaux usées (traitement tertiaire), la protection de captage, l'épandage de boues notamment quand celles-ci ne peuvent être épandues en terres agricoles (projet Wilwater).
- Des terres agricoles de faibles valeurs agronomiques (acides, anciennes vignes, boubènes battants, ...) ou difficiles à exploiter (pente, mais dans ce cas la mécanisation devient difficile).
- Des propriétaires qui ne veulent plus louer leurs terres.

L'exemple de la Suède

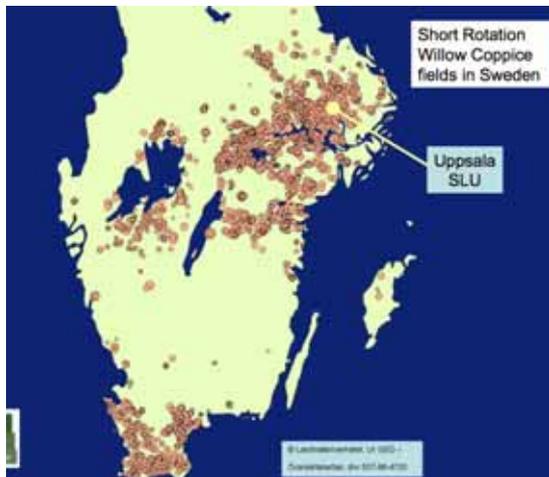
Le taillis à courte révolution du saule est pratiqué en Suède pour produire de la biomasse à des fins énergétiques. Les essences font l'objet d'une production commerciale, principalement sur des terres agricoles, et la biomasse qui en est tirée alimente les installations locales de chauffage pour la production combinée de chaleur et d'électricité.

Mais le TCR de saules est majoritairement utilisé pour traiter les déchets par l'absorption des polluants du sol et de l'eau (phytoremédiation). Il s'agit de traiter les déchets riches en éléments nutritifs – notamment les eaux usées urbaines, les lixiviats des sites de décharge, les eaux usées industrielles (les ruissellements des dépôts de grumes, par exemple), les boues d'épuration et les cendres de bois. Il s'agit de réduire, grâce à leur absorption par les plantes, la teneur en polluants et/ou l'excès d'éléments nutritifs des eaux et des sols, et pour faciliter la dégradation microbienne des polluants organiques.

*Le TCR de saules a été implanté à partir de 1970 et le saule est apparu comme l'espèce la plus adaptée pour cet objectif. En effet, le taux élevé d'évapotranspiration et la tolérance des racines des saules aux inondations permettent l'utilisation de taux d'irrigation élevés. A l'heure actuelle, environ **20 000 ha de saules sont plantés en Suède** dans des systèmes de taillis à courte révolution, consistant principalement en clones et hybrides de *Salix viminalis*, *S. dasyclados* et *S. schwerinii*. La culture du saule est entièrement mécanisée, depuis la plantation jusqu'à la récolte. Les saules sont exploités tous les trois à cinq ans, pendant l'hiver lorsque le sol est gelé, à l'aide de machines conçues expressément. La durée*

de vie économique estimée d'un peuplement de saules en régime de taillis à courte révolution va de 20 à 25 ans. La production de biomasse est comprise entre 6 et 12 tonnes par hectare et par an et dépend fortement des conditions du site.

Figure 1 : Localisation des plantations de saules en Suède



La Suède (Université suédoise des sciences agricoles) participe activement à un programme de recherche sur la réduction des impacts environnementaux des TCR de saules (Bioenergy ERA-NET) lancé fin 2008. Les 2 autres projets retenus concernent « les coûts de production des TCR » et « le volet génétique ». Ce programme devrait fournir une meilleure connaissance des impacts des TCR sur l'eau, le sol et la biodiversité.

L'exemple de la Wallonie : La recherche sur les TCR est portée par l'Université Catholique de Louvain (UCL) depuis 1993. Deux projets de démonstration sont en cours :

- Le projet Gazel avec 5 ha de TCR qui alimente une unité de gazéification.
- Projet BIOMEPUR qui vise l'épuration tertiaire de l'eau avec un hectare de TCR de saules (*Salix viminalis*) implanté au printemps 98 à côté de la station d'épuration de Sart-Bernard (Province de Namur) avec un système d'irrigation goutte à goutte.

Phytoremédiation

De grandes plantations de saules dotées de systèmes d'irrigation ont été établies à proximité d'usines de traitement des eaux usées (comme à Enköping, une ville d'environ 20 000 habitants avec 75 ha de TCR ou Kagerod ville de 1500 hab avec 13 ha de TCR) pour améliorer l'efficacité du traitement de l'azote, tout en produisant de la biomasse irriguée à l'aide de ces eaux. Les résultats de la recherche ont montré que la rétention d'azote dans les taillis à courte révolution des saules peut dépasser 200 kg d'azote par hectare et par an, en raison de l'exportation par les saules (50 kg/récolte), de la dénitrification et de l'accumulation à long terme de l'azote dans le sol. Les boues sont stockées et épandues en été.

Concernant le traitement des lixiviats de décharge, il existe actuellement 20 sites en fonctionnement (exemple 5 ha de TCR à Högbytorp).

Le TCR est aussi utilisé pour traiter les eaux de ruissellement des dépôts de grumes qui sont arrosées en été pour les protéger contre les insectes et les champignons (1 ha de TCR pour 60.000 m³ de grumes).

Les effets négatifs des métaux lourds et du phosphore présents dans les mélanges de boues et de cendres sont minimisés par l'absorption des végétaux et la rétention dans le système sol-végétaux. Lors de la récolte, les parties des pousses contenant des métaux lourds sont éliminées du système et brûlées, et ce matériel est partiellement recyclé par l'application des cendres aux peuplements de saules en taillis. Seules les cendres qui demeurent au fond de la chaudière sont distribuées, puisqu'elles ont une teneur en métaux lourds plus faible que les cendres volantes (qui tombent dans les filtres de la cheminée). Il est techniquement assez facile d'éliminer les métaux lourds des cendres, mais comme pour l'instant ce service environnemental n'est pas rétribué, les cendres contaminées par les métaux lourds (essentiellement le cadmium) sont normalement versées dans les décharges.

3.9 Intérêts environnementaux

Les caractères extensif et pérenne du TCR lui confèrent plusieurs avantages environnementaux majeurs par rapport à des cultures annuelles mais pas par rapport à des taillis pérennes.

3.9.1 Qualité de l'eau

Le TCR permet de diminuer sensiblement l'azote minéral dans le sol et ainsi le risque de lessivage d'azote en profondeur et pourrait donc contribuer à protéger des nappes phréatiques ou des zones de captage d'eau souterraine (le risque de lessivage est quasiment nul).

Ils peuvent aussi permettre de traiter des eaux résiduaires et ainsi limiter les risques de pollution des nappes et des rivières par l'azote notamment.

Les exportations annuelles par le bois de saules sur la base de 10 TMS sont d'environ 63 unités d'azote, 21 unités de phosphore et 59 unités de potasse par ha. Pour éviter tout excès, la composition des apports de matière organique doivent donc se rapprocher de ce profil. Il est constaté généralement un excès en phosphore dans les apports de matière organique comparativement au potentiel de prélèvement des saules.

Tableau 7 : Equilibre en éléments minéraux selon les types d'effluents apportés

Traitement de lixiviats prétraités de décharge (1 100 m ³ /ha de mai à novembre)	Forte teneur en sodium, risque de salinisation. Excès de potassium. Forte DCO, effluent très difficilement biodégradable
Eaux usées pré-traitées par lagunage d'une usine de transformation de poisson (4300 m ³ de mars à novembre)	Fort excès en phosphore et potassium
Traitement des effluents de lagune (commune de 150 équivalents habitants) – 1300 m ³ de mai à novembre	Très bon équilibre entre les apports et les prélèvements
Traitements des boues liquides de station d'épuration	Fort excès en phosphore et déficit en potassium

Aux exportations d'azote par la biomasse peut s'ajouter le phénomène de dénitrification en cas de création de zones hydromorphes avec l'irrigation.

3.9.2 Quantité d'eau

La consommation d'eau doit être comparée avec celle de la culture substituée. Ces cultures ne sont généralement pas irriguées. L'impact final va dépendre du bilan hydrique du bassin.

3.9.3 Protection contre l'érosion et fertilité des sols

Le TCR peut contribuer à limiter l'érosion des sols si il est implanté sur des terrains à risque et si il se substitue à une terre labourable.

La végétation intercepte la pluie, ralentit les écoulements et filtre les matières en suspension. De plus les débris végétaux en surface jouent le rôle d'une éponge. Enfin, le système racinaire structure le sol, permettant ainsi la stabilisation des berges le long des cours d'eau par exemple, tout en réduisant l'érosion par les eaux de ruissellement.

Cultivé en bande, le TCR forme une zone tampon entre d'une part des cultures traditionnelles annuelles et d'autre part des zones d'intérêt biologique (cours d'eau, forêt,...).

En cas d'apports de matière organique, il n'y a pas de risques d'épuisement des sols en éléments minéraux. En l'absence d'apport, il est nécessaire de suivre l'évolution des sols en potasse. Un recyclage des cendres des chaufferies est un élément positif.

Le TCR peut aussi offrir une opportunité pour la réhabilitation de sites d'activités économiques désaffectés mais on sort alors du champ agricole.

3.9.4 Biodiversité

Son intérêt pour la biodiversité reste globalement limité. Mais le TCR de saules peut constituer une infrastructure agro-écologique (IAE) contemporaine favorable à la biodiversité, notamment dans des zones peu boisées ou pour contribuer à la constitution de corridors. Pour cela il serait nécessaire de diversifier les essences et d'avoir une gestion différenciée des coupes dans le temps et dans l'espace. Ce type d'infrastructure ne peut se substituer à la haie qui constitue une IAE plus pérenne et plus diversifiée.

Des études menées en Angleterre ont enregistré plus de 30 espèces animales différentes habitant le TCR ou fréquentant celui-ci depuis les zones boisées adjacentes. En effet, le caractère pérenne du taillis assure aux espèces résidentes (grives, mésanges, pinson, ...) un garde-manger durant l'hiver, une aire de repos pour les oiseaux migrateurs ainsi qu'un endroit de nidification (ETSU, 1996). Mais le TCR ne doit toutefois pas être implanté dans des zones protégées à haute valeur écologique. Le risque pour la biodiversité dans ces zones est d'autant plus grand que ce sont justement celles qui pourraient convenir au TCR (humidité, rentabilité agricole moindre). Il faut également noter que le TCR reste une culture monospécifique. Elle présente moins d'avantages pour la biodiversité qu'une haie diversifiée ou qu'une forêt. Toutefois, le taillis en tant que culture énergétique est une alternative aux cultures agricoles et non un boisement de terres agricoles. Il doit donc se comparer avec les cultures agricoles substituées et non avec une forêt.

3.9.5 Bilan énergétique et bilan carbone

Les bilans énergétiques des TCR sont beaucoup plus favorables que les cultures utilisées pour la production de biocarburant. 12 tMS équivaut à 5,3 tep/ha/an, soit une réduction de 20 t CO₂/ha/an. Le bilan énergétique est estimé entre 20 et 30 (F. Goor et al., 2000), entre 17 et 28 (Aile, 2008). Les postes de consommation énergétique les plus importants sont la récolte (broyage compris, les apports de fertilisants et le transport régional. Les coûts énergétiques de transport représentent environ 5% des émissions totales. Une fertilisation organique contribue à améliorer le bilan.

3.9.6 Stockage du carbone et réduction des émissions de GES

La réalisation d'un boisement contribue à stocker du carbone (on parle de puit de carbone) et à éviter des émissions. On parle du triptyque vertueux « 3S » : séquestration du carbone en forêt (sol, litière, arbre), séquestration du carbone dans le bois (stockage bois longue durée, stockage bois courte durée, stock bois décharge) et par substitution d'énergie fossile et de matière.

3.9.7 Paysage

Le taillis est cultivé en ligne, à haute densité, et ses tiges peuvent atteindre 5 à 7 mètres de hauteur en troisième année de croissance. Il peut donc modifier les perspectives paysagères : positivement, par une rupture de la vue dans des paysages ouverts, mais aussi négativement, en masquant le paysage de zones plus vallonnées. Cependant, une conception raisonnée des plantations peut réduire leur impact négatif sur le paysage. Par exemple, l'échelonnement de la plantation sur plusieurs années fournit une variété de classe d'âge qui diversifie l'aspect visuel de la plantation. Cela permet d'éviter une disparition totale

et subite de la végétation aérienne du taillis sur l'ensemble de la plantation. L'implantation du TTCR doit donc se faire à certaines conditions (maintien du paysage et de la visibilité), avec d'autant plus de précautions dans des zones protégées. Dans des pays comme l'Angleterre et le Danemark, des recommandations fixent les limites de taille de plantation du taillis.

3.10 L'exemple du programme Life Environnement Wilwater

Le programme Wilwater animé par l'association bretonne AILE s'est déroulé entre 2004 et 2007 et avait pour but de démontrer l'intérêt épuratoire de la culture du saule en taillis à très courte rotation ainsi que l'intérêt économique et environnementale de cette filière épuratoire.

Ce projet a pris en compte les acquis du programme suédois et a établi des partenariats scientifiques avec l'INRA et l'Université catholique de Louvain. Il s'est aussi appuyé sur un programme expérimental (1998-2001) animé par AILE sur 13 ha de plantation de TTCR de saules répartis sur 10 sites bretons ainsi que la plantation de 5 ha (2002-2006) sur la commune de Pleyber-Christ, avec tests d'épandage de boues liquides en lien avec un projet de chaufferie bois.

Dans le cadre du projet **Wilwater, 100 nouveaux hectares de plantation ont été implantés sur 18 sites** couvrant différentes problématiques d'épuration de l'eau et associés à une valorisation énergétique :

- Valorisation des boues de station d'épuration par épandage (l'épandage peut se faire la première et la seconde année après plantation ou coupe).
- Traitement tertiaire des eaux usées par irrigation (réseau enterré au pied des saules).
- Protection de périmètre de captage d'eau potable.

En Bretagne, le rejet d'effluents de station d'épuration dans le milieu naturel est souvent interdit ou limité certaines périodes de l'année (période d'étiage). Un traitement tertiaire est donc le plus souvent nécessaire. C'est dans ce contexte particulier que le TTCR de saule prend tout son intérêt en tant qu'alternative technique pour ce traitement tertiaire. La fertirrigation du taillis est donc envisageable de mars à octobre, période d'étiage des rivières mais aussi période où la demande du saule en eau et en éléments minéraux est maximale. Un essai de traitement secondaire (en remplacement d'un lagunage) a été réalisé dans la Manche, mais cette technique n'est pas reconnue par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

Cet objectif de traitement des eaux usées et d'épandage de boues a été couplé au programme de développement régional de bois énergie 2007-2013 qui vise à augmenter la production de bois déchiqueté de 100 000 tonnes (soit 27 500 tep économisées) pour une puissance installée supplémentaire de 100 MW. Il existe aujourd'hui en Bretagne, 3 plates-formes d'approvisionnement de bois déchiqueté, 157 chaudières individuelles à plaquettes et 96 chaudières installées dans des collectivités et les industries pour une puissance installée de 93 MW.

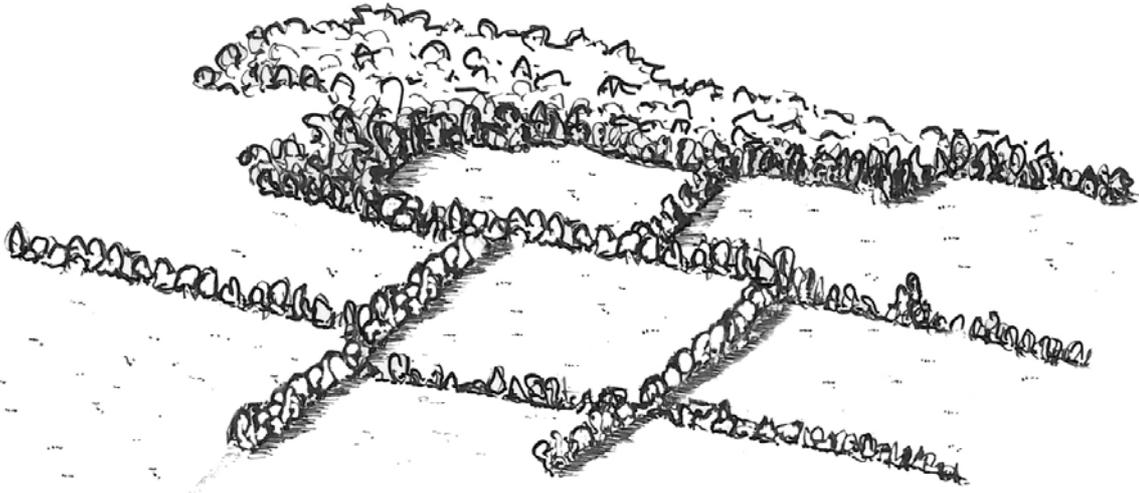
Aujourd'hui, l'essentiel du bois déchiqueté consommé provient des déchets de première et seconde transformation du bois (59%), les rebuts de bois (33%), les plaquettes forestières et bocagères, les déchets verts et les TCR représentant moins de 7%. Ces dernières ressources sont cependant celles qui offrent le plus grand gisement pour demain, les déchets de bois et les produits connexes arrivant à saturation.

3.11 Synthèse des effets environnementaux

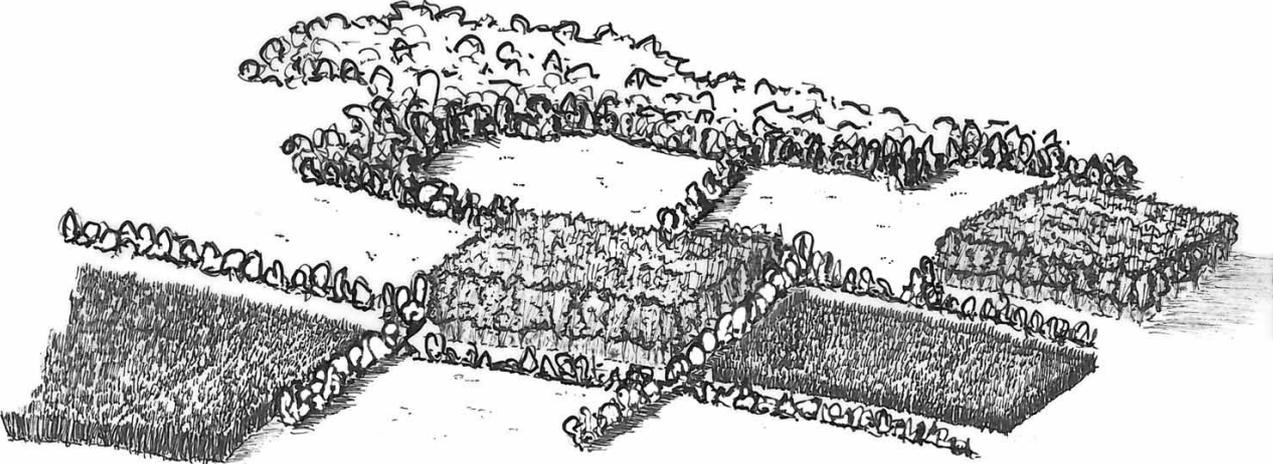
Table 8: Effets potentiels sur l'environnement des TCR

Facteurs environnementaux	Plantation à petite échelle sur des zones agricoles intensives	Plantation à grande échelle sur des zones agricoles intensives	Plantation à petite échelle sur des zones agricoles extensives	Plantation à grande échelle sur des zones agricoles extensives
Conservation des sols	Positif	Positif	Positif (si on ne remplace pas des prairies)	Positif (si on ne remplace pas des prairies)
Qualité de l'eau	Positif si on ne remplace pas des prairies, ripisylves ou des milieux humides	Généralement positif si on ne remplace pas des prairies, ripisylves ou des milieux humides	Plutôt positif si on ne remplace pas des prairies, ripisylves ou des milieux humides	Plutôt positif si on ne remplace pas des prairies, ripisylves ou des milieux humides
Quantité d'eau	Risque faible.	Risque important si augmentation des prélèvements d'eau	Risque faible	Risque important si augmentation des prélèvements d'eau
Biodiversité	Plutôt positif si on ne remplace des milieux naturels	Positif à faiblement négatif si on ne remplace des milieux naturels	Neutre à très négatif (remplacement de milieux naturels)	Plutôt négatif à très négatif (remplacement de milieux naturels)
Paysage	Plutôt positif	Plus négatif que positif	Neutre à légèrement négatif	Généralement négatif

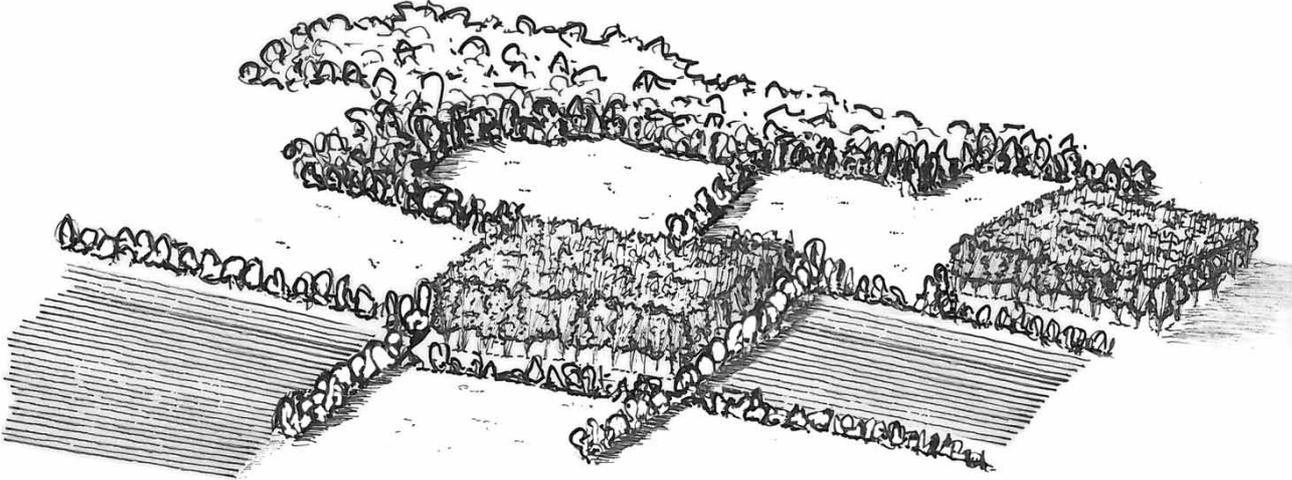
Comparaison TTCR / Miscanthus dans un contexte bocager



Avant



Été



Hiver

4 Les nouvelles cultures énergétiques

4.1 Définition des « nouvelles » cultures énergétiques

On entend par nouvelles cultures énergétiques, des plantes récoltées annuellement dont la finalité première est la production d'énergie, et qui sont actuellement en phase de test ou de pré-développement. N'entrent donc pas dans cette catégorie les cultures traditionnelles (blé, betterave, maïs grain, colza, tournesol) utilisées pour la production d'éthanol ou de diester.

Trois plantes ont été retenues et étudiées dans le cadre de cette étude. Le Miscanthus, le Reed Canary Grass et le Switchgrass. Seul le Miscanthus dont le développement est le plus avancé, sera étudié en détail.

Ces plantes sont actuellement brûlées, après séchage au champ, dans des chaudières pour la production de chaleur ou en co-production chaleur/électricité.

Ces plantes peuvent potentiellement avoir d'autres débouchés en particulier dans la production de biomatériaux, de pâtes à papier ou de matière première pour l'industrie chimique (bioraffinerie) et demain seront peut-être à la base d'agrocarburants de seconde génération.

La culture de ces nouvelles plantes est affichée dans les politiques énergétiques de certains pays européens : Miscanthus au Royaume-Uni, Phalaris en Finlande. Ces cultures ont fait l'objet de plusieurs programmes de recherche européens principalement centrés sur la sélection variétale, la chaîne de récolte et la valorisation énergétique.

4.2 Le Miscanthus

4.2.1 La Plante

Le Miscanthus, appelé aussi roseau de Chine ou herbe à éléphant, est une plante originaire des steppes d'Asie centrale qui a été introduit en Europe il y a 50 ans comme plante ornementale. C'est une plante ligneuse (diamètre = 10 mm) à l'image du bambou ou de la canne à sucre, pérenne et qui fait des réserves dans des rhizomes qui assurent sa propagation. Plante en C4, elle est donc plutôt adaptée au climat chaud et possède un potentiel de croissance important. La variété utilisée en agriculture est un clone hybride et stérile (*Miscanthus sinensis spp giganteus*). Sa pérennité est d'au moins 15 ans. Sa taille atteint 2,5 à 3,5 mètres de haut.

4.2.2 Situation actuelle de la filière

Sa culture est encore peu développée en France (environ 200 ha). Elle est surtout développée à grande échelle depuis 1990 au **Royaume-Uni** où elle occupe aujourd'hui plus de **20 000 ha** (dont 5.500 ha dans les East Midlands). Elle est aussi étudiée en Allemagne, en Suisse et au Danemark.

Plusieurs programmes de recherche européens ont été consacrés à cette plante :

- FAIR1-CT92-0294 « conditions de production » (1990 – 1996)
- FAIR-CT96-1707 « action concertée sur le miscanthus » (1994-98) suivi d'une publication « *Miscanthus pour la production d'énergie et de cellulose* »
- FAIR-CT96-1392 « amélioration génétique »

Les certificats anglais d'électricité verte : les ROCs (Renewable Obligation Certificates)

Depuis avril 2002, les fournisseurs d'électricité en Angleterre ont obligation de fournir 6,9% de leur production en renouvelable. Et chaque année ce taux s'accroît. Il sera de 10% en 2010 pour atteindre 20% en 2020. Les compagnies reçoivent 1 ROC par MWh d'électricité verte produite. Ceux qui produisent plus de ROC que leur obligation peuvent les revendre. Le prix est actuellement de 40 livres/ROC.

Actuellement les centrales électriques anglaises importent 95% de leur biomasse. La demande en biomasse devrait passer dans l'East Midlands de 300 000 t aujourd'hui à 2 MT en 2010, correspondant à une surface d'environ 200 000 ha.

En France, cette culture a été expérimentée entre 1995 et 2005. Elle entre aujourd'hui en phase commerciale. Cependant **la surface implantée fin 2008 ne dépasse pas 300 ha.**

Trois projets de taille ont été relevés concernant l'utilisation de Miscanthus dans des usines de déshydratation :

- le projet de la coopérative COOPEDOM en Ile et Vilaine ;
- le projet de l'usine coopérative du Vexin (UCDV) pour déshydrater de la luzerne et des pulpes de betteraves (avec un soutien du Conseil général de l'Eure) ;
- Le projet de la coopérative EUROLUZ dans les Ardennes pour la déshydratation de 130.000 T luzerne en substitution à du charbon.

Les expérimentations menées en France :

- 55 ha implantés en **Ile et Vilaine** en 2007 par la coopérative COOPEDOM pour remplacer une partie du charbon de l'usine de deshydratation de luzerne (Jacques Lebrun à Domagné).
- 40 ha implantés en 2004 en Bretagne (Bannalec dans le **Finistère**) par la société Bical Energy avec une première récolte en 2006 (rendement de 12,5T/ha) valorisée dans une cimenterie.

- Expérimentation à Voves en **Eure et Loir**.

- 10 ha implantés en **Seine et Marne** en avril 2007 (Philippe Vier à Château-landon).

- Quelques ha en **Moselle** et en **Alsace** (Hubert Muller à Liebenswiller – 0,4 ha en 1993 – 4 ha avec ses collègues).

- Parcelles expérimentales à l'INRA d'Estrées-Mons dans la **Somme** (4,5 ha d'essai) et l'Université de Lille (techniques culturales et génétique), mais aussi avec l'Université d'Amiens et la société Bical.

- Programme REGIX (14 ha implantés sur 31 microparcelles) : GDA Nord Ouest Touraine : 6 ha essais dans l'**Indre** (projet REGIX).

- 10 ha implantés dans le Nord de l'**Indre et Loire** (secteur de Château-Renault) : Chambre d'agriculture.

- 50 ha implantés dans le Vexin (**Eure**) avec un objectif de 400 ha d'ici 2010

- 150 ha implantés avec 50 ha de TCR de saules à Pauvres (**Ardennes**) par EUROLUZ

- 10 ha plantés à Noyelles Godault (**Pas-de-Calais**) sur l'ancien site de Metaleurop (voir ci-après).

Un exemple de valorisation de friches industrielles et de terres polluées:

6 ha de *Miscanthus* ont été implantés par la communauté d'agglomération d'**Hénin-Carvin**, sur les terres agricoles polluées par l'ex fonderie Metaleurop Nord à Noyelles-Godault, fermée en 2003. La première récolte de *Miscanthus* interviendra en février 2010. Le groupe Sita, chargé de dépolluer le site Metaleurop, veut installer une centrale à biomasse d'ici 2010-2011. La société achèterait donc les *Miscanthus* pour les brûler et en faire de l'énergie. Il faudra aussi vérifier que le *Miscanthus* n'est pas chargé en métaux lourds, pour que sa combustion ne soit pas synonyme de pollution. Si le test est concluant, les plantations de *Miscanthus* pourraient s'étendre.

Un essai est aussi réalisé dans le secteur de **Carrières sous Poissy** (à côté d'Achères) par la Chambre d'agriculture d'Ile-de-France sur un plateau enclavé pollué par l'épandage ancien des boues d'Achères et où la production alimentaire est interdite. Plusieurs plantes sont testées sur des microparcelles dont le *Miscanthus*. Mais l'impossibilité d'irriguer sur ces terrains sableux limite la production.

4.2.3 Description

Le *Miscanthus* est planté au printemps. La première année, et souvent la seconde, la pousse est insuffisante pour envisager une récolte. La croissance démarre généralement en mars avec une forte croissance en juin et juillet. La plante se dessèche à la fin de l'automne et les nutriments migrent progressivement vers le rhizome. Les feuilles tombent permettant un recyclage des éléments minéraux. Les cannes peuvent être récoltées en hiver ou au début du printemps. Elles se sont alors en partie desséchées jusqu'à un taux d'humidité variant de 30 à 50%.

La plante est tolérante à grand nombre de sols (PH de 5,5 à 7,5) de même qu'à la température, mais elle préfère les terres riches en humus et tolère peu les sols hydromorphes. Elle continue de croître jusqu'à un minimum de 6°, ce qui est par exemple beaucoup plus bas que le maïs, permettant ainsi une durée de croissance plus importante.

La pluviométrie et la disponibilité en eau affectent comme pour la plupart des plantes le rendement. Le rendement est donc abaissé en cas de sécheresse. Cette plante serait donc plus adaptée dans le nord de la France (750-800 mm de pluie).

Le matériel classique de plantation de pomme de terre peut-être utilisé (10 000 à 15 000 rhizomes par ha), mais il existe des planteuses spécifiques développées au Royaume-Uni permettant de planter 10 à 20 ha par jour. La récolte peut s'effectuer par une ensileuse ou par fauchage et bottelage en round-baller.

Actuellement, il n'y a aucune maladie reconnue en Europe. Deux chenilles se nourrissant principalement sur les rhizomes pourraient cependant à terme occasionner des dégâts. L'usage d'herbicides (glyphosate) est nécessaire les deux premières années pour contrôler les mauvaises herbes et permettre un bon développement de la plante. Une fois la plante installée, celle-ci est suffisamment compétitive face aux mauvaises herbes.

Les besoins en fertilisants sont faibles dans la mesure où la biomasse exportée (tiges) contient peu d'éléments minéraux (ceux-ci sont stockés dans les feuilles et les rhizomes).

Une étude anglaise menée durant 13 années a montré que le rendement du Miscanthus ne répondait pas à l'azote. Il est préconisé pour un rendement de 14 t : 63 kg N, 14 kg de P et 102 kg de K (étude Agrice, 1998). Cependant ces besoins doivent être plus faibles dans la mesure où ils correspondent aux tiges et aux feuilles (ces dernières n'étant pas exportées). Ces besoins peuvent être aussi couverts par des engrais de ferme.

On peut au final considérer que cette plante est économe en intrants.

La production atteint à partir de la troisième année entre 10 à 20 tMS par hectare. Elle est en moyenne de **14 tonnes** au Royaume-Uni. Le PCI est de 4 700 kWh/t.

Le retour sur investissement serait de 7 ans (prix 92 €/t). Selon Bical, les marges brutes seraient de 900 à 1 100 €/ha.

4.2.4 Soutien public

Le Miscanthus peut bénéficier de l'ACE si un contrat est signé avec un utilisateur.

Situation au Royaume-Uni :	
<i>Le Miscanthus est soutenu à côté des TCR par le Ministère de l'agriculture (DEFRA) dans le cadre du « Energy Crops Scheme » (ECS), inclus dans le plan de développement rural 2000-2006 et reconduit pour 2007-2013. L'aide à l'investissement est de 40%.</i>	
<i>La plante doit être utilisée dans une chaufferie. L'autoconsommation est permise.</i>	
<i>La taille minimum du projet est de 3 ha avec une taille minimale de parcelle de 0,5 ha.</i>	
<i>Chaque projet peut faire l'objet d'une évaluation environnementale et pendant 5 ans d'un agrément de la part de Nature England.</i>	
<i>Les plantations ne sont pas autorisées sur les terres communales. Sur ou à côté des sites protégés (Sites of Special Scientific Interest (SSSIs) Scheduled Monuments (SMs), Local Nature Reserves, National Nature Reserves, Registered Battlefields, Special Areas of Conservation (SAC), Special Protection Areas (SPA), World Heritage Sites and Ramsar sites, une autorisation est nécessaire.</i>	

Les points étudiés lors de l'étude d'impact qui peut être demandée au Royaume-Uni sont les suivants :

Population	Effets sur le voisinage : maison d'habitation, ombrage, obstruction de vue, effet sur les routes (visibilité, ...), accès aux engins.
Biodiversité	Impact de la plantation sur les habitats adjacents. Comment reconsidérer la plantation pour ne pas affecter la biodiversité.
Monuments historiques	Impact sur les monuments historiques, les sites archéologiques, les éléments du paysage.
Accès	Nécessaire pour les engins utilisés pour la récolte.
Sol	Terres assurant un rendement minimum. Bilan des usages passés.
Récréation	Impact sur le droit d'accès aux parcelles. Impact sur les parcelles adjacentes.
Utilisation du sol et paysage	Impact de la plantation sur le paysage.
Eau, drainage	Impact sur la ressource en eau et sa qualité.

4.2.5 Les impacts environnementaux

4.2.5.1 Ressources en eau

L'accès à la ressource en eau est bien sûr un facteur important du rendement. Le rendement étant élevé, la plante est donc consommatrice d'eau. La plante peut l'extraire l'eau jusqu'à 2 m de profondeur. De plus en été, en cas de pluie, une partie de l'eau interceptée par les feuilles (20-30%) et évaporée et n'atteint pas le sol.

Mais cette plante valorise aussi très bien l'eau (efficacité MS/eau consommée). Le Miscanthus n'est pas irrigué.

Il est important de maintenir une zone tampon d'au moins 3 mètres par rapport à un cours d'eau. Cette zone pouvant être portée à 20 mètres selon l'importance du cours d'eau. Cette zone tampon est aussi bénéfique pour la biodiversité et indispensable pour le passage des engins.

Les risques de pollution de l'eau par les pesticides et les nitrates sont très limités du fait de leur faible usage. Il est aussi possible de remplacer le désherbage chimique nécessaire les deux premières années par un désherbage mécanique (herse étrille).

4.2.5.2 Protection du sol

L'impact sur le sol est limité. De part son caractère pérenne, le Miscanthus assure une bonne protection des sols contre les risques d'érosion.

Cependant, il est impératif d'effectuer la récolte dans de bonnes conditions (sols ressuyés) pour éviter tout tassement du sol.

4.2.5.3 Protection de la biodiversité

Les possibilités de propagation dans les bordures du champ de cette plante non native (alien) sont très limitées du fait des faibles possibilités de propagation de ses rhizomes.

Il est indispensable que les plantations ne s'effectuent pas sur des sites sensibles (prairies humides) ou dans des sites pouvant affecter le maintien de certaines espèces.

Il est important de maintenir une zone tampon d'au moins 3 mètres vis-à-vis des bordures ou d'une haie.

En hiver la plante constitue un couvert potentiel pour la faune de plaine.

4.2.5.4 Occupation de l'espace

Comme toutes les cultures énergétiques, cette plante entre en compétition directement avec les cultures alimentaires et d'une façon plus prononcée du fait qu'elle ne peut être utilisée dans l'alimentation et qu'elle est pérenne.

Même si il existe une possibilité de réversibilité plus importante que pour un TCR (destruction des rhizomes moins coûteuse qu'un dessouchage), les coûts d'implantation rendent un changement d'usage coûteux avant amortissement de la plantation. La plante peut être détruite facilement par un herbicide et par un travail du sol.

Ces cultures pourraient être implantées sur des sites pollués. Elle est aussi adaptée pour recevoir et recycler les boues de STEP.

4.2.5.5 Impact sur le paysage

L'impact local sur le paysage est important dans la mesure où comparativement aux cultures traditionnelles, cette plante pérenne n'entre pas dans les rotations céréalières et reste donc pendant 15-20 ans à la même place. De plus sa hauteur (3-4 m) est beaucoup plus élevée que les grandes cultures.

Le choix des parcelles est déterminant dans la mesure où cette culture va constituer un mur végétal de 3 mètres de haut durant une grande partie de l'année.

Il est donc nécessaire de considérer :

- la gêne procurée aux propriétés avoisinantes,
- la présence de chemins,
- les sites ouvrant des perspectives de vue.

4.2.6 Conclusion

Table 9: Effets potentiels sur l'environnement du *Miscanthus*

Facteurs environnementaux	Plantation à petite échelle sur des zones agricoles intensives	Plantation à grande échelle sur des zones agricoles intensives	Plantation à petite échelle sur des zones agricoles extensives	Plantation à grande échelle sur des zones agricoles extensives
Conservation des sols	Neutre à positif	Neutre à positif	Positif (si on ne remplace pas des prairies)	Neutre à négatif (si on ne remplace pas des prairies)
Qualité de l'eau	Neutre à positif	Généralement positif	Plutôt positif (si on ne remplace pas des prairies)	Neutre à négatif (conversion de prairies)
Quantité d'eau	Neutre à risque faible d'abaissement de la nappe	Risque important d'abaissement de la nappe	Risque faible d'abaissement de la nappe	Risque important d'abaissement de la nappe
Biodiversité	Plutôt positif	Positif à faiblement négatif	Neutre à négatif	Plutôt négatif
Paysage	Neutre	Plus négatif que positif	Neutre à légèrement négatif	Généralement négatif

4.2.7 Les points à étudier

Aucune étude de terrain n'a réellement été réalisée à ce jour pour étudier l'impact environnemental de cette culture, du fait aussi des faibles surfaces implantées. Sur quelques sites où cette culture s'implante, il serait nécessaire de suivre la consommation d'intrants en lien avec les rendements, l'usage précédent du sol agricole, l'utilisation de la parcelle par la faune locale, les incidences paysagères et la perception de cette nouvelle culture par les habitants.

4.3 Le Phalaris (Reed Canary Grass)

4.3.1 La Plante

La Reed Canary Grass (*Phalaris Arundinaceae*) est une plante pérenne, native dans le Nord de l'Europe et de l'Amérique. Elle est présente le long des lacs et des cours d'eau et dans les zones humides. **Elle est donc adaptée aux milieux humides.** Sa hauteur atteint 2 m.

Elle est considérée aux USA comme invasive notamment le long des fossés et provoque de l'envasement. Son contrôle est particulièrement difficile. Elle présente peu d'intérêt en termes de biodiversité. Elle a été aussi utilisée pour contrôler l'érosion.

La plante est utilisée comme fourrage mais ses fibres peuvent servir soit à la production de pâte à papier, soit à la production d'énergie. La durée de plantation est estimée à 12-15 ans.

La production maximale atteint 8 à 10 tMS/ha. Si la récolte s'opère en fin d'hiver, la teneur en eau n'est plus que 10% mais les pertes de MS sont estimées à 30% auxquelles se rajoutent des pertes de récolte (20%). Le rendement net est donc plus proche de 5-6 t et n'est atteint qu'au bout de la troisième année. Une récolte tardive permet aux éléments minéraux de migrer dans les rhizomes. Le pouvoir calorifique est de 4,5 MWh/t MS. Les niveaux de fertilisation sont faibles.

Les matériels de récolte traditionnels peuvent être utilisés. La plante est soit fauchée et récoltée en balles rondes, soit ensilée. La première année, il est nécessaire de désherber pour éviter la concurrence des autres herbes.

Répartition des coûts en Finlande :

- Préparation du terrain 10%
- Fertilisation 19%
- Récolte 26%
- Transport 15%
- Autres charges de structure 31%

Les coûts de transport sont élevés dus à la faible densité de la plante. 15 km de la centrale constitue l'optimum.

Le bilan énergétique (input/output) est estimé à 0,078 (soit un rapport de 1 à 18) .



Récolte de Phalaris en Finlande (Photo : Timo Lötjönen)



4.3.2 Situation actuelle de la filière

En France, la plante n'a été cultivée qu'à titre expérimental dans le cadre de projet de recherche.

Cette plante a fait l'objet d'un programme européen de recherche concerté (AIR3-CT94-2465) sur les itinéraires de production en 1990-1996.

En Finlande **17 000 ha** été implantés en 2006, notamment via un des producteurs d'énergie comme la société productrice d'énergie VAPO. L'objectif est de cultiver 75 000 ha en 2010.

Le phalaris est cultivé sur les tourbières en fin d'exploitation comme moyen de réaménagement (avec un potentiel de 1 500 ha par an) et pour traiter les écoulements des tourbières en exploitation (avec un potentiel de 50 000 ha). L'abattement peut-être de 72 à 90% des particules solides et des nutriments.

La récolte est brûlée dans des centrales thermiques en mélange à hauteur de 5 à 15% avec de la tourbe, des déchets de bois et des plaquettes forestières.

Mille hectares ont été implantés en Suède dans le cadre du gel obligatoire des terres et la culture démarre en Estonie.

4.3.3 Enjeux environnementaux

Peu de références sont actuellement disponibles sur les conséquences environnementales de la culture de cette plante.

Comme le miscanthus, elle nécessite peu d'intrants et apparaît résistante aux maladies.

Un des risques est lié à sa forte capacité de développement dans les zones humides.

4.4 Le switchgrass

Le Switchgrass (*Panicum virgatum*) est une plante pérenne en C4 native des plaines du *Middle-West* d'Amérique du Nord, utilisée traditionnellement comme fourrage. Il s'agit d'une plante prairiale poussant sur des terres marginales qui est utilisée aussi dans la lutte contre l'érosion aux USA du fait de son très fort enracinement. Elle peut atteindre 2 m de haut. La récolte se fait au moyen d'une moissonneuse ou d'une ensileuse.

Des essais sont en cours dans plusieurs pays européens. Elle a fait l'objet d'un programme européen de recherche (FAIR-CT97-3701 -1998-2001) où 3,5 ha ont été implantés dans 20 parcelles (Royaume-Uni, Pays-Bas, Italie, Grèce). Les rendements ont varié de 9 à 25 t MS.

60 ha ont été implantés depuis 2006 en Indre et Loire (voir encadré).

La plante peut-être liquéfiée, gazéifiée ou brûlée.

Ses avantages sont :

- son faible coût d'installation (semis),
- sa tolérance au froid,
- son niveau de production élevé avec des bas niveaux d'intrants,
- son utilisation comme fourrage,
- sa faible capacité de dissémination (les graines ne sont pas viables en France).

Exemple : le projet de la Chambre d'agriculture d'Indre et Loire.

La principale action en France est menée par la Chambre d'agriculture d'Indre et Loire dans le nord du département en relation avec 39 agriculteurs regroupés au sein d'une SARL.

60 ha de switchgrass ont été implantés depuis 2006 à côté de 10 ha de miscanthus implantés en 2003.

L'objectif de ce projet s'inscrit dans une démarche d'agriculture durable engagée depuis 2002 visant à retrouver de la valeur ajoutée sur les exploitations agricoles. Le choix a été fait d'étudier la faisabilité technique, écologique et économique des nouvelles cultures énergétiques sur les terres marginales (actuellement entrant dans le gel des terres) sans fertilisation et sans irrigation. Le choix s'est porté principalement sur le switchgrass qui offre plus de débouchés que le miscanthus (valorisable uniquement en énergie) comme le paillage et surtout le fourrage. La première récolte aura lieu en 2009. Un objectif de 12 T de MS par hectare est recherché. Une étude d'impact sur l'entomofaune (carabe essentiellement) a été réalisée. Les résultats seront bientôt disponibles. Actuellement aucun débouché énergétique n'est acquis, l'utilisation de la production dans une chaufferie de la ville de Tours n'ayant pu se concrétiser.

5 Haie et agroforesterie

5.1 La haie et le bocage

5.1.1 Situation

Le linéaire de haies en France est passé de 1 244 110 km à 707 605 km entre les deux premiers cycles de l'inventaire IFN séparés de 12 ans, soit une perte d'environ 45 000 km de haie par an entre 1975 et 1987 (Pointereau, 2001).

Ce recul est confirmé par l'enquête Teruti⁴ : sur la période 1982-1990, les surfaces de haies (hors arbres des haies) ont diminué de 5% par an, et de 14% si on prend en compte les arbres des haies et hors haies. Cependant, Teruti montre que la diminution des haies et arbres épars est plus faible ces dernières années, (-8% par an entre 1991 et 2000). On est passé d'une perte de 14 000 ha par an pour les haies et arbres épars entre 1982 et 1990 à 9 000 ha par an entre 1991 et 2000. Il apparaît aussi clairement que les arbres épars sont plus menacés que les haies. La situation sur la dernière décennie (2000-2009) reste confuse du fait des changements opérés dans les méthodes d'échantillonnage (IFN et TERUTI/Luas).

Les plantations de haies, financées par les programmes des collectivités territoriales et de l'Etat (CTE, CAD...), seraient stables depuis plus de 10 ans et représenteraient environ 2 500 km de haies par an (SOLAGRO, 1997).

5.1.2 Biomasse et production d'énergie

Il est très difficile de quantifier la production de bois à partir des haies en absence de données statistiques nationales.

Les enquêtes auprès des acteurs locaux (chambres d'agriculture, FDCUMA, association de planteurs de haies...) indiquent les points suivants :

1. Productivité des haies

Le niveau de productivité des haies est très variable selon le type de haies, l'historique de la gestion de la haie, et les essences qui la compose (en lien avec les conditions pédoclimatiques locales). Les haies de taillis ou de têtards sont les plus productives (18-20 et jusqu'à 30 map/km/an). Les haies arborées avec cépées ont des productivités intermédiaires (environ 15 map/km/an), supérieures à celles des haies de futaie (environ 10 map/km/an). Les haies arbustives productives ont une productivité encore plus faible (5 à 9 map/km/an). Ces données moyennes mesurées dans l'Ouest et le Nord de la France peuvent être nettement inférieures ailleurs.

En rappelant toutes les difficultés et les limites liées de l'estimation de la ressource ligneuse dans le bocage, une première évaluation⁵ menée à partir des linéaires de haies de l'IFN⁶

⁴ L'enquête utilisation du territoire (TERUTI) réalisée chaque année par le SCEES recense les différentes utilisations du sol en France, dont les haies.

⁵ Evaluation de la biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie. Etude nationale menée par l'IFN, le CTBA et SOLAGRO, pour l'ADEME. 2009. En cours.

(nouvelle méthode) évalue la disponibilité brute annuelle de biomasse bocagère en France à quelques 3,6 millions de m³ de bois plein, dont 2,4 millions de m³/an sous la forme de bûches.

Cette évaluation de la disponibilité brute annuelle est supérieure aux 2,8 millions de m³ estimée par Pointereau (2001).

Cette disponibilité supérieure résulte des objectifs de l'étude IFN portant sur l'évaluation d'un gisement potentiel à horizon 2020-2030. Ce potentiel considère que les haies seront gérées selon des modes sylvicoles (recépage...) efficaces et optimum du point de vue de la production de bois énergie.

Or, on constate depuis plusieurs années que :

- les haies sont généralement gérées par de simples tailles latérales fréquentes (tous les ans à l'épareuse, tous les 2-3 ans au lamier à scie) visant à contenir l'emprise de la haie au sol. Le menu bois ainsi produit est difficilement valorisable, y compris en bois plaquettes pour des raisons techniques (formation de queues de déchetage dans les chaufferies), et est donc broyé ou brûlé sur place.
- les cycles actuels d'exploitation du bois des haies, idéalement tous les 12 à 20 ans, se sont significativement rallongés (20 à 30 ans), et que certaines haies ne font même plus l'objet d'interventions sylvicoles depuis plus de 30 ou 35 ans. Il en résulte un vieillissement du patrimoine arboré qui se traduit par une baisse de la productivité dans les haies.

2. Utilisation du bois de haie

- Le bois bûche est le principal usage du bois prélevé dans les haies, mais il est impossible de préciser localement les quantités exploitées. Cette filière ne peut être approchée que par des données nationales avec une méthode indirecte d'estimation des besoins de chauffage (études CEREN).
- La filière de bois déchiqueté issue des haies se développe au fur et à mesure de l'installation de chaudières individuelles et collectives automatiques. Cette dynamique est particulièrement forte dans le grand Ouest, mais les volumes restent encore faibles au regard du potentiel (environ 10 000 à 15 000 t/an dans les 3 régions du grand Ouest).
- La production de bois d'œuvre est minime du fait du faible intérêt des scieries pour débiter des arbres dispersés. D'après les opérateurs locaux, on peut donc faire l'hypothèse que le bois d'œuvre représente moins de 5% du bois prélevé dans les haies.

3. Taux de prélèvement du bois dans les haies

Le prélèvement sous forme de bois énergie n'est pas connu, et doit être approché de manière indirecte.

Le SCEES (enquête « Structures » de 1997) a estimé l'autoconsommation de bois des haies par les agriculteurs à 1,7 million de m³/an. Cette ressource représente 39% du bois exploité dans les exploitations agricoles.

En reprenant la valeur de 2,8 millions de m³/an produit par les haies, l'autoconsommation de bois de haie par les agriculteurs ne représenterait qu'environ les 2/3 de l'accroissement annuel actuel ; ce qui implique une capitalisation du bois sur pied significative.

⁶ Cette méthode d'inventaire (par photo interprétation) corrigé par relevés de terrain donne un linéaire de 748 200 km de haies arborées et 129 000 km de haies non arborées, soit 877 200 km.

Or, au cours des 20 dernières années, la part du bois dans le panel énergétique des agriculteurs semble avoir chuté dans les exploitations agricoles, et le nombre d'agriculteurs a aussi fortement baissé. L'accroissement de la SAU moyenne des exploitations, les conditions techniques et le contexte économique de l'énergie n'ont pas été de nature à encourager la commercialisation de bois des haies par les agriculteurs. On peut affirmer que le taux de valorisation du bois de haie sous forme énergétique est encore inférieur au niveau de 1997.

5.1.3 Disponibilité supplémentaire totale

La généralisation des pratiques sylvicoles de gestion dans les haies productives (scénario réalisable dans des conditions technico-économiques et sociales acceptables compte tenu du renchérissement probable du bois énergie à l'avenir), et du développement des filières de bois déchiqueté (permettant de valoriser le menu bois qui représente 35% du bois produit), **la ressource disponible supplémentaire totale est estimée environ 1,8 million de m³ de bois** par rapport à la récolte actuelle.

5.1.4 Actions de replantation

En Picardie, en particulier dans la Somme, des agriculteurs envisagent de créer des maillages bocagers composés de taillis à vocation énergétique composés de une ou plusieurs bandes. Ces projets s'apparentent aux haies de taillis sur 3 bandes développées au Danemark comme brise-vent.

Les 2 500 km de haies nouvelles annuelles représentent un gisement nouveau complémentaire de 25 000 MAP/an (base : 10 MAP/km en raison de leur bon entretien et de l'absence de discontinuité – trouées), soit 12 500 m³ de bois plein supplémentaires par an. Cependant il n'est pas certain que le linéaire s'accroisse. La destruction de haies reste toujours d'actualité.

Dans le cadre d'un objectif de maintien d'un minimum d'IAE sur les exploitations il serait nécessaire de replanter (SOLAGRO, 2007) :

- 9 200 ha de haies (pour un objectif de 5% d'IAE dans la SAU) ou 33 400 ha (pour un objectif de 7% d'IAE dans la SAU) .
- 2 300 ha d'agroforesterie (pour un objectif de 5% d'IAE dans la SAU) ou 7 800 ha (pour un objectif de 7% d'IAE dans la SAU).

5.1.4.1 Cadre réglementaire

La haie est aujourd'hui intégrée au concept de bande végétalisée (bande enherbée et/ou boisée), un nouveau concept qui a pris son essor dans le cadre de la conditionnalité des aides mis en œuvre à partir de 2005. Le cahier des charges de cette mesure dépend du dispositif (BCAE, MAE ou Directive nitrate) et a varié dans le temps. La plantation de haies est soutenue par les conseils généraux et régionaux et dans le cadre des MAE (mesure 0501 du PDRN). Son entretien est soutenu principalement au travers de la MAE LINEA_01 (86 €/100 m dans le PDRH). 7 M€ par an y ont été consacrés entre 2000 et 2006 dans le cadre du PDRN. Les collectivités locales contribuent à l'achat de lamiers, de broyeurs et de chaudières à bois déchiqueté.

Dans le cadre de la conditionnalité des aides PAC (BCAE), les agriculteurs doivent mettre en place depuis 2005 une surface minimale en couvert environnemental, égale à 3% de la surface en céréales, en oléoprotéagineux, lin, chanvre et gel de l'exploitation (SCOP). Ce couvert environnemental doit être localisé prioritairement et obligatoirement le long des cours

d'eau sous forme de bandes enherbées. Ces couverts d'une largeur minimale de 5 m et de 10 m maximum ne doivent être ni fertilisés, ni traités. Les surfaces en haies sont comptabilisées dans les 3%. Jusqu'en 2007, la haie contribuait à atteindre uniquement la largeur minimale de 5 m en bord de cours d'eau, mais n'était pas pris en compte dans l'obligation de 3% de BCAE. Elle l'est depuis 2008. Ce qui va se traduire par une meilleure protection des haies mais une moindre implantation des couverts végétaux.

Les arrêtés préfectoraux du 3^{ème} programme de la directive nitrate **recommandent** la mise en place d'une bande végétalisée le long des berges des cours d'eau compris dans l'exploitation hors linéaire déjà bordé d'une ripisylve. Cette mesure sera certainement reprise fin 2009 dans le cadre des 4^{ème} programmes. Il est généralement conseillé de récolter la biomasse produite de façon à exporter l'azote fixé par cette bande végétalisée. En effet, depuis la suppression du gel des terres, plus rien ne justifie l'interdiction de récolter l'herbe produite.

La haie est aussi prise en compte dans les surfaces de biodiversité dont un minimum de surface conditionne le versement de la PHAE2.

5.1.5 Enjeux environnementaux

Les intérêts environnementaux des haies et du bocage sont bien connus et ont fait l'objet de nombreuses études en France et à l'étranger.

Les haies perpendiculaires à la pente limitent l'érosion des sols en piégeant les particules solides et facilitent l'infiltration au détriment du ruissellement. L'enracinement profond des arbres permet aussi de recycler une partie de l'azote lessivé et de le restituer (recycler) à la surface du sol à l'automne au travers des feuilles qui piègent l'azote dans leurs pigments bruns. Elle contribue aussi à la lutte biologique par conservation et gestion des habitats. Dans les zones ventées, elles jouent un rôle de brise-vent et protègent les cultures notamment fruitières et maraîchères.

La bande végétalisée agit comme une **zone tampon** entre la parcelle limitrophe et son bassin versant et le cours d'eau. Les bandes enherbées ou boisées présentent plusieurs bénéfices vis-à-vis de la pollution de l'eau, mais également de l'érosion des sols et de l'eutrophisation.

Elles limitent les risques de pollutions ponctuelles directes dans les cours d'eau en éloignant la rampe de l'épandeur d'engrais, de fumier ou lisier, ainsi que du pulvérisateur lors de traitements phytosanitaires.

Ces zones jouent un rôle hydrique dans les territoires où les écoulements latéraux sont significatifs (ruissellement) et non dans ceux où l'infiltration verticale vers les nappes domine largement. Elles ralentissent donc le transfert des molécules qui ont une circulation préférentielle par ruissellement comme les substances phytosanitaires, le phosphore (essentiellement adsorbé sur les particules du sol) ou d'autres matières en suspension ou substances dissoutes dans l'eau. Elles favorisent aussi la dégradation des molécules interceptées grâce à l'activité microbienne présente dans les premiers horizons du sol.

Les nitrates ont une circulation préférentielle subsuperficielle et verticale, ils sont donc peu ralentis ou peu absorbés par les zones végétalisées.

Aussi, en limitant les pertes d'azote et de phosphore, les bandes boisées et enherbées permettent de limiter l'eutrophisation des cours d'eau et à leur embouchure, des estuaires et des eaux marines, en particulier dans les baies.

Tableau 10 : Effets environnementaux de la haie

Maintien de la biodiversité	Très important : les haies constituent un habitat diversifié, à la fois un lieu de nidification, d'abri et de nourriture pour de nombreuses espèces sauvages et en particulier les insectes pollinisateurs. Rôle tampon entre le champ et la rivière et de corridor. Une largeur suffisante et des connections renforcent cette fonction.
Protection des sols contre l'érosion	Dépend de sa localisation dans le talweg. Très important en particulier dans les sols en pente et si la haie est perpendiculaire. En amont dans le talweg la haie facilite l'infiltration de l'eau et le piégeage des sédiments. Le long des cours d'eau elle sert juste à piéger les éléments. Rôle de protection des berges.
Réduction de la pollution par les pesticides	La haie ne fait pas l'objet de traitement phytocides. Elle sert de zone tampon vis-à-vis des cours d'eau lors de traitements des parcelles limitrophes et matérialise la ZNT. Les bandes végétalisées sont des zones aussi où les matières actives peuvent être dégradées. La haie constitue une infrastructure agro-écologique favorable aux insectes auxiliaires.
Ressource en eau	L'effet brise-vent dans les périmètres irrigués permet de limiter l'évapotranspiration et d'économiser environ 10% d'eau.
Réduction de la pollution par le phosphore	Effet important en piégeant les particules et en particulier le phosphore.
Réduction des gaz à effet de serre (stockage de carbone)	Important grâce au stockage dans le bois des arbres et à la constitution d'humus sous la haie.
Qualité du paysage	Selon les essences qui la composent et la manière dont elle est gérée, la haie constitue un élément paysager et identitaire important

La naturalité, l'ancienneté et la diversité d'une haie confèrent à cette « production » introduite et gérée par les agriculteurs, des atouts environnementaux très importants.

5.2 L'agroforesterie

5.2.1 Définition

L'agroforesterie consiste en l'association simultanée sur une même surface d'une production arborée et d'une production agricole.

Les arbres peuvent être destinés à la production de bois d'œuvre, de fruits, ou à double fin (p.e. : noyer, poirier...).

On peut distinguer deux formes d'agroforesterie :

- l'agrisylviculture qui associe sur la parcelle des arbres et une culture ;
- le sylvopastoralisme qui combine les arbres à une pâture ou une production à vocation fourragère.

5.2.2 Etat des lieux

En France, la forme plus développée est le pré-verger (150 000 ha d'après TERUTI 2004). Cette agroforesterie traditionnelle est en perte de vitesse constante, mais reste encore un maillon important de la filière cidricole en Normandie et une production identitaire de petits territoires (mirabelliers de Lorraine, cerisiers de Fougerolles, poiriers de Savoie et Haute-Savoie, ...).

Les nuciculteurs de l'Isère pratiquent, depuis très longtemps, une agroforesterie transitoire en implantant les noyers dans les cultures. Au bout de 5 à 6 ans, quand le développement des arbres nuit à la culture, la parcelle est alors enherbée (sans valorisation de l'herbe).

Le programme national de développement de l'agroforesterie a permis de planter des parcelles agroforestières contemporaines dans plus de 20 départements. Il fait suite à un programme de recherche SAFE (*Silvoarable Agroforestry For Europe*) mené par l'INRA de Montpellier entre 2001 et 2005.

Les plantations agroforestières de feuillus sur prairies représentent 600 ha (120 agriculteurs), 350 ha avec cultures intercalaires (90 agriculteurs), 400 ha au sein du réseau expérimental national (45 agriculteurs) et 500 à 1 000 ha chez des particuliers. La surface totale de l'agroforesterie contemporaine représenterait donc 1 800 à 2 300 ha (Association française d'agroforesterie, 2009).

5.2.3 Cadre réglementaire et soutien public

Les parcelles agroforestières conservent leur statut agricole et restent éligibles à la plupart des aides agricoles classiques. La circulaire DGPEI/SPM/C2007-4021 du 3 avril 2007 précise que la parcelle où la densité est inférieure ou égale à 50 arbres par hectare bénéficient de l'intégralité des aides couplées et découplées. Au-delà, seule la surface intercalaire réellement cultivée est éligible. Toutefois, les parcelles portant une culture fourragère peuvent admettre une densité supérieure d'arbres forestiers, fixée par arrêté préfectoral, lorsque les raisons écologiques et environnementales déterminées par cet arrêté le justifient. L'obtention de ce statut agricole permet d'activer les Droits à paiement unique (DPU) sur les surfaces correspondantes.

L'agroforesterie fait l'objet d'un article spécifique du règlement rural N° 1698/2008 (article 44) qui devrait être activé en France en 2010 par le PDRH.

5.2.4 Environnement

5.2.4.1 Protection des sols

Les arbres ont un rôle protecteur pour les cultures intercalaires (fixation des sols) ou pour les animaux (effet brise-vent, abri du soleil, de la pluie).

La diminution de l'ensoleillement sous le houppier des arbres, la circulation plus lente des masses d'air et une humidité supérieure de l'air (apportée par les arbres) se combinent pour réduire l'évapotranspiration des cultures. Cet intérêt est particulièrement perceptible et bénéfique pour la culture en période de sécheresse estivale.

5.2.4.2 Qualité des eaux

Quand les arbres ne sont pas trop espacés, il se crée un maillage racinaire en profondeur

sous la culture. Ce réseau intercepte une partie des éléments nutritifs lixivés ou drainés (azote...) à l'origine de la pollution des eaux. L'effet d'une plantation agroforestière de 50 arbres/ha, soit un houppier couvrant 30% de la surface, peut freiner de manière significative, voire supprimer, la lixiviation y compris sur des sols profonds et filtrants.

L'agroforesterie permet donc de **protéger les sols et les eaux**, en particulier dans les périmètres sensibles (nappes de surface, écoulements hypodermiques, zones sensibles à l'érosion).

5.2.4.3 Arbre et carbone

Les arbres agroforestiers contribuent à un apport de carbone additionnel provenant d'une part du bois des arbres, et d'autre part de la matière organique incorporée au sol. Cette dernière provient de la litière constituée par les feuilles mortes et les menues branches tombées au sol, et des racines mortes.

En raison de l'activité microbienne réduite dans les horizons profonds, le carbone apporté au sol par les racines des arbres est stocké durablement.

5.2.4.4 Biodiversité

Tout comme les haies, ces actions associées aux effets d'une bande enherbée au pied des arbres permettent une amélioration de la biodiversité, notamment par l'abondance des effets de corridor (amélioration cynégétique, en favorisant l'habitat du gibier, protection intégrée des cultures par l'association avec des arbres choisis pour stimuler des populations d'hyperparasites -parasites des parasites- des cultures).

Des travaux de recherche sont en cours pour évaluer les impacts sur la faune auxiliaire.

La microfaune et la microflore des sols sont stimulées par les réseaux des racines des arbres qui permettent des mycorhizes (champignons symbiotiques...).

5.2.4.5 Paysage

Les parcelles agroforestières concourent à la création de paysages originaux, attractifs, ouverts, favorables aux activités récréatives. Ce potentiel paysager est porteur de symboles forts et favorables à l'image de marque des agriculteurs dans la société, en particulier dans les territoires très peu boisés, ou dans les milieux très boisés pour les parcelles obtenues par éclaircies de boisements existants.

Le bien être animal peut-être aussi générateur de nouveaux paysages comme le développement du poulet élevé en plein air. D'ici à 2020, les objectifs de développement de la production de volailles en plein air devrait mobiliser 200 000 ha de prairies en France. Afin d'inciter les volailles à explorer les prairies, il convient d'implanter des espaces arborés. Le taillis ou le taillis sous futaie semble être le plus favorable à la dissémination des volailles. Des systèmes agroforestiers peuvent donc constituer une bonne opportunité pour la production de bois énergie.

5.2.5 Biomasse et énergie

Les arbres agroforestiers ont une croissance en diamètre supérieure à celle des arbres forestiers, conduisant à des arbres ayant une biomasse égale deux à trois fois celle d'un arbre forestier.

Ceci s'explique en partie par la disponibilité supérieure des nutriments azotés dans les sols agricoles, comparativement aux sols forestiers.

Des arbres de haute tige à faible densité (par exemple, 33 m x 6 m ou 24 m x 12-15 m) à finalité de production de bois d'œuvre sont l'option classique et privilégiée dans les scénarios économiques des parcelles mises en place actuellement.

Les essences privilégiées en agroforesterie moderne sont les fruitiers (merisiers, noyers,

châtaigniers, pommiers, poiriers, cormiers...) et les bois précieux (chênes, érables...).

La production de bois d'œuvre en agroforesterie est de l'ordre de 50 m³/ha de bois au terme du cycle de production (50 ans en noyer).

En prenant comme référence la production de bois mesurée dans les vergers de noyers de plein vent de l'Isère (6 à 8 MAP/ha tous les 3 ans – base : 1 MAP=250 kg de bois sec à 25% d'humidité), les 2 000 ha de parcelles agroforestières contemporaines implantées à ce jour représenterait donc un gisement annuel de 1 000 à 1 300 tonnes de bois sec par an.

Il est possible d'envisager une agroforesterie à finalité énergétique, qui consiste en la création de bandes boisées (sur un rang) conduites en taillis. Selon le choix de l'espèce et des conditions pédoclimatiques locales, les cycles de taille pourraient varier de 7-8 ans (type TCR) à 3-4 ans (TTCR). Ce type d'agroforesterie n'est pas développé actuellement.

5.3 Conclusion

Haie, agroforesterie et TCR constituent des aménagements agroforestiers complémentaires. Le choix de l'une ou de l'autre des pratiques va dépendre des objectifs de l'agriculteur et des enjeux environnementaux locaux.

Le TCR exclut toute production agricole, tandis que l'agroforesterie cherche à combiner les deux au sein de la parcelle. La haie se cantonne autour de la parcelle. Le TCR vise la production de bois énergie tandis que l'agroforesterie recherche avant tout une production de bois d'œuvre de qualité. La haie privilégie la multifonctionnalité.

6 Le biogaz agricole

6.1 Situation actuelle de la filière

6.1.1 Le biogaz en France

La production d'énergie primaire de biogaz représentait en 2007 309 200 tep en France en hausse de 3,7% par rapport à 2006. Les stations d'épuration urbaines et industrielles et les centres d'enfouissement représentent 99% de cette production. Les 1% restant correspondent à 5 unités de méthanisation des déchets et 8 petites unités de méthanisation à la ferme (capacité de traitement inférieure à 50 000 T).



Digesteur du GAEC du Château (Ardennes)

6.1.2 Comparaison avec l'Allemagne

En Allemagne la production de biogaz est 8 fois plus importante avec une part du biogaz agricole à la ferme (**plus de 4 000 unités**) représentant 71%. Les digesteurs fermiers sont majoritairement alimentés par des cultures énergétiques, essentiellement du maïs ensilage. 150 000 ha de maïs seraient consacrés à cette fin. Le prix d'achat de l'électricité est de l'ordre de 20 ct€/kWh variable en fonction des différents bonus.

6.1.3 Le biogaz agricole

Il existe en France aujourd'hui 8 installations agricoles en fonctionnement et l'ADEME recense près de 200 projets à des stades d'avancement divers.

La méthanisation agricole se développe selon deux voies :

- La méthanisation « à la ferme » : il s'agit de projets portés par des agriculteurs, seuls ou en groupements de type GAEC par exemple. Le projet est adossé à l'exploitation agricole, les matières traitées sont en priorité les déjections d'élevage de l'exploitation et le digestat est épandu sur les terres de l'exploitation.
- La méthanisation « territoriale » : il s'agit de projets portés par des entreprises, parfois à la demande de groupes d'agriculteurs, parfois sur l'initiative propre de développeurs. La méthanisation territoriale consiste à rassembler les substrats méthanisables d'un territoire – déjections d'élevage et déchets agro-alimentaires en priorité – et de gérer la valorisation agronomique du digestat à l'échelle du territoire.

La méthanisation à la ferme ou « individuelle » concerne en général des petits projets - typiquement entre 50 et 300 kW électriques - , tandis que la méthanisation territoriale ou « collective » concerne des projets plus importants, de l'ordre du mégawatt électrique. Cependant il existe des projets individuels de forte puissance (projet METELEC, dans le Puy de Dôme) et des projets collectifs de moyenne puissance (CUMA de Danzé, Loir-et-Cher).

La quasi-totalité de ces projets sont des projets de co-digestion, mais la proportion entre les déjections d'élevage et les déchets agro-alimentaires peut être très variable. De la même façon qu'il n'existe pas vraiment de frontière entre les projets « individuels » et les projets « collectifs », il n'existe pas non plus de frontière entre les projets « agricoles » et les unités de méthanisation de agro-alimentaires.

On pourrait considérer, comme d'autres activités développés par les agriculteurs (tourisme) qu'un seuil de 50% de sous-produit agricoles conditionne le côté agricole de l'installation.

En France, il n'existe pas de prime aux cultures énergétiques, et cette voie n'est pas privilégiée. En revanche, des réflexions sont en cours pour intégrer des cultures énergétiques non concurrentes avec des usages alimentaires, par exemple des cultures dérobées ou des CIPAN, voir des bandes enherbées.

Les matières généralement utilisées en méthanisation agricole sont en grande majorité les déjections d'élevage (lisiers, fumiers, fientes) et les déchets agro-alimentaires. S'y ajoutent des résidus de culture, du foin non utilisé, de l'herbe, des déchets végétaux (tontes, feuilles), et exceptionnellement des boues de station d'épuration. Les impacts environnementaux diffèrent selon le type de matière considéré.

6.2 Estimation du potentiel de développement

La méthanisation agricole a été évoquée à la fois dans le COMOP 15 (agriculture productive et écologique) et le COMOP 10 (énergies renouvelables). Une perspective d'un millier d'installations de méthanisation agricole a été évoquée en 2013.

La quantité totale de déjections d'élevage en France (fumier, lisier, fientes) dépasse 20 millions de tonnes de matière sèche. La productivité étant de l'ordre de 200 à 250 m³ de méthane par tonne de matière sèche, le potentiel énergétique est de l'ordre de 4 à 5 Mtep⁷. Les résidus de culture disponibles pour la méthanisation représentent une quantité équivalente, voire supérieure. En ajoutant les déchets agroalimentaires, on peut estimer que

⁷ Correspondances : 1 tep = 1200 m³ de méthane ; si le biogaz est converti en électricité, 1 Mtep primaire est équivalent à une puissance électrique installée de 600 MW et une production électrique de 4 TWh.

le potentiel total dépasse 12 Mtep, ce qui correspond au tiers de la consommation actuelle de gaz naturel. Le potentiel à 10 ans n'est pas limité par la ressource.

La vitesse de développement de la filière est conditionnée principalement par les contraintes économiques et administratives.

La méthanisation agricole étant une filière émergente, les prévisions de développement ne peuvent pas être fiables.

Si l'on se réfère à nouveau à l'exemple allemand, la première phase du développement du biogaz agricole, basée principalement sur les déjections d'élevage et les déchets agro-alimentaires, a vu la réalisation d'un millier d'installations en 10 ans, totalisant 250 MW électriques⁸. La seconde phase, basée sur les cultures énergétiques, a vu le nombre d'installations passer en quelques années à plus de 4 000 pour une puissance électrique installée de plus de 1 200 MW.

Le chiffre de 1 000 installations d'ici 2013 évoqué au COMOP 15 est à considérer comme un objectif en terme de nombre de projets, leur mise en service effective pouvant s'étaler sur plusieurs années.

6.3 Soutien public

6.3.1 L'arrêté tarifaire biogaz stimule la valorisation électrique

L'arrêté du 10 juillet 2006 a défini un prix d'achat de l'électricité produite à partir du biogaz de digesteur comportant une rémunération de base de 9,5 et 11 ct€/kWh (selon la puissance électrique) et une prime à l'efficacité énergétique pouvant atteindre 3 ct€.

Avant ce tarif, les contrats de vente des installations existantes étaient basés sur le tarif « 36 kVA », ou négociés avec EDF.

Ce tarif d'achat s'avère cependant insuffisant pour assurer le développement de la filière. Une étude⁹ a été lancée par le MAP et l'ADEME pour analyser les conditions de rentabilité des installations de biogaz agricole.

6.3.2 L'injection du biogaz sur le réseau public de gaz naturel

L'avis rendu par l'Agence française pour la sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) en octobre 2008 concernant les risques sanitaires liés à l'injection du biogaz épuré sur le réseau public de gaz naturel lève le principal obstacle à cette filière. Une concertation est en cours, organisée par le MEEDDAT, entre les acteurs : industrie du gaz, professionnels du biogaz, administration, collectivités locales. Il est envisagé de mettre en place un dispositif de soutien au gaz renouvelable inspiré du dispositif de soutien qui s'applique à l'électricité renouvelable.

L'injection réseau ouvre par ailleurs la voie au biogaz carburant.

⁸ En Allemagne, le rythme de construction dépassait les 300 MW électriques par an ces dernières années : le paramètre limitant n'est donc pas la capacité de réponse des constructeurs et de l'industrie.

⁹ « expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale pilotée par SOLAGRO avec EREP, PSPC, ECOFYS et PERIG, démarrée en janvier 2009

6.3.3 L'encadrement administratif et réglementaire

Le guide pratique « Cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage », édité par l'ADEME et le MEEDDAT en Août 2008, offre une vision large et assez exhaustive du cadre réglementaire.

Plusieurs mesures sont en cours pour adapter les procédures administratives et harmoniser la politique des différents services de l'état. Notamment une rubrique « installation classée pour la protection de l'environnement » (ICPE) spécifique à la méthanisation est en cours d'adoption. D'autres questions apparaissent régulièrement, au gré de l'instruction des projets.

Le bonus allemand pour l'entretien du paysage

Il existe un bonus de 2 ct€/kWh, si on introduit dans le digesteur plus de 50% d'herbe fauchée provenant de l'entretien du paysage et des espaces protégés et pouvant être difficilement être valorisée comme fourrage. Ce bonus est valable pour les installations de moins de 500 kWe. La proportion de ces matières est soumise à vérification par une personne habilitée.

6.4 Exemples

Exemple 1 : Le GAEC Oudet à Clavy-Warby (Ardennes) produit 400.000 l de lait sur 188 ha. La production de biogaz a démarré en janvier 2005 après 3 ans d'étude. Le digesteur de 600 m³ reçoit les lisiers. L'installation est munie d'une génératrice d'électricité de 30 kW. La production d'énergie en un an a été 210 500 kWh et l'équivalent de 9 000 litres de fioul sous forme de chaleur. Investissement 200 K€ subventionné à 60%.

Exemple 2 : Le GAEC du Bois-Joly en Vendée produit du biogaz depuis juin 2008 à partir de 600 tonnes de lisier et de fumier de lapin, 400 t de fumier de vache et 400 t de fumier de l'exploitation voisine. La production électrique attendue est de 225 000 kWh/an.



Digesteurs du GAEC du Bois Joly

Exemple 3 : L'Abbaye de Tamié en Savoie a installé un méthaniseur en 2003 pour traiter les eaux blanches et le lactosérum. Il produit 700 kWh par jour (256 000 kWh annuels). L'investissement a été de 255 000 €.

Exemple 4 : Unité de méthanisation Biogasyll aux herbiers en Vendée qui a démarré en avril 2008. Elle valorise du lisier de canard et les boues de station de l'abattoir Euralis.

Exemple 5 : L'exploitation de Francis Claude Pierre à Mignéville en Lorraine munie d'un digesteur de 235 m³ produit du biogaz depuis 2003 à partir du lisier de 150 vaches. Puissance électrique 21 kW et thermique 42 kW. Investissement 160 000 €.

6.5 Les impacts environnementaux (effets à court et moyen terme)

6.5.1 Les impacts agronomiques de la méthanisation

❖ Conservation du potentiel humique

Lors du processus de méthanisation, les matières organiques biodégradables (cellulose, lipides, protéines...) sont transformées en biogaz, tandis que les matières organiques lentement biodégradables (notamment la lignine) ne sont pas attaquées par les populations microbiologiques présentes dans un digesteur.

Le potentiel humique des matières entrées en digestion n'est donc pas diminué, dans la mesure où celui-ci est lié à la teneur en lignine. Dans les grandes lignes, la méthanisation agit sur les matières organiques de manière analogue à l'étape thermophile du compostage : il s'agit d'une phase de décomposition et de rupture des chaînes carbonées, et de minéralisation de la matière organique. Le digestat frais présente des propriétés analogues, du point de vue humique, à celles d'un compost frais, non mûré.

Sur certaines installations, la fraction solide du digestat (obtenue par centrifugation ou tamisage) est ensuite compostée par mélange avec des matériaux ligneux. En réalité le digestat subit alors une maturation, c'est-à-dire que les chaînes carbonées se recombinent et se réorganisent, dans des conditions microbiologiques et de température radicalement différentes de celles d'un digesteur. Le produit ainsi obtenu est similaire à un compost stable. La maturation ou « post-compostage » du digestat n'est pas une étape obligatoire. Le choix d'y recourir ou non dépend de la demande locale entre compost mûr et compost ou digestat frais.

❖ Evolution des formes de l'azote

La minéralisation des protéines conduit à la formation préférentielle d'azote minéral, **sous la forme d'ammoniac** compte tenu du caractère réducteur et d'absence d'oxygène dans le digesteur. L'azote total est conservé, d'où un enrichissement relatif du digestat en ammoniac et un appauvrissement en azote organique.

L'azote ammoniacal est plus facilement assimilable par les plantes. L'agriculteur peut ainsi potentiellement mieux ajuster la fertilisation aux besoins des plantes dans le cadre de son plan de fumure prévisionnel.

Par rapport à du lisier, cette évolution est peu significative, car le lisier est déjà riche en ammoniac. Il est néanmoins recommandé de limiter le risque accru de volatilisation de l'ammoniac lors du stockage et de l'épandage, en couvrant les fosses de stockage du digestat, **et en recourant à un épandage par pendillards ou par enfouisseur**. Ces pratiques sont recommandées indépendamment de la méthanisation, mais on constate que les projets de méthanisation offrent souvent l'opportunité de promouvoir ces systèmes, dans le cadre d'une approche plus globale d'optimisation de la fertilisation.

Les fumiers présentent au contraire une faible proportion initiale d'ammoniac. La méthanisation génère un produit contenant en premier ordre de grandeur autant d'ammoniac que d'azote organique, et plus pâteux (voire liquide) que le produit de départ. Pour donner une image, on peut avancer que la méthanisation transforme des fumiers en lisier, ce qui induit nécessairement des modifications substantielles dans la gestion de la fertilisation. L'utilisation du digestat doit alors se caler sur celle du lisier, avec notamment des apports au plus près des besoins de la plante, dans la mesure où la proportion d'azote immédiatement disponible est augmentée significativement. L'emploi du digestat est donc plus contraignant

que la gestion du fumier. Cependant, l'azote organique du fumier minéralise naturellement dans les sols, mais de manière non contrôlable. Le fait de convertir cet azote organique en azote minéral directement assimilable par les plantes permet d'optimiser la fertilisation par les fumiers en offrant une meilleure adéquation entre mise à disposition d'azote disponible et besoin des plantes.

La séparation de phase est parfois préconisée pour mieux tirer parti de ces potentialités. La fraction liquide est en effet plus riche en ammoniac (soluble) et peu de matières organiques, alors que la fraction solide contient les matières organiques résiduelles (dont l'azote organique). La fraction liquide se comporte comme un engrais liquide (disponibilité immédiate de l'azote) tandis que la fraction solide se comporte comme un amendement de fond, voire comme un compost si cette fraction a été mûrie.

❖ **Autres propriétés agronomiques**

Les odeurs du digestat sont nettement atténuées par rapport aux produits entrants du fait de la destruction dans le réacteur des matières organiques facilement dégradables responsables des nuisances olfactives, ce qui contribue à élargir les plages d'épandage (surfaces et période) et participe ainsi à améliorer la répartition de la charge azotée, et donc à réduire les pollutions azotées.

La méthanisation permet de réduire les germes pathogènes, ce qui rend possible les systèmes de gestion territoriale des déjections d'élevage, par suppression du risque de dissémination. La réduction des pathogènes est l'un des principaux points mis en avant au Danemark dans la politique de développement de la méthanisation collective, à partir du milieu des années 80, qui a été utilisée comme moyen de favoriser les systèmes de type « banque à lisier », c'est-à-dire de gestion territoriale des déjections d'élevage.

La méthanisation conserve également les autres minéraux (P et K).

6.5.2 Impacts sur l'eau

La méthanisation peut constituer un moyen particulièrement efficace de réduire la pollution des eaux par les excédents d'azote, dans la mesure où – si elle est correctement utilisée – elle permet de mieux gérer les engrais de fermes, et donc de réduire les excédents et les achats d'engrais minéraux. Cette hypothèse suppose que les agriculteurs qui méthanisent leurs déjections et leurs résidus de culture prennent conscience de leur valeur fertilisante. Elle reste à démontrer.

Par ailleurs, l'enlèvement des résidus de culture en vue de la méthanisation peut réduire les risques de maladie et donc le recours à certains produits phytosanitaires. Le fait de les digérer élimine la plupart des **agents pathogènes**. Signalons que la méthanisation réduit les concentrations en polluants organiques persistants dont les phytosanitaires grâce à certaines bactéries anaérobies capables de dégrader ces molécules (SOLAGRO, 1999).

Les impacts négatifs sur l'eau sont liés au risque de rupture des cuves de digestion, ce qui peut entraîner une pollution locale et ponctuelle. Il s'agit d'un risque de nature industrielle, qui pèse également sur les fosses à lisier. Il convient de s'assurer que la zone potentiellement impactée ne soit pas traversée par des cours d'eau ou soit protégée.

6.5.3 Impacts sur l'air

La méthanisation réduit les émissions de méthane liées au stockage des déjections d'élevage. Il convient cependant de veiller à limiter les fuites possibles de méthane sur l'installation de méthanisation proprement dite, grâce à la conception (fosses couvertes) et à la surveillance (détection de fuites).

Dans la mesure où la méthanisation contribue à améliorer le bilan d'azote (diminution des consommations d'une part et des pertes d'autre part), la volatilisation de l'ammoniac est globalement réduite. Pour les mêmes raisons, les émissions de protoxyde d'azote, liées à l'épandage et au lessivage des nitrates, sont également globalement réduites.

Les émissions atmosphériques liées à la combustion du biogaz sont réglementées (rubrique 2910B des Installations classées). Elles sont comparables aux émissions des moteurs à gaz classiques pour les émissions de NOx et de CO. Pour ce qui concerne les émissions de SOx, la teneur en soufre du biogaz est inférieure à celle du fioul. Les émissions atmosphériques ne présentent donc pas de problématique particulière par rapport aux combustibles fossiles.

6.5.4 Impacts sur la biodiversité

La production de biogaz a peu d'effets sur la biodiversité dans la mesure où elle ne modifie pas l'assolement et les pratiques culturales. Les impacts sur la biodiversité concernent l'épandage du digestat. Ils sont peu connus et a priori peu importants. Les rares études disponibles montrent une augmentation de l'activité des lombrics sur des sols ayant reçu un digestat. La faune du sol est logiquement modifiée de la même manière qu'elle s'adapte à des apports de fumier composté en substitution à du fumier frais.

À long terme, en cas d'utilisation massive de la méthanisation pour les résidus de culture, il subsiste des incertitudes sur l'effet de ces prélèvements. Le retour de ces résidus sous la forme de digestat conduira très certainement à une évolution de la faune et de la flore. Le risque d'appauvrissement n'est pas à exclure, mais celui-ci dépend très probablement des types de sols, de cultures, de pratiques, et des mesures compensatoires ou des recommandations qui pourront être formulées.

6.5.5 Impacts sur le sol

Les impacts sur le sol sont également liés au prélèvement accru de résidus de culture en vue de la méthanisation. L'enlèvement de cannes de maïs par exemple peut augmenter le risque d'érosion, d'où la nécessité de prévoir un couvert hivernal dans ce cas. Ces risques sont à considérer également dans leur contexte : ils sont moindres avec les pratiques de non labour et de techniques culturales simplifiées.

Dans les zones vulnérables (soit l'essentiel des zones de maïs grain), la récolte des cannes n'est possible que si une CIPAN est implantée.

6.5.6 Les cultures énergétiques et la méthanisation

La méthanisation des cultures énergétiques est la voie privilégiée en Allemagne depuis 2003. En France, celle filière ne fait pas l'objet de soutien public et ne se développe pas. Dans certains cas cependant, l'incorporation de cultures énergétiques permet d'améliorer le fonctionnement de l'installation : apport d'un matériau aisément digestible, possibilité de stockage (sous forme d'ensilage) de manière à assurer un régime constant d'alimentation du digesteur, utilisation de capacités sous-utilisées (par exemple en été lorsque la production de fumier diminue).

Les cultures énergétiques dédiées à la méthanisation posent les mêmes questions que les cultures dédiées aux biocarburants, en termes de concurrence d'usage des terres agricoles.

Cependant, il existe des spécificités liées au fait que la méthanisation peut transformer en énergie non seulement les réserves de la plante (sucres simples et lipides), mais également la cellulose. Le biogaz peut ainsi être considéré comme un carburant de « seconde génération » capable d'utiliser la plante entière (sauf la lignine).

En outre, la restitution intégrale des nutriments et de la valeur humique distingue la méthanisation des filières thermo-chimiques (par exemple combustion du miscanthus), où les nutriments volatiles (azote) et la matière humique sont dégradées.

Par ailleurs, la méthanisation peut s'envisager comme un moyen de valoriser économiquement la biomasse des bandes enherbées et des CIPAN : des travaux sont en cours concernant la faisabilité de méthaniser les CIPAN¹⁰. Par rapport à des CIPAN traditionnelles, l'intérêt de la méthanisation est d'exporter l'azote piégée dans les CIPAN et de la restituer par épandage du digestat, aux périodes propices. La fonction de piégeage de l'azote des CIPAN s'en trouverait ainsi largement renforcée. La méthanisation des bandes enherbées relève de la même problématique. L'exportation de la biomasse serait propice à une diversification de la flore.

D'une manière générale, la méthanisation pourrait être exploitée comme un moyen de transformer l'azote organique contenu dans les plantes en azote minéral (ammoniac). Il est aussi possible de transformer le digestat en granulés solides (projet Geotexia en Bretagne).

6.5.7 Les risques et la sécurité

Du fait de la présence de biogaz, une installation de méthanisation doit être conçue et exploitée de manière à maîtriser les risques d'incendie et d'explosion (dus au méthane), ainsi que de toxicité (dus principalement à la présence d'hydrogène sulfuré).

Ces questions ont été abordées lors de différentes études, notamment plusieurs études réalisées par l'Institut National de l'environnement industriel et des risques (INERIS). Un guide pratique destiné aux professionnels est en cours d'élaboration.

6.5.8 Cadre de vie et paysage

Une installation de méthanisation agricole est caractéristique et reconnaissable dans un paysage, mais il s'agit d'éléments de relativement faible dimension, ressemblant à des structures bâties de type fosses ou bâtiment. Les impacts visuels sont limités, d'autant que les ouvrages sont en général intégrés au corps de ferme.

Les installations collectives sont des unités de plus grande dimension, soit isolées, soit intégrées dans des espaces de type zone d'activité économiques. Dans le premier cas, leur aspect visuel rappelle celui des silos de stockage des coopératives agricoles. Le transport des matières (amenée des substrats vers l'usine, retour du digestat) génère des nuisances.

L'aspect le plus important en terme de qualité du cadre de vie est la diminution des odeurs des déjections, au stockage et surtout à l'épandage. La méthanisation atténue en effet les odeurs des déjections de manière spectaculaire.

¹⁰ La production moyenne d'une CIPAN est évaluée à 3 tMS/ha.

6.5.9 Synthèse sur les effets environnementaux

Table 11: Effets potentiels sur l'environnement du biogaz agricole

Facteurs environnementaux	Méthanisation à la ferme	Méthanisation territoriale combinée
Conservation des sols	Maintien du potentiel humique. Maintien de l'azote . Risque comme pour le lisier d'émission d'ammoniac (couverture des fosses). Conservation du P et K. En cas d'utilisation des résidus de culture moindre protection des sols (tige de maïs par exemple)	Restitution de la matière organique non agricoles (déchets agro-alimentaires)
Qualité de l'eau	Positif. Permet de mieux gérer l'azote. Risque potentiel de rupture de cuve	Généralement positif.
Quantité d'eau	Non concerné	Non concerné
Biodiversité	Effet neutre ou plutôt positif : augmentation de l'activité des lombrics. Effet non connu en cas d'utilisation continue des résidus de culture	Valorisation des tontes de pelouses facilitant l'exportation de cette biomasse
Paysage	Pas d'effet en dehors de la construction du bâtiment	Pas d'effet en dehors de la construction du bâtiment
Autres effets	Réduction des odeurs et des germes pathogènes	Idem. Suppression du risque de dissémination des germes en cas de traitement collectif des effluents.

6.5.10 Les points à étudier

- Confirmer que les agriculteurs qui méthanisent leurs déchets et leurs résidus de récolte opèrent une meilleure gestion de leur azote.
- Étudier les conséquences à moyen terme sur le taux d'humus des sols et leur fertilité de la méthanisation des déjections et des sous-produits de culture, comparativement à un stockage/épandage classique et à un broyage au champ des résidus
- Évaluer l'impact sur la biodiversité du prélèvement des résidus de culture par rapport à un broyage au champ.

7 Photovoltaïque



7.1 Définition

Le principe

Une cellule photovoltaïque (ou photopile ou cellule PV) est un composant électronique qui, exposé à la lumière (photons), génère de l'électricité. C'est *l'effet photovoltaïque*, découvert par Antoine Becquerel en 1839, qui est à l'origine du phénomène. Le courant obtenu est fonction de la lumière incidente ; il est continu.

Les cellules photovoltaïques se présentent généralement sous la forme de fines plaques carrées, d'une quinzaine à une vingtaine de centimètres de côté, d'une épaisseur actuellement de l'ordre de 0,2 millimètre, prises en sandwich entre deux contacts métalliques et protégées par une plaque de verre en face avant et un polymère (ou une autre plaque de verre de façon à assurer une semi-transparence) en face arrière.

Leur fabrication

Les cellules photovoltaïques les plus répandues sont constituées de semi-conducteurs, principalement à base de silicium (Si) et plus rarement d'autres semi-conducteurs en « couches minces » composés de plusieurs éléments: tellure de cadmium (CdTe), cuivre-indium-selenium (CIS), arsénure de gallium (GaAs), etc...

Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques. On l'obtient par réduction à partir de silice, le composé le plus abondant sur Terre mais qui existe sous forme combinée, et qui sert notamment à fabriquer le verre. Le silicium de qualité photovoltaïque doit être purifié jusqu'à plus de 99,999%.

Le silicium est produit sous forme de fines plaquettes de 200 micromètres (0,2 mm) d'épaisseur enrichies en éléments (P, As, Sb ou B - Phosphore, Arsenic, Antimoine ou

Bore) ; ces plaquettes incrustées de métal et reliées à des contacts électriques forment les cellules photovoltaïques.

Il peut aussi être utilisé en couche mince, sous forme de « silicium amorphe » (a-Si).

L'annexe 1 fournit des informations complémentaires.

Le potentiel de production

Pour les modules photovoltaïques intégrés en toiture, l'ADEME a évalué le potentiel photovoltaïque de constructions, ainsi que la production d'électricité correspondante pour les différentes zones climatiques.

La méthode est la suivante :

- Évaluation de la surface de toiture exposée au sud pour chaque typologie.
- Calcul de la puissance crête correspondante pour les 3 technologies de fabrication de modules photovoltaïques les plus courants actuellement (silicium amorphe, silicium multicristallin et silicium monocristallin).
- Simulation de la production annuelle pour les 3 zones climatiques en considérant que le pan de toiture utile est orienté plein sud sans ombrage notable et incliné de 30° par rapport au plan horizontal.

La puissance crête¹¹ d'une installation photovoltaïque dépend non seulement de la surface de modules mise en oeuvre, mais aussi de la technologie de fabrication des modules. La densité de puissance des 3 technologies de fabrication les plus rencontrées est donnée dans le tableau ci-dessous :

	Silicium amorphe	Silicium multicristallin	Silicium monocristallin
Densité de puissance [Wc/m ²]	60	100	120

Source : ADEME

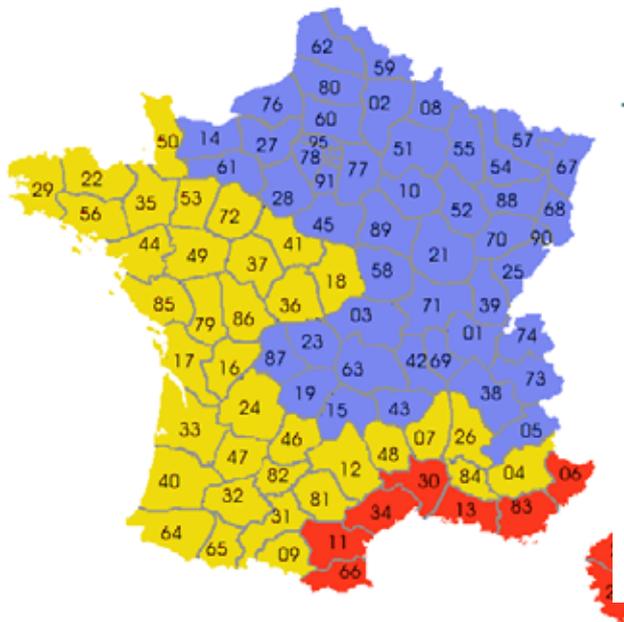
Sur Terre, l'énergie solaire moyenne en pleine exposition reçue par m² de panneaux exposés en plein soleil est de 1 kW. Le nombre d'heures d'équivalent pleine puissance (qui inclut le rayonnement direct et le rayonnement diffus, ainsi que l'albédo) concerne plus particulièrement le producteur d'électricité photovoltaïque. Pour la France, la production d'électricité annuelle en kWh varie de 900 kWh/kWc à Lille à 1450 à Nice.

1 kWc = 7-10 m ² de photopiles = ~1 000 à 1 300 kWh/an

¹¹ Cf. définition en annexe

Carte indiquant les trois zones d'hiver

en bleu, Zone H1
 en jaune, Zone H2
 en rouge, Zone H3



Zones climatiques déterminées pour la RT2005



	Production annuelle d'énergie électrique par kWc installé [kWh/kWc/an]
Zone H1	957
Zone H2	1 059
Zone H3	1 293

Source : ADEME

La production annuelle d'énergie électrique d'un système photovoltaïque orienté plein sud et incliné de 30° par rapport au plan horizontal pour chacune des zones Th-C est rappelée dans le tableau ci-dessous :

Ainsi un bâtiment de 100 m², dont la toiture mono-pan fait 115 m², a un potentiel de production annuelle (en kWh/an), selon sa position en France et selon le système utilisé, qui varie environ de 2 à 3, avec un différence de 35% entre le nord et le sud.

Production annuelle (en kWh/an)	Toiture réalisée à partir de silicium amorphe	Toiture réalisée à partir de silicium polycristallin	Toiture réalisée à partir de silicium monocristallin
Zone H1	6 603	11 006	13 207
Zone H2	7 307	12 179	14 614
Zone H3	8 922	14 870	17 843

Source : ADEME

Deux cas de figure

Les panneaux photovoltaïques peuvent être situés :

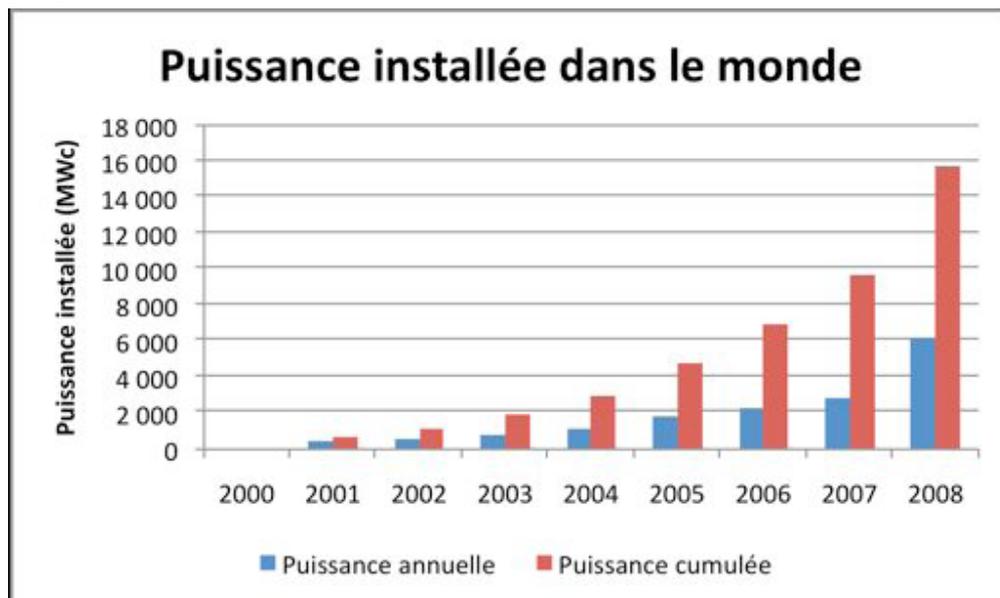
- sur des toitures de bâtiments agricoles, existants ou à construire, ou
- dans des centrales au sol sur des parcelles dédiées.

7.2 Contexte général

Les installations connectées aux réseaux (sans stockage de l'électricité) représentent la grande majorité des nouvelles installations (et représentent près de 90% de la puissance installée aujourd'hui). A terme, le photovoltaïque en sites isolés deviendra marginal par rapport aux sites raccordés.

En 2008, les nouvelles installations solaires photovoltaïques ont représenté, dans le monde, une puissance de 6 GWc, l'Europe, en particulier l'Allemagne et l'Espagne, accueille l'essentiel de la puissance mondiale installée.

Graphe 2 : Puissance de panneaux photovoltaïques installée dans le monde en 2008 (Source : Hespul)



La production photovoltaïque mondiale double ainsi tous les deux ans. La très forte augmentation observée en 2008 tient au fort développement du photovoltaïque installé en Espagne. Le prix d'achat élevé (44 ct€ sans plafonnement des heures d'ensoleillement jusqu'au 29 septembre 2008) a fait exploser le marché. Il se serait ainsi installé entre 2 000 MW et 3 000 MW sur les 9 premiers mois de 2008 dans ce pays (l'objectif affiché était une puissance installée de 500 MW en 2012, chiffre qui était déjà atteint fin 2007). Le prix d'achat est aujourd'hui fixé à 0,32 ct€ au sol et 0,34 ct€ en toiture.

En 1997, la Commission européenne envisageait que 3 GWc en photovoltaïque soient installés en Europe en 2010, or ce chiffre a été atteint par l'Allemagne seule dès la fin 2007. Au vu des politiques d'incitation mises en place, il est en fait probable que la puissance installée en 2010 atteigne 12 à 15 GWc. À plus long terme, le projet affiché par l'Europe en

2005 était dit « ambitieux, bien que réaliste » et visait 200 GWc installés en 2030 (il était estimé que le monde serait équipé de 1 000 GWc). Il est possible que cet objectif soit atteint beaucoup plus tôt. En effet le prix de l'électricité photovoltaïque pourrait rejoindre le prix de marché de l'électricité de détail entre 2010 et 2020 dans les zones les plus favorables et entre 2020 et 2030 dans les autres (source EPIA). L'énergie solaire est une des rares énergies qui a dépassé les objectifs qui lui étaient assignés.

Au 31/12/08, la puissance installée en France métropolitaine était de 47,9 MW (source : SoeS) avec une production estimée de 36 GWh, contre 16 en 2007.

Pour le potentiel photovoltaïque en France et dans le monde voir la planche 1 en annexe.

Tableau 12 : Puissance installée par pays en MWc fin 2007- Données IEA – Novembre 2007

Photovoltaïque / Pays	Monde	1. Allemagne	2. Japon	3. États-Unis	4. Espagne	8. France*
Installations hors du réseau fin 2007	128	35	2	55	22	1
Installations sur le réseau fin 2007	2 130	1 100	209	152	490	30
Total des nouvelles installations	2 258	1 135	210	207	512	31
Installations hors du réseau : total	662	35	90	325	30	23
Installations sur le réseau : total	7 178	3 827	1 829	506	625	53
Total installé (état fin 2007)	7 841	3 862	1 919	831	655	75
Taux d'équipement en Wc par habitant		47	15	3	15	1
Prix du module installé (euros) par Wc	2,5 - 11,2	4,0 - 5,3	2,96	2,98	3,0 - 4,5	3,2 - 5,1
Potentiel solaire	800 - 2902	1000 - 1300	1200 - 1600	900 - 2150	1600 - 2200	1100 - 2000
Tarif de soutien (en centimes d'euros/kwh)	0-59,3	51,8-56,8	Arrêt en 2005	1,2-31,04	18,38-44,04	30,0-55,0

* y compris les DOM-TOM

En **Allemagne, 5 000 agriculteurs sont équipés de toits photovoltaïques. En France, on peut estimer qu'environ 200 agriculteurs** étaient raccordés en fin d'année 2008 et représenteraient plus du ¼ de la production métropolitaine. Ce nombre et cette production devraient fortement croître en 2009.

7.3 Techniques de mise en œuvre

7.3.1 Modules photovoltaïques

L'investissement dans un système photovoltaïque est un investissement sur le long terme puisque la durée de vie du module solaire est généralement supérieure à 25 ans et peut même atteindre 30, voire 40 ans.

Tous les fabricants garantissent désormais le maintien des performances sur une durée de 25 à 30 ans avec une perte inférieure à 20% du rendement initial. La garantie « produit » sur

les modules (défauts de fabrication) est généralement de 3 à 5 ans, mais la résistance mécanique (grêle) est assurée sur la très longue durée grâce à l'utilisation de verre trempé.

PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES SUR TOITURES

Les panneaux photovoltaïques peuvent être installés, à partir du moment où les surfaces sont bien exposées et non ombragées, aussi bien en toiture qu'en façade, sur des verrières, sur des plans semi-transparents ou en brise-soleil.

Les toitures sont idéales pour mettre en place des panneaux PV, que ce soit des toitures inclinées (panneaux sur-imposés sur des toitures existantes ou panneaux intégrés à la construction, en plaques ou sous forme de tuiles) ou des toitures plates (panneaux inclinés sur support dont l'orientation est libre ou en couche mince horizontale formant la couverture). Un poids accru de la toiture est souvent la conséquence de l'aménagement, ce qu'il faut intégrer à la structure par un éventuel renforcement de l'existant ou une conception adaptée du nouveau bâtiment.

L'idéal est d'intégrer les panneaux au moment du projet de construction du bâtiment pour optimiser l'exposition de la toiture et la surface (avec une seule pente par exemple). Il est également possible d'équiper des bâtiments existants dont la toiture doit être refaite (présence d'amiante, etc...).

Les systèmes d'exploitation qui impliquent de grandes surfaces de toitures (élevage, arboriculture...) constituent des cibles privilégiées pour des installations sur les constructions. Sont recherchées préférentiellement des surfaces d'au moins 600 m², avec une pente minimale de 20%, orienté au sud, en absence d'ombrage et sur une charpente suffisamment solide.

CHAMPS PHOTOVOLTAIQUES (CENTRALE AU SOL)

Les terrains visés sont des espaces avec un couvert bas, herbacé (prairie, lande...) ou de garrigue basse, de préférence plats ou d'une pente inférieure à 15% pour des raisons purement pratiques. Leur aplanissement, rarement indispensable, peut le cas échéant provoquer des terrassements importants. S'il est théoriquement possible, et même avantageux de développer ces aménagements sur des terrains en pente sur des versants bien exposés, la plupart des opérateurs « industriels » semblent chercher à éviter ce type de configuration.

Le terrain ne doit pas être en zone inondable (sur les secteurs les plus sensibles, il faut par exemple surélever les panneaux pour éviter d'entraver l'écoulement des eaux, et isoler les réseaux – ce qui augmente les coûts d'installation). Le terrain doit être protégé des risques incendies en zone méditerranéenne boisée par un débroussaillage spécifique à l'extérieur de la clôture.

Le terrain choisi doit enfin être proche d'un poste ou d'une ligne EDF, ce qui peut éliminer des parcelles trop isolées. Une piste d'accès devra, dans certains cas, être créée ou élargie et renforcée.

Seul un tiers du terrain aménagé (de quelques ha à quelques dizaines d'ha) est couvert par les panneaux et réellement productif ; les installations couvrent en moyenne 3 à 4,5 ha par MWc installé. L'installation va impliquer outre les panneaux, un équipement en armatures de support et leur ancrage par pieux vissés ou enfoncés, plus rarement par des fondations légères (terrain granitique), des câbles et leurs gaines enterrés dans des tranchées de 70 à 90 cm de profondeur, un transformateur et un poste de livraison électrique, un chemin d'accès, parkings et zones de manœuvre, une clôture (et parfois une vidéosurveillance).

7.4 Historique des implantations en France

L'évolution, dynamique, des installations photovoltaïques en France dans les années 70 qui s'était essouffée les décennies suivantes, a repris. Fin 2008, la puissance installée raccordée au réseau était de 47,9 MW en France métropole, contre environ 6 MW fin 2006 et 13 MW fin 2007 (70 MWc en France, outre-mer compris). 7,6 MW ont été installés au sol, essentiellement sur la centrale de Narbonne.

Les nouvelles politiques ne sont réellement favorables à la filière que depuis 2006, à travers notamment la révision des tarifs d'achat et un objectif de 500 MWc installés en 2015, porté par le Grenelle de l'environnement à 5 400 MWc en 2020 (soit la puissance totale installée en Allemagne fin 2008), renforcées par la baisse des prix d'installation.

Le scénario négaWatt envisage une puissance installée de 63 000 MWc en 2050, dont 12 700 sous forme de parcs au sol, le reste étant installé en toiture. L'électricité solaire assurerait alors 26% des besoins d'électricité de cette époque.

Si, dès avant 2005, il existait déjà plusieurs réalisations sur des toitures agricoles (par exemple en Bretagne, en Pays de Loire, en Midi-Pyrénées), il s'agissait de petites surfaces (de 10 à 30 m² le plus souvent). Depuis 2006, la part des installations non raccordées au réseau a très fortement diminué au point de disparaître pratiquement, et l'on voit se développer progressivement des projets de tailles de plus en plus grandes.

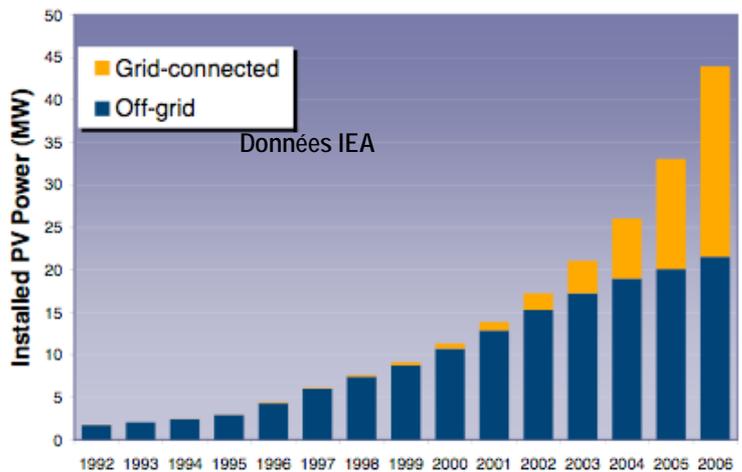
On observe un basculement de la production individuelle en site isolé à des installations raccordées de grande surface. Les projets se multiplient particulièrement dans les départements d'outre-mer et en Corse, qui bénéficient d'un tarif non intégré supérieur (0,44 €/kWh), ainsi qu'en Provence Alpes Côte-d'Azur, en Languedoc-Roussillon et, dans une moindre mesure, en Rhône-Alpes, mais aussi en Poitou-Charentes.

De plus en plus d'acteurs privés nouveaux-venus apparaissent sur ce marché, plus ou moins importants et ciblant la profession agricole

Tableau 13 : Quelques exemples de projets fonctionnant en 2008

Type de production	m ² de panneaux installés en toiture	Puissance installée en kWc	Production annuelle en kWh
Agriculteurs de la filière veaux de l'Aveyron (75 éleveurs) - Aveyron	32 000 (soit 430 m ² par éleveur)	3 200	3 520 000
Ferme brebis lait - Aveyron	1400	185	925 000
Viticulteur bio – Pyrénées Orientales	205	28	168 000
Gîte - Pyrénées Orientales	32	4	4 800
Céréalière - Essonne	904	125	690 000
Vache allaitante – Maine et Loire	54	7	7 150
GAEC en Loire Atlantique	270	36	37 000

À titre d'information, du 1 janvier 2008 au 21 juin 2008, 1300 demandes de certificats d'obligation d'achat de l'électricité ont été déposées pour des bâtiments individuels ou des toitures de surfaces plus importantes dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dont 46 pour le département des Alpes-de-Haute-Provence.
Données Préfecture des Alpes-de-Haute-Provence.



La première grande centrale au sol de France, à Narbonne, installée en 2008 sur une ancienne friche industrielle.



7.5 Le bilan énergétique et matériaux

La consommation d'énergie nécessaire à la fabrication (temps de retour énergétique) des cellules photovoltaïques est remboursée entre 8 et 18 mois pour un système monté sur toiture et entre 5,4 et 10 pour les installations en façade

Les matériaux et procédés de fabrication font l'objet de programmes de recherches ambitieux pour réduire les coûts de fabrication et de recyclage des cellules photovoltaïques. Il s'agit d'abord de faire baisser le prix de revient de l'électricité produite, mais aussi d'obtenir des progrès en matière de rusticité, de souplesse d'usage, de facilité d'intégration dans des objets, de durée de vie, etc...).

En 2006 et 2007, la croissance de la production mondiale de panneaux solaires a été freinée par manque de silicium, et les prix des cellules n'ont pas baissé autant qu'espéré.

Toutefois, on s'attend à ce que la conjugaison d'une montée en puissance des nouvelles usines de production qui pourraient rapidement doubler la capacité mondiale et du brusque freinage du marché espagnol qui passera de presque 3 000 MWc installés en 2008 à 500 en 2009 se traduisent par une baisse des prix pouvant atteindre 30, voire 40% en 2009.

L'industrie cherche à faire baisser la quantité de matières premières utilisées (diminution de l'épaisseur des cellules ou technologies « couches minces sur substrats banalisés »). Les cellules monocristallines sont passées de 300 microns d'épaisseur à 150 et on pense maintenant atteindre rapidement les 120 puis 80 microns, diminuant la quantité de silicium et d'énergie nécessaire, et par conséquent les coûts de fabrication.

7.6 Intérêts économiques

Les agriculteurs peuvent réaliser un investissement direct ou louer une surface (de toiture ou de parcelle).

Ainsi, dans un exemple en Vaucluse en 2008, l'investisseur assure le désamiantage et la pose d'une toiture neuve sur le versant exposé (1100 m²), puis paye un loyer annuel de 5.665 euros (5,15 euros par m²), garanti sur 20 ans et indexé sur le tarif d'achat par EDF, et s'occupe de toutes les démarches. Cela rembourse ainsi le désamiantage (le désamiantage de 700 m² côté nord restant à la charge de l'agriculteur).

Les tarifs sous contrat d'achat dans le cadre de l'obligation qui s'impose à EDF sont garantis pour 20 ans et indexés sur l'inflation. Ces conditions intéressantes devraient perdurer jusqu'en 2012, après quoi il est probable qu'une baisse progressive des tarifs pour les nouveaux contrats sera mise en place, de façon à refléter la forte réduction des coûts de production à laquelle on s'attend. Pour mémoire, les industriels allemands du photovoltaïque ont accepté en 2008 dans le cadre d'un accord avec le gouvernement fédéral, une baisse de 8% à 9% par an pendant les quatre prochaines années, correspondant aux hypothèses de baisse de leurs coûts de fabrication.

Il faut intégrer à ce calcul de rentabilité les charges liées à une nouvelle activité (charges sociales, matérielles et comptables).

Concernant les parcs au sol, la location du terrain pourrait varier de 1 000 à 3 000 €/ha/an mais aucun projet de ce type n'est encore réalisé fin 2008.

7.7 Soutiens financiers

Depuis plusieurs années, les installations de panneaux photovoltaïques sont accélérées par des programmes nationaux offrant des incitations financières, telles que des tarifs d'achat bonifiés de l'électricité produite pour le réseau public, notamment en Allemagne, Japon, Espagne, Etats-Unis, Australie, France et dans d'autres pays (dans 18 des 27 pays de l'Union, mais souvent à des conditions particulières).

En France, l'aide de l'État se traduit par une incitation financière à l'investissement (crédit d'impôt pour les particuliers, amortissement accéléré pour les entreprises) et par des tarifs d'achat adossés à une prime à l'intégration au bâti, revalorisés en 2006 et en attente de réajustement en 2009. Le tarif d'achat est passé en 2006 de 15 ct€/kWh à 30 ct€/kWh, avec en complément une prime de 25 ct€/kWh pour les systèmes intégrés au bâti en métropole (tarifs de base plus incitatifs en Corse, DOM, Mayotte : 40 ct€/kWh et prime d'intégration au bâti de 15 ct€/kWh). Ce tarif est attractif, surtout pour les systèmes intégrés aux toitures ; pour les bâtiments professionnels, il devrait passer à 45 ct€/kWh après fin 2010 pour les systèmes intégrés au bâti, sans limitation de surface et de puissance.

La CRE vient aussi de lancer un appel à projet pour 300 MWc de projets pour une échéance à décembre 2009.

Cf. article 24 de la loi de Finances pour 2008 : Les bénéficiaires industriels et commerciaux (BIC) issus de la vente d'électricité photovoltaïque produite par un agriculteur sur son exploitation sont rattachés aux bénéficiaires agricoles sous deux conditions : la totalité des BIC de l'exploitation ne peut excéder 50% du chiffre d'affaires agricole, et elle est inférieure à un montant de 100 000 €.

Deux possibilités existent : déposer le projet en tant que particulier ou en tant qu'exploitant. Des différences existent sur les conséquences financières et fiscale entre particulier et exploitant, en matière d'aides, de plafonds, de fiscalité, de TVA et de conditions financières bancaires.

7.8 Conditions actuelles de mise en oeuvre

Dans ce secteur qui prend une nouvelle ampleur de façon extrêmement rapide, les procédures en place ne permettent pas de répondre à tous les nouveaux cas de figure qui se développent. L'autorisation à obtenir au titre du droit de l'urbanisme est peu ou mal codifiée. Des doctrines se mettent en place au niveau local au sein des services de l'État territoriaux, sans coordination nationale pour l'instant.

Outre les questions d'urbanisme, il faut obtenir une autorisation d'exploiter (projet soumis à simple déclaration si la puissance est inférieure de 4,5 MW) auprès de la DGEC (MEDDAT). Le certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat précédemment délivré par le Préfet après instruction de la DRIRE (validité de 20 ans) a été supprimé par un décret du 6 mars 2009. La limite de puissance totale d'une installation souhaitant bénéficier du tarif d'achat est actuellement de 12 MWc, et une distance minimale de 500 mètres entre deux installations appartenant à un même producteur est exigée.

PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES SUR TOITURES

Dans le cas d'un nouveau bâti, l'installation de la centrale PV est comprise dans la demande de permis de construire. Si le bâtiment support est existant, seule une déclaration de travaux est demandée.

Les panneaux en toiture peuvent être interdits, selon les règlements d'urbanisme existants et les protections réglementaires voisines dont dépend la construction. Une révision du PLU peut être nécessaire.

Toutefois, des dispositions prévues par le projet de loi « Grenelle 2 » dont l'examen par le Parlement devrait intervenir à l'été ou à l'automne 2009 devraient très fortement favoriser ces installations.

Les architectes des Bâtiments de France, dont l'avis est sollicité si le bâtiment est situé dans un périmètre de protection, sont parfois réfractaires à leur installation.

> Le statut du bâtiment, agricole ou non, peut aussi être mis en cause : une société de production d'énergie peut proposer un bail à construction (de 25 ans) à un agriculteur propriétaire du terrain, qui utilisera en parallèle le bâtiment pour son activité. Le montage permet à l'agriculteur de ne pas avoir à financer la construction et est donc de nature à faciliter une installation.

Dans ce cas, le demandeur du permis de construire n'a pas le statut d'agriculteur et la production d'énergie n'est pas une activité agricole : pour une construction en zone agricole, la nécessité à l'exploitation agricole du bâtiment projeté n'est pas immédiate.

Cf. l'article R. 123-7 du Code de l'urbanisme qui indique que les plans locaux d'urbanisme (PLU) peuvent délimiter des zones agricoles (ZA) sur des secteurs, équipés ou non, qu'il est nécessaire de protéger en raison du potentiel agronomique, biologique ou économique des terres agricoles et qui précise, dans son dernier alinéa, que ce zonage exclut toutes les constructions autres qu'agricoles : « *seules les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif et à l'exploitation agricole sont autorisées dans les zones agricoles délimitées par le plan local d'urbanisme* ».

Cet article ne donne aucune définition précise « *des constructions nécessaires à l'exploitation agricole* » et laisse à l'autorité compétente en matière d'instruction et de délivrance du permis de construire toute latitude pour apprécier, au cas par cas, sous le contrôle du juge administratif, la destination et la nature des constructions envisagées. Cette notion de *nécessité*, que le demandeur d'un permis de construire doit justifier, correspond pour l'essentiel au caractère indispensable de certaines installations ou constructions du point de vue du fonctionnement et des activités de l'exploitation agricole.¹²

Concernant l'usage agricole d'un bâtiment qui peut ne rien coûter et même éventuellement rapporter un loyer, c'est au pétitionnaire (agriculteur ou non), lors de l'instruction de permis de construire en zone agricole, de justifier auprès de la DDEA que le bâtiment a bien une utilité au regard du système de production

CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES AU SOL

Contrairement à la situation des éoliennes, le Code de l'urbanisme ne traite pas spécifiquement des centrales PV.

¹² Sénat, *Constructions et installations en zone agricole*. Question orale sans débat n° 0195S de Mme Muguette Dini (Rhône - UC). Question et réponse publiées dans le JO Sénat du 03/04/2008 - pages 642 et 1810.

Des tendances se dessinent :

> Un permis de construire est généralement nécessaire pour le ou les abris techniques s'ils sont supérieurs à 20 m² de surface – mais le permis peut ne pas inclure l'ensemble de la surface aménagée de la centrale et les clôtures (absence de surface plancher pour l'installation et hauteur inférieure à 12 m²). Dans un périmètre de protection (sites, monuments historiques, secteurs sauvegardés...), une déclaration préalable est nécessaire. Un permis d'aménager - ou une déclaration préalable de travaux - peut en revanche être nécessaire en cas d'affouillement ou d'exhaussement de plus de 2 m, selon si la surface considérée est supérieure à 2 hectares – ou à 100 m².

> Si un projet dépasse 1,9 millions d'euros (ce qui est généralement le cas), une étude d'impact peut être nécessaire. Cette position était contestée par certains juristes (les travaux soumis à déclaration préalable ou à permis de construire sont exonérés d'études d'impact et les centrales PV ne sont pas explicitement cités dans les ouvrages nécessitant une étude d'impact).

Les mesures annoncées en novembre 2008 vont clarifier ces deux questions.

50 mesures pour un développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale, novembre 2008.

*Mesure n°36 - Afin de garantir une bonne insertion environnementale des centrales solaires, de prévenir les éventuels conflits d'usage et d'améliorer la concertation locale, les centrales de taille importante (surface occupée, par les panneaux solaires, supérieure à 5 000 m²) feront l'objet d'une **étude d'impact** et d'une **enquête publique**, et devront solliciter un **permis de construire**.*

- La limitation de puissance de 12 MWc en plafond pour l'accès à l'obligation d'achat peut entraîner un mitage du territoire ou, au contraire, l'apposition de projets théoriquement différents dans un même ensemble faisant masse dans le paysage. Un décret en préparation propose de fixer ce seuil à 250 Kw soit environ 2500 m² de panneaux.

- Les réponses aux demandes au titre du droit de l'urbanisme pour le raccordement au réseau sont centralisées au Ministère et attribuées sans prise en compte de l'avis local, du territoire, de l'environnement et des paysages.

- Suivant les élaborateurs de doctrines locales, les projets sont refusés si le terrain est agricole (État) ou s'il est naturel ou agricole (PNR Luberon).

Loi sur l'eau :

Les parcs photovoltaïques peuvent avoir un impact sur l'écoulement de l'eau dû à l'« effet parapluie » ou à l'implantation (rare) de dalles en béton. D'après la « nomenclature eau » (§ 2.1.5.0 sur les rejets), si la surface totale du projet est comprise entre 1 ha et 20 ha l'installation est soumise à une déclaration. Si la surface totale du projet est supérieure à 20 ha, alors c'est une autorisation qui est nécessaire.

Cela implique la nécessité d'une étude d'impact pour les autorisations ou d'une notice d'impact pour la déclaration.

Parmi les premières propositions :

> Mise en place d'un guichet unique au niveau départemental pour les services de l'État (examen préalable, avis ou autorisation) avec présentation d'un dossier décrivant le projet, accompagné d'une notice environnementale (avec simulation par montage photographique).

> Délimitation des espaces agricoles, à fort potentiel, qui excluraient ces dispositifs ; ainsi, dans les Alpes de Haute-Provence, le croisement de 3 critères (aptitude des sols à la mise en valeur agricole, surface disposant d'une irrigation collective, terres ayant bénéficié d'un aménagement foncier) permet d'appuyer un avis défavorable, favorable, ou a priori défavorable en l'absence d'un argumentaire de projet suffisamment étayé.

> Définition des espaces à privilégier, à potentiel agricole faible ou nul : friches industrielles, anciennes décharges et carrières, délaissés, bordures d'axes routières et ferroviaires... (alors que les espaces agricoles peuvent être les moins chers à acquérir, à aménager et à équiper).

GÉNÉRALEMENT

Des questions restent posées :

> Quelle information du public en l'absence d'enquête publique prescrite ?

La Convention d'Aarhus, signé en 1998 mais insuffisamment connue et appliquée, indique : « Afin de contribuer à protéger le droit de chacun, dans les générations présentes et futures, de vivre dans un environnement propre à assurer sa santé et son bien-être, chaque partie garantit les droits d'accès à l'information sur l'environnement, de participation du public au processus décisionnel et d'accès à la justice en matière d'environnement conformément aux dispositions de la présente Convention ».

En application de cette Convention, les services de l'État peuvent inciter les demandeurs à déposer leurs dossiers en mairie pour qu'ils soient libres de consultation par tous.

> **Vis-à-vis du statut agricole de l'activité ou du foncier**, quelles conséquences sur le statut des sociétés civiles agricoles (SCA), sur le régime fiscal (taxe professionnelle - exonération ou non-, taxe sur le foncier bâti), sur la DPU (droit de préemption urbaine)...

7.9 Impacts environnementaux et paysagers

IMPACT GLOBAL

• Énergie et effet de serre

La fabrication, l'installation, le démantèlement et le recyclage des panneaux nécessitent en eux-mêmes de l'énergie. En fin de compte, une installation photovoltaïque génère-t-elle plus d'énergie qu'il en a fallu pour la mettre en place ?¹³

*Le temps de retour énergétique*¹⁴ d'un système photovoltaïque complet (en incluant non seulement les modules, mais également les câbles, les cadres et les outils

¹³ Voir l'étude sur *l'impact environnemental du photovoltaïque dans les pays de l'OCDE*, en anglais, menée par Hespul avec le soutien de l'ADEME et d'organismes européens (IEA - PVPS Task 10, European Photovoltaic Technology Platform et EPIA - European Photovoltaic Industry Association).

électroniques de la centrale) est compris, en fonction de l'irradiation solaire à cet endroit, entre 19 et 40 mois pour un système monté sur toiture, et entre 32 et 56 mois pour un système monté en façade (vertical).

En se basant sur la durée de vie communément admise de 30 ans, *le facteur de retour énergétique*¹⁵ est entre 8 et 18 pour un système monté sur toiture et entre 5,4 et 10 pour les installations en façade.

En fonction de la répartition de production d'énergie de chaque pays, une installation d'1 kWc de panneaux photovoltaïques (plus ou moins 10 m²) peut éviter, sur la totalité de sa durée de vie, jusqu'à 40 tonnes d'émission d'équivalent CO₂ pour une installation sur toiture et jusqu'à 23,5 tonnes pour une installation en façade.

Il est estimé par ailleurs que le photovoltaïque a un rendement énergétique par hectare 85 fois supérieur à du maïs-éthanol.

• **Recyclage des modules**

Des déchets sont produits dès l'installation (dégâts au cours du montage) et pendant le fonctionnement des modules (grêles, etc...).

Les modules photovoltaïques ne doivent pas être éliminés comme des gravats mais faire l'objet d'un « pré-traitement technique ». Ils ne sont pas jusqu'à présent concernés par la directive européenne sur les déchets électroniques, mais l'industrie photovoltaïque européenne s'est engagée dans le cadre d'un accord volontaire rendu public sous présidence française de l'Union Européenne à reprendre au minimum 65% des panneaux installés en Europe depuis 1990 et à en recycler 85% des déchets. Sont en cours de développement des systèmes de reprise volontaire, ainsi que des essais de recyclage des cellules photovoltaïques en silicium cristallin par des températures extrêmes, et de récupération des métaux lourds pour les technologies en couches minces, bien que cette filière soit encore embryonnaire.

¹⁴ Le temps de retour énergétique ("energy pay-back time") est défini comme le temps en années, nécessaire à un système photovoltaïque pour "rembourser" son contenu initial en énergie.

¹⁵ Le *facteur de retour énergétique* est défini comme le nombre de fois qu'un système photovoltaïque va rembourser son contenu en énergie au cours de sa vie.

PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES SUR TOITURES

- **Sol, eau, biodiversité :**

Ces impacts environnementaux sont peu apparents (inclus dans ceux du bâtiment ou, de façon indirecte, dans la création et le devenir des panneaux).

- **Paysages :**

Les impacts paysagers à courte et moyenne distance dépendent du relief, du bâti alentour, de la qualité de l'architecture.

L'impact est plus fort (et valorisant) si l'exploitation est engagée dans une démarche de production de qualité ou si elle pratique l'accueil à la ferme ou la vente directe : elle propose alors image dynamique, positive et responsable.

Un travail d'intégration doit donc être mené en amont avec les architectes. Selon les paysages, l'effet obtenu peut supporter une mutualisation de la production avec les bâtiments voisins.

Il faut noter cependant aujourd'hui l'effet d'aubaine des projets déconnectés des besoins agricoles concernant des bâtiments, des serres ou des ombrières.



CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES AU SOL

Peu d'études scientifiques évaluent l'impact des centrales au sol. Seule une étude allemande¹⁶ a mis en évidence des conséquences environnementales pour ces installations. Les impacts principaux portent sur les sols, la biodiversité et les paysages.

• **Bruit et nuisances :**

L'impact sonore est léger mais perceptible (lié à la présence du transformateur et des onduleurs). Les champs de courant continu, l'éventuelle pollution au zinc par lessivage par la pluie des supports, sont négligeables.

• **Qualité de l'air et de l'eau :**

Les panneaux n'entraînent pas de pollution de l'air et de l'eau *a priori*, hors la création d'un îlot thermique modifiant le micro-climat local.

> Mais l'entretien du terrain pose question : il est souvent indiqué dans les projets une coupe mécanique ou du pâturage pour maintenir une simple couche herbacée sous les panneaux, mais le risque persiste d'un usage de phytocides, avec un impact induit d'une pollution des sols et des nappes.

Le pâturage envisagé, mais qui n'a pas été pour l'instant testé en France, consiste en une pression importante mais ponctuelle par un troupeau à pied d'œuvre amené en camion. Il semblerait que des bergers soient intéressés dans les Alpes de Haute-Provence.

> L'entretien des panneaux peut aussi avoir un impact si autre chose que simplement de l'eau est utilisé pour les nettoyer.

• **Biodiversité :**

Les modules se situent entre 0,7 et 1,5 m au-dessus du sol (ce qui permet à la végétation au-dessous de se développer avec une lumière diffuse).¹⁷

Deux points majeurs ont un impact non négligeable sur la biodiversité :

- La présence d'une clôture continue excluant une surface importante d'un seul tenant (plusieurs dizaines d'hectares) fragmente l'espace et constitue une barrière pour la faune (grande ou petite, notamment les mammifères).
- Les surfaces de panneaux réfléchissantes créent un effet de miroitement, de reflets et de formation de lumière polarisée : les données manquent pour évaluer leur effet sur les oiseaux d'eau ou certains insectes volants, qui pourraient être désorientés ou attirés.

> Des accords avec les sociétés de chasse peuvent transformer les parcelles encloses en « réserves de chasse » à condition de choisir des mailles suffisamment larges au bas des clôtures pour laisser passer le petit gibier et d'aménager des « garennes » dans les espaces délaissés de la parcelle. Une concertation préalable peut permettre de préserver certains « couloirs » à sangliers et passages de gibier.

¹⁶ Voir le Guide traduit et adapté de l'allemand, MEEDDAT, janvier 2009.

¹⁷ *op. cit.*

- > Parmi les mesures d'accompagnement de ces installations (mesures pour une meilleure intégration du projet ou mesures compensatoires pour réduire les impacts) :¹⁸
 - des plantations de haies et de bosquets autour et à l'intérieur de l'installation mais avec une contrainte de hauteur pour limiter l'ombrage sur les panneaux ;
 - une hauteur minimale de 0,8 m du bord inférieur des modules permet une lumière diffuse au niveau du sol pour obtenir un couvert herbacé : une prairie naturelle ou artificielle, fauchée ou préparée pour la mise en pâture ;
 - une gestion qui favorise la qualité du milieu et la nidification au sol des oiseaux, et dont les règles sont fixées en mode extensif (pas d'éléments fertilisants ou de produits phytosanitaires) ;
 - des clôtures doivent être sans murets ou barbelés, et à mailles inférieures larges pour permettre le passage de la petite faune.

• Sols :

Les effets sur le sol peuvent être importants, accrus sur des terres fragiles.

- Les travaux d'installation sur le sol peuvent s'accompagner de terrassements pour aplanir les surfaces, des bouleversements (tranchées, ancrage) et un compactage de surface par le passage répété mais sur une courte durée d'engins de taille relativement importante, comparables à des tracteurs.
- Les surfaces imperméables de panneaux sur près d'un tiers de la surface aménagée vont provoquer une concentration et un ruissellement accrus lors des précipitations (particulièrement brutales en zone méditerranéenne), avec des risques d'érosion des sols (sauf pour les systèmes orientables de suivi du soleil qui, en outre, doivent être suffisamment écartés et laissent donc une plus grande proportion de la parcelle découverte).

Certains projets montent d'ailleurs un dossier Loi sur l'eau (avec par exemple creusement de bassins de rétention en aval), d'autres ignorent cette question.



Avant : une surface au relief légèrement ondulé, au sol superficiel plus épais dans les fonds.



Après : une surface aplanie, un sol bouleversé et compacté.

- > Le taux d'imperméabilisation global d'une installation peut être limité (niveau indicatif de 5%).
- > L'infiltration des eaux de ruissellement doit être facilitée, y compris en les guidant vers des systèmes d'infiltration spécifiques.

• Usage des sols :

- Les projets sont parfois proposés avec une **production agricole et environnementale associée** (dans l'esprit d'une culture simultanée de plusieurs plantes dans le même champ), associant la production photovoltaïque et un élevage ovin par exemple, ou un élevage de gibier profitant des clôtures.
- L'importance des aménagements induits par l'installation rend difficile d'envisager une **réversibilité** automatique vers une vocation purement agricole des parcelles

¹⁸ *op. cit.*

concernées, de par le coût de démontage, non seulement des panneaux, mais aussi de tout l'équipement afférent (clôtures, pylônes, réseau électrique, transformateurs et route d'accès). Certains ancrages dans le sol sont constitués de longrines de béton enfouies, utiles notamment sur sols peu profonds et rocheux, ce qui porte atteinte au potentiel agricole des sols ; d'autres sont formés de simples pieux enfoncés ou vissés qui affectent très peu le potentiel agricole. La remise en état des sites reste une obligation légale.

Lors de la réhabilitation des sites¹⁹, il est en général nécessaire d'ouvrir des tranchées afin de retirer les câbles (à cause de leur taux élevé de cuivre) ; il faut aussi prévoir le démontage et le retrait de ces câbles (et éventuellement de leurs gaines), le retrait des fondations (d'acier ou de béton) lorsqu'elles existent, le remblaiement des tranchées, le démontage des bâtiments d'accès, la remise en état de la surface et des routes d'accès.

- Les prospections sont particulièrement aiguës en zone méditerranéenne, sur des secteurs en déprise ou de mutation foncière rapide, sur des zones de cultures spéculatives (cultures annuelles), quand la population agricole est vieillissante, ou par exemple en plaine viticole en crise bénéficiant de primes à l'arrachage²⁰. Les baux signés peuvent ainsi bloquer des parcelles pendant plus de 20 ans. À la spéculation foncière liée à la pression urbaine, s'ajoute alors celle des porteurs de projet en photovoltaïque. Cependant la ressource photovoltaïque peut être aussi un moyen de pérenniser des exploitations et de les protéger contre la spéculation immobilière.

• Consommation d'espace :

La surface que pourrait prendre les parcs photovoltaïques au sol reste limitée comparativement à d'autres usages du sol. Le scénario NégaWatt estime que cette surface pourrait être de 15 000 ha à 43 000 ha en 2050 en fonction de la performance des photopiles à cette époque. Ces surfaces pourraient se répartir entre des sols non agricoles (ancienne carrière, site pollué, délaissé d'autoroute, ...) et les sols agricoles.

Cette surface est bien plus faible que la surface agricole annuellement artificialisée (66 000 ha).

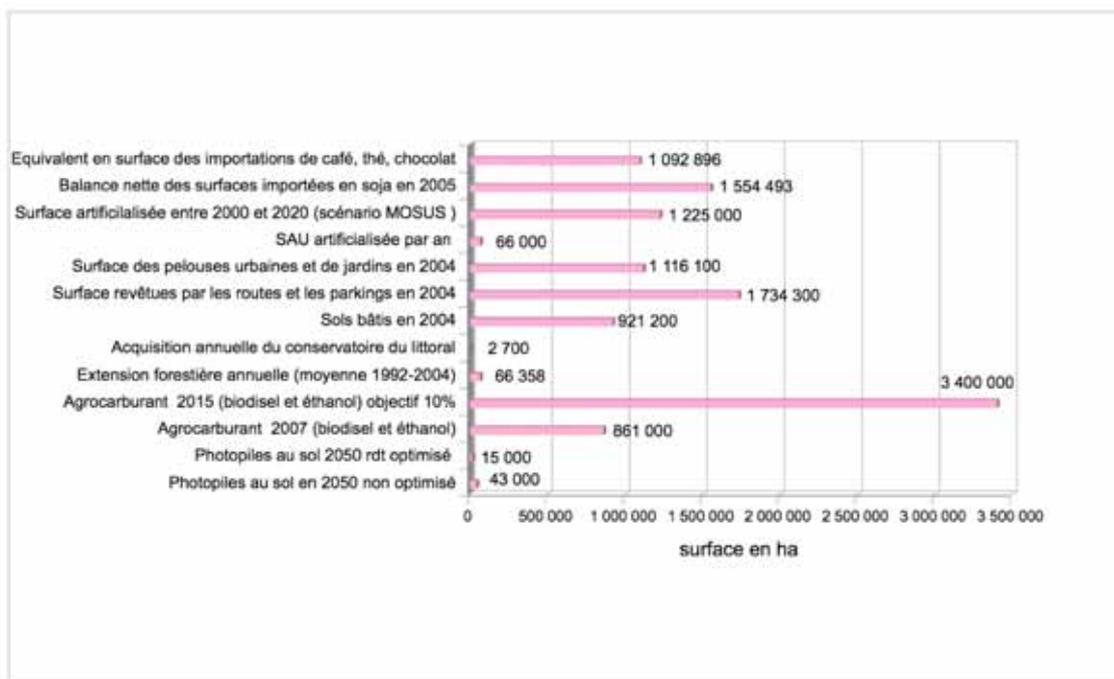
A noter que la surface des sols bâtis représente 921 000 ha, montrant qu'il existe un large potentiel d'installation de systèmes photovoltaïques en toiture ou en façade.

Concernant les photopiles, **il est important de rappeler que l'agriculture possède la plus importante surface de toiture après l'habitat** mais avant l'industrie.

¹⁹ *op. cit.*

²⁰ C'est par exemple le cas en Languedoc-Roussillon, où les projets de centrales photovoltaïques se multiplient, et où se combinent ces différents facteurs.

Graphe 3 : Comparaison des différents besoins d'espace actuels et à venir (Source : SOLAGRO)



- **Paysages :**

L'installation s'élève en général de 1,5 à 3 m de haut (jusqu'à 6 m pour les installations pivotantes, plus rares). Les installations sont en général visibles : grande surface de couleur sombre ou réfléchissante à distance, ou structure artificielle haute et différenciée à plus courte distance.

L'impact paysager peut être faible (les installations sont assez basses et facilement masquées par un écran végétal) selon la présence ou non de relief et de vis-à-vis.

L'impact est direct par vue plongeante, et présente des surfaces sombres ou réfléchissantes selon l'exposition.

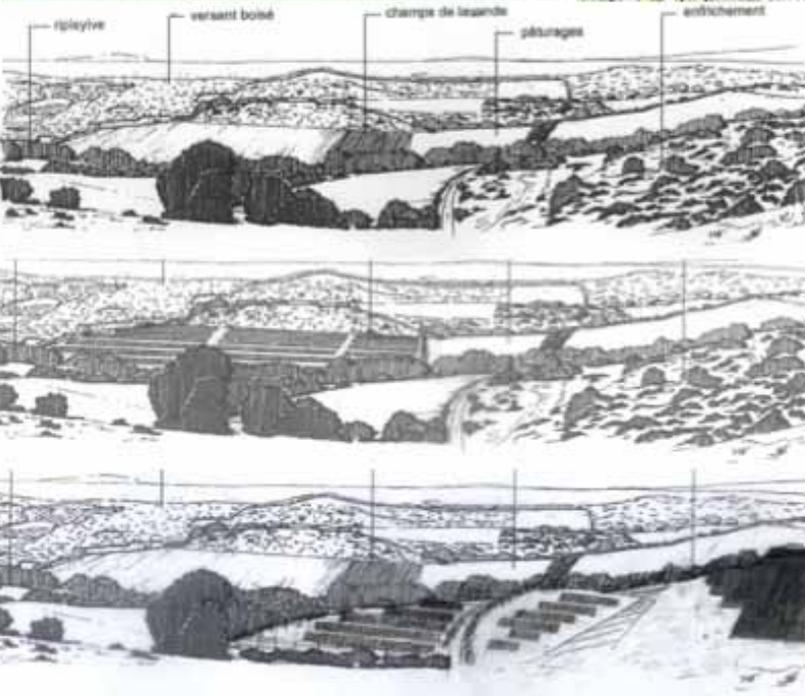
L'impact est indirect par l'introduction dans un contexte rural d'éléments de vocabulaire urbain aux effets proches ou lointains selon les cas, que l'installation implique : clôtures, pylônes, raccordement au réseau électrique, transformateurs, pistes et routes d'accès, terrassement...

L'impact visuel peut être en partie comparé à celui des serres (27 000 ha – source RA 2000) ou des cultures sous plastiques.

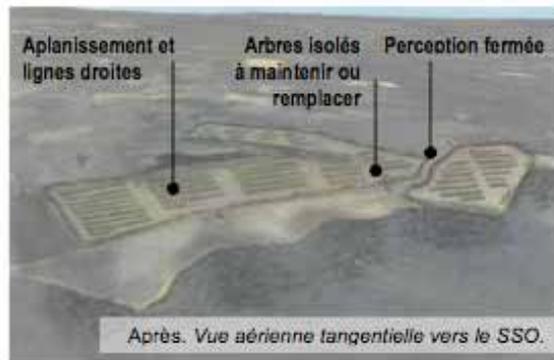
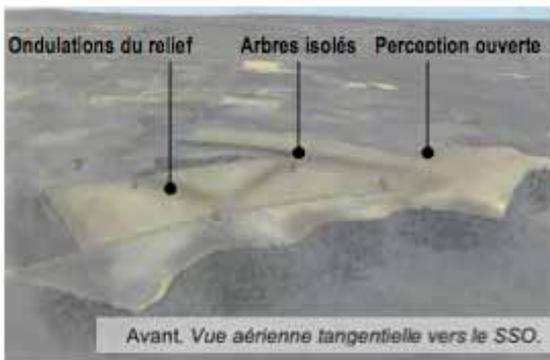


Cas d'une implantation dans un paysage de moyenne montagne (plateau vallonné)

Premières simulation d'impact à partir du cas de Puymichel-Les Mées (04)



L'Atlas des paysages du 04 donne ce dessin de principe pour l'entité paysagère concernée.
 Les centrales PV au sol envisagées utilisent les grandes parcelles ouvertes du plateau en utilisant les clairières cultivées du couvert boisé, tout en en modifiant l'organisation : aplanissement des ondulations caractéristiques, rigidités nouvelles dans un paysage aux formes souples, apparition de clôtures, modifications des perceptions depuis les chemins de randonnée.
 Les arbres isolés, souvent remarquables, sont à préserver.
 Les deux croquis ci-dessous avant et après l'installation, insistent sur ces impacts.



Un éclairage nocturne est parfois envisagé, en renforcement de la protection apportée par les clôtures et par la vidéosurveillance. Il est préférable de l'éviter, ou de garantir une protection contre la pollution lumineuse (choix du type de lampe et d'installation).

Les études d'impact préalables restent trop peu précises sur les questions environnementales et paysagères : documents graphiques insuffisants (carte à échelle trop petite, images et simulations aériennes et non depuis des points et axes de vue pris sur le terrain), et manque d'informations sur les modifications du relief (pour l'implantation des panneaux, des bâtiments, du réseau de câbles...), sur l'aménagement des accès (pistes à créer ou élargir, chemins, entrées...), sur le dessin et le choix des clôtures, sur l'impact des travaux et du chantier...

> Les points sensibles²¹ concernent :

- le choix du terrain (préservation des espaces de qualité agronomique, écologique ou paysagère),
- la fragilité des surfaces et le respect de leur intégrité,
- la période du chantier (calendrier des travaux, limitation des surfaces impactées et des mouvements de sols, élimination des résidus),
- une hauteur minimale et maximale des modules,
- des systèmes d'éclairage et de clôtures, absents ou à adapter,
- une imperméabilisation du sol à limiter, des surfaces de fondation à minimiser.
- taille du projet par rapport à la taille du parcellaire local

7.10 Quelques exemples de réalisation

RÉFLEXIONS LOCALES

En Vaucluse :

- En cours d'élaboration, une « **doctrine** » par les élus de la Chambre d'agriculture.
Contact : Anne MEYER-VALE (enjeux territoriaux et environnement).

EN TOITURE

En Vaucluse :

- Réflexion en cours de location de **toitures** de bâtiments agricoles de surface importante, comme celle de Daniel CARLES (GAEC Carles-Berger), arboriculteur à Althen-les-Paluds lors d'un changement de toitures initialement en fibro-ciment amiante.

En Essonne :

- Monsieur Bouché, agriculteur à Ballancourt-sur-Essonne – céréalier sur 350ha – installation sur un bâtiment neuf de 1 600 m²- mise en service en mars 2008 avec une aide du Feder (20 %) - surface des panneaux 904 m². Investissement 690.000 € (5,5 centimes le watt-crête installé) + 6000 € de raccordement + 3000 €/an d'assurance - production attendue 135.500 kwh/an – temps de retour estimé 11 ans et 3 mois.

En Dordogne :

- Installation au printemps 2009 de 3 330 panneaux photovoltaïques sur 5 800 m² de toitures de la SOCAVE (coopérative agricole de producteurs de fraises) à Vergt, en Dordogne.

²¹ *op. cit.*

Puissance installée par Tenesol, de 760 kWc, pour une production annuelle évaluée à 750 000 kWh, destinée à la vente.

En Lozère :

- Installation fin 2008 d'une installation de 83 kWc intégrée en toiture de bâtiment agricole à Ribennes (Lozère) pour une production visée de 1000 000 kWh, par la Compagnie du Vent (groupe GDF Suez).

Exemple Suisse :

Maîtres de l'ouvrage

Béat et Elsbeth Aeberhard, Exploitation agricole,
Vivy-Energie Sàrl, Barberêche FR
026 684 19 62, aeberhardb@bluewin.ch

Architecture

Theo Aebischer, Obermonten, St. Antoni FR
026 495 11 81, theo.aebischer@bluewin.ch

Courant solaire

Puissance:	110 kWc
Production annuelle:	105'000 kWh
Surface:	960 m ²
Inclinaison:	20°
Orientation:	sud - sud/est
Tuiles solaires oryon, fabrication suisse	

Bilan énergétique

Propre consommation:	30'000 kWh
Excédent de production solaire:	70'000 kWh
Couverture des besoins énergétiques:	330%
Investissement:	960'000 Fr.



Toute la surface du toit de l'étable est couverte de panneaux photovoltaïques de 110 kWp. L'intégration, les finitions du toit et tous les détails sont exemplaires. Depuis le sud, vue de l'ensemble du bâtiment, avec de la place pour environ 50 unités de gros bétail.



Source : *La Gazette de la Société Suisse pour l'Energie Solaire - Installation du domaine "Le Petit Viry" (Barberêche)*

CENTRALES AU SOL

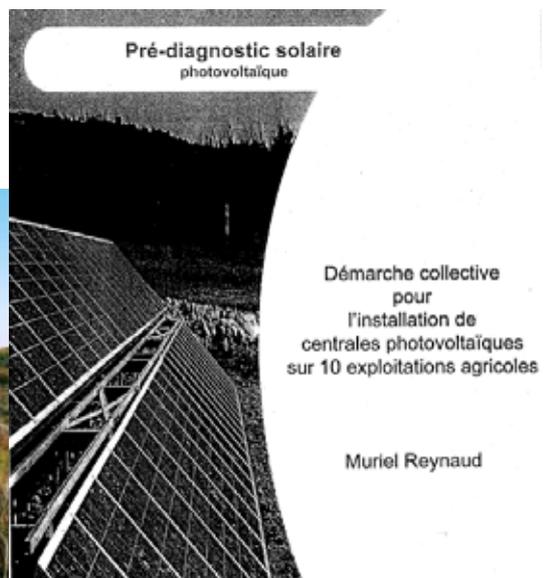
Projets réalisés

- Narbonne (11) sur une friche industrielle, propriété de la collectivité, par EDF EN
- Lunel (34), par Valeco, sur terrain communal
- Montesquieu (40), par Exosun

Projets évoqués dans la presse et à l'étude

- Manosque (04), sur une carrière/décharge à réhabiliter
- Mison (04), dans le Sisteronais, sur l'ancienne décharge des Grandes Blaches
- Camargue (13) sur d'anciens marais salants, par EDF EN
- Béziers (34) site d'ancienne décharge
- St-Hippolite (66, près de Perpignan)
- Vallée du Rhône, 21 ha près de Pierrelatte
- Sainte-Tulle (04), entre canal EDF et autoroute
- Poët (05) en 2009, sur une friche agricole de 7 propriétaires, 16 ha pour 8 MW et 7000 eqH, par Solaire Direct
- Nombreux projets dans les Alpes de Haute Provence, vallée de la Durance notamment
- Losse/Gabardan (40), EDF Energies Nouvelles sur 250 ha
- Saint Symphorien (33), EDF Energies Nouvelles 24 MW sur 73 ha
- Daumazan sur Arize (09), EDF Energies Nouvelles sur 35 ha puissance 10 MW
- Toreilles (68), 1,7 ha pour 2,23 MWc
- La région Poitou-Charentes vient de lancer un plan photovoltaïque destiné à installer 650.000 m² de panneaux d'ici 2012 (65 MWc) dont 300.000m² de centrales au sol.
- 400 MWc des projets de centrales PV en Corse, à différents stades d'avancement (centrale de Rapale de 10 MWc autorisé)

Accompagnement de projets d'agriculteurs au Parc naturel régional du Luberon.



Centrale Solaire de Lunel
Commune de Lunel
Hérault (34)



Date de mise en service :	Septembre 2008
Puissance électrique :	505 kWc
Production électrique :	605 900 kWh / an
Surface occupée :	1,5 ha
Émissions de CO2 évitées :	546 t par an

Soutenue par la Région Languedoc-Roussillon qui a participé à son financement, cette unité photovoltaïque au sol est la première réalisation d'une telle importance sur le territoire français métropolitain.

Les 6 500 panneaux solaires délivrent l'électricité qu'ils produisent directement sur l'artère Haute Tension souterraine qui longe le site et alimente la Ville de Lunel.



Le site de Curbans en Provence

Ce site entre le parc régional du Lubéron et le massif des Écrins, a été choisi par Electrabel France (filiale de Suez) pour installer ce qui serait à ce jour la plus grande centrale solaire d'Europe. Entre 150.000 et 250.000 panneaux solaires pour une puissance installée de 30 à 50 MWc doivent être installés sur un total de 300 hectares.

7.11 Synthèse des effets environnementaux

Tableau 13 : Effets potentiels sur l'environnement du photovoltaïque

Facteurs environnementaux	Photovoltaïque en toiture	Photovoltaïque au sol
Conservation des sols	Non concerné	Dans certains cas bouleversement des sols et des surfaces, tassement. Risque de concentration des écoulements d'eau et d'érosion.
Qualité de l'eau	Non concerné	Dépend des produits utilisés (comme le CdTe)
Quantité d'eau	Non concerné	Non concerné.
Biodiversité	Non concerné	Fragmentation de l'espace clôturé. Transformation du couvert (en prairie sèche fauchée ou pâturée). Zone de tranquillité
Paysage	Dépend de l'architecture et de la situation du bâtiment. À intégrer dans la toiture.	Installation assez basse, visible à moyenne distance si relief. Impacts indirects de l'aménagement (piste, clôture, bâtiment...). Fonction de la taille des projets
Autres effets	Non concerné	Les effets de miroitement, de reflets et de formation de lumière polarisée sont encore mal évalués.

8 Eau-chaude solaire

8.1 Présentation de la technique

La production d'eau chaude solaire est applicable en agriculture avec les mêmes types d'équipements que ceux qui sont utilisés en habitat individuel. Le chauffe-eau solaire vise, grâce à un capteur solaire à eau, à transformer l'énergie solaire en chaleur utile pour les besoins d'eau chaude sanitaire, qui sont principalement les salles de traite, les activités de transformation à la ferme (laiteries, fromageries, atelier de découpe de viande...) et l'engraissement de veaux. Comme pour l'habitat, le chauffage solaire²² pourrait aussi être mis en œuvre pour des installations de chauffage à eau chaude.

Le chauffe-eau solaire permet de réaliser des économies d'énergies pour les besoins thermiques de l'eau chaude, produites le plus souvent à partir de l'électricité.

Le besoin d'eau chaude solaire en salle de traite, souvent de l'ordre de 3 à 5 000 kWh par an (cumulus de 200 à 300 litres), nécessite une installation de 4 à 8 m² de capteurs.

Pour les ateliers de transformation (fromagerie, découpe ...) et les veaux de boucherie, le besoin d'eau chaude est plus important et la taille des installations est plutôt de 10 à 20 m² de capteurs.

Ces économies d'énergie sont évaluées souvent entre 50 à 70% de l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau chaude. La variabilité dépend du dimensionnement technico-économique du chauffe-eau vis-à-vis des besoins d'eau chaude. L'énergie moyenne annuelle récupérée est de l'ordre de 560 kWh par m².

L'eau chaude solaire est économiquement mieux rentabilisée quand les besoins sont réguliers sur l'année. Il n'existe aujourd'hui aucun frein technologique au développement de cette technique.

8.2 État du développement

On comptait en 2005, 100 000 exploitations professionnelles avec des vaches laitières, 12 000 exploitations ayant des caprins et 5 100 exploitations ayant des brebis laitières.

Il n'existe pas de recensement des exploitations agricoles utilisant du solaire thermique. Les données de suivi des aides des régions et ADEME n'identifient pas la cible « agriculture ».

Dans le cadre de cette étude il a été recensé **moins de 100 installations** de chauffe-eau solaire en laiterie, principalement dans l'Ouest, le Sud-Est et le Sud-Ouest, et l'Alsace.

Ce recensement est aussi délicat à mener car les sources d'informations sont principalement le suivi des aides qui sont différentes en domestique et en professionnel, alors que des installations sont parfois à usage mixte agricole et domestique (grâce la proximité des usages), ce qui est du point de vue de la rationalité technique et énergétique est très intéressant.

Le PPE prévoit un potentiel de développement d'environ 20 000 installations à l'issue du plan soit 120 000 m² de capteurs de chauffe-eau solaire (l'équivalent de 20 000 installations de 6 m²).

²² A noter que des technologies inspirées du séchage solaire pourraient aussi être mises en œuvre pour du préchauffage de l'air neuf dans les bâtiments. Quelques réalisations en bâtiments industriels et en habitat existent.

Le marché du chauffe-eau solaire est d'abord dominé par le segment des particuliers, puis des opérations collectives en habitat. Le marché « agriculture » n'est pas aujourd'hui une cible prioritaire des installateurs et des fabricants. Les prix unitaires des chauffe-eau sont donc relativement élevés, ce qui limite la capacité de développement et de dissémination de la technologie en agriculture. Ce potentiel reste très dépendant du prix des énergies substituées : électricité surtout, et dans une moindre mesure propane, fioul domestique.

Avec un investissement non aidé de 1 100 à 1 300 €HT/ m² de capteurs, le temps de retour sur investissement reste élevé souvent de l'ordre de 15 ans, qui peut atteindre avec les aides de 8 à 13 ans.

Un effet taille de l'installation permet en général de diminuer le prix unitaire jusqu'à 25% (pour 20 m²).

8.3 Impacts environnementaux

8.3.1 Impacts sur l'air, le climat, l'énergie

La mise en place d'eau chaude solaire a principalement un impact sur l'économie d'énergie non-renouvelable donc sur la limitation des rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

À l'échelle de l'exploitation laitière, l'économie d'énergie porte sur une partie de l'électricité consommée soit environ 3 à 5% de la consommation totale d'énergie de l'exploitation (base PLANETE).

Les impacts sur la réduction des émissions de GES sont plus ou moins forts selon l'énergie substituée :

- Pour les exploitations laitières (bovin, caprin, ovin) : électricité très majoritairement
- Pour les ateliers de transformation : électricité ou propane, parfois fioul
- Pour les veaux de boucherie : principalement propane

Le développement prévu dans le PPE permettrait une économie d'énergie de 60 000 MWh d'énergie finale.

8.3.2 Autres impacts environnementaux

La mise en place de chauffe-eau solaire n'a pas d'impact sur l'eau, le sol, la biodiversité. La technologie a un impact réduit sur le paysage car la taille des capteurs solaires est limitée à quelques m², ce qui est faible au regard des volumes des bâtiments agricoles. Toutefois, l'intégration architecturale des capteurs est à prendre en compte sur chaque site afin d'éviter des images négatives sur la technologie.

8.4 Exemples de réalisation en eau chaude solaire en agriculture

Monsieur Guellier à Monthou-sur Bièvre (Loir et Cher), producteur de lait avec transformation fromagère a installé 5 m² de capteur en toiture pour fournir une partie de l'eau chaude nécessaire au nettoyage de la fromagerie et de la salle de traite. L'économie annuelle est de 2 800 kWh/an pour un investissement de 5 000 € (soit 1 000 €/m²). Le temps de retour est estimé à 12 ans en tenant compte de la subvention de 50% de l'Ademe.



GAEC du Vialaret (12)
6 m² de capteurs solaires et 300 litres
Atelier de transformation : 25.000 volailles
fermières par an
Substitution : propane

Ferme expérimentale de l'Ecole d'Ingénieurs de
Purpan (31)
Bovin lait
8 m² de capteurs
Substitution : électricité



Capribio (82)
Chèvres laitières en bio + fromages
20 m² de capteurs solaires
Substitution : propane

SCEA Mungo (31)
Production de haricots Mungo
38 m² de capteurs
Substitution : fioul



9 Séchage solaire en grange du foin

9.1 Présentation de la technique

Le séchage solaire des fourrages est une technique de récolte et de conservation des fourrages par la voie sèche, en vrac ou en balles rondes et utilisant la toiture des bâtiments comme capteur solaire. Elle est alternative et parfois complémentaire aux autres modes de conservation de l'herbe que sont les voies humides (ensilage, enrubannage).

Il existe en général une bonne adéquation entre la quantité de foin à sécher et les surfaces de toiture. Il n'y a pas vraiment de taille minimum.

Tableau : exemples de tailles d'installation

	Système de production	SAU en ha	Surface du capteur toiture en m ²	Quantité de foin séché en tonnes
Exploitation 1	brebis lait	19	145	25
Exploitation 2	vache laitière	21	230	30
Exploitation 3	vache laitière AOC	169	1430	500

La technique consiste à récolter à un stade précoce une plante riche, qui donne après une bonne conservation un foin de très haute qualité nutritive, ingéré en grande quantité sans gaspillage par les animaux. On obtient au final un fourrage à 85% de matière sèche, ce qui assure sa parfaite conservation sans échauffement ni dégradation organique.

Cette technique est particulièrement propice et favorable aux systèmes herbagers. Les éleveurs bio utilisent aussi préférentiellement cette technique du fait qu'ils sont limités dans l'achat de concentrés et qu'ils ont donc besoin d'un foin de qualité.

A noter que certains éleveurs utilisent des chaudières automatiques au bois déchiqueté (GAEC WERN – 22) et une partie de la chaleur du biogaz (F. CLAUDEPIERRE – 54) pour sécher leur fourrage.

Cette filière est notamment portée par deux associations d'agriculteurs : SEGRAFO (Association de Séchage en GRAnge des Fourrages) Ouest et Massif Central.

9.2 État du développement de la filière

Cette filière est particulièrement développée en Suisse (1200 installations), en Norvège (200 installations) et en Autriche.

Il est nécessaire de distinguer les réalisations de séchage de fourrages (à l'air ambiant ou au fioul ou propane) de celles utilisant l'énergie solaire pour le chauffage de l'air. L'utilisation de l'énergie solaire a démarré au début des années 80 bien après le développement du séchage en grange. Il a notamment été initié par le laboratoire d'énergétique rurale de l'ENSAT/CNRS de Toulouse.

Le développement du séchage des fourrages est historiquement basé dans les régions fromagères et à l'herbe, dans les Alpes et en Franche-Comté, en particulier dans les zones

AOC avec interdiction d'ensilage ou d'enrubannage. Il est aussi bien présent dans la zone Roquefort. Plus récemment (depuis le milieu des années 90), le séchage des fourrages s'est développé plus largement dans le massif central, dans le grand ouest (Bretagne, Basse-Normandie) et de manière plus disséminée dans le grand est.

Depuis le milieu des années 90, la quasi-totalité des installations de séchage en vrac sont réalisées avec un capteur solaire.

Le recensement réalisé dans le cadre de cette étude a comptabilisé **403 séchoirs solaires de fourrages**. Cela représenterait une surface de capteurs d'environ 22 ha.

Dans l'Ouest, SEGRAFO recense 100 installations de séchage en grange dont une trentaine en Basse-Normandie. On dénombre environ 150 à 200 installations de séchage solaire dans le Massif Central (Midi-pyrénées, Auvergne) et de l'ordre d'une dizaine d'installations sur la chaîne pyrénéenne et environ une centaine en Rhône-Alpes (cf carte 1).

A coté de ces séchoirs solaires à fourrage, il existe quelques exemples de séchoir solaire à grain (environ 5 à 10 séchoirs) et à plantes médicinales (Drome, Tarn) (environ 100 séchoirs solaires).

9.2.1 Les arguments du séchage en grange : performance, économie et respect de l'environnement

Les raisons qui incitent les agriculteurs à utiliser cette technique sont relatives à un ensemble d'arguments plus ou moins prépondérants suivant le contexte et l'orientation de l'exploitation.

1 - Une récolte rapide, une sécurité accrue

La fauche de l'herbe au stade optimal se situe très souvent pendant des périodes de précipitations fréquentes. Il est alors quasiment impossible de pouvoir sécher correctement le foin au champ car un minimum de 4 jours consécutifs sans pluie est nécessaire. Le séchage en grange permet, en laissant le fourrage environ 48 heures au sol puis en le mettant à l'abri, de s'affranchir en grande partie de cette contrainte météorologique. La ventilation du fourrage par un air réchauffé de quelques degrés permet d'atteindre le seuil de conservation (humidité du fourrage de 15%) en quelques jours (2 à 5 jours selon l'ensoleillement) et ainsi de conserver toutes les qualités initiales du fourrage.

2 - Une récolte au stade végétatif optimal

Le séchage en grange permet de faucher tôt la première coupe au moment même où le fourrage atteint le stade optimum de sa valeur alimentaire. Celui-ci se situe une dizaine de jours avant l'épiaison pour les graminées et au stade bourgeonnement pour les légumineuses.

3 - Aucune perte à la récolte

Le séchage permet de ramasser de l'herbe encore souple limitant ainsi les pertes de feuille au champ. C'est particulièrement le cas des légumineuses dont les feuilles sont en partie laissées au champ quand le fourrage est pressé sec. Séché à l'ombre, le foin conserve ses vitamines, sa couleur et sa très bonne appétence.

4 - Économie d'aliments complémentaires

Le foin étant très riche en protéines, il n'est pas conseillé de compléter la ration avec des tourteaux ou plus largement des protéines. La valeur moyenne des foins séchés est de 0,78 UFL, 97 PDN et 99 PDIE.

Pour les animaux les plus productifs, l'éleveur complète en général la ration avec des produits riches en glucides (céréales, ...) le plus souvent produite sur l'exploitation. Le foin en grange équilibre, sans complément, la ration alimentaire d'une vache produisant 5 000 kg de lait par an.

5 - Amélioration des prairies

La fauche précoce et multiple, permise par la technique de séchage, favorise :

- le développement des légumineuses en général. Au fil des années, leur proportion croît pour atteindre 25 à 30% de la flore de la prairie ;
- le développement des graminées à feuilles larges (ray-grass anglais, dactyle, fétuque, ...) dont la valeur alimentaire est supérieure à celle des graminées à feuilles fine (brôme dressé, ray-grass anglais, ...) ;
- la régression voire l'anéantissement des plantes indésirables tels que les chardons, les ombellifères, rumex, renoncules, ...).

6 - Réduction d'intrants

Le séchage permet le développement des légumineuses dans les prairies naturelles ou en prairies temporaires. Ce développement engendre une réduction importante voire totale de l'utilisation des engrais azotés chimiques. Le recours au désherbage des prairies naturelles devient souvent inutile.

De plus, le séchage améliore la pérennité des prairies, ce qui limite les travaux d'implantation de celles-ci. Il engendre donc aussi une diminution des coûts et meilleure protection des sols. Les matériels utilisés sont souvent plus légers, ce qui réduit les impacts mécaniques sur le sol.

7 - Diminution des frais vétérinaires et taux de renouvellement du troupeau

Les agriculteurs pratiquant le séchage en grange ont des dépenses vétérinaires assez faibles (15 à 40% de moins que pour les éleveurs utilisant l'ensilage). De même, il est à signaler que les animaux nourris à l'herbe et au foin vivent et produisent plus longtemps que ceux nourris à l'ensilage ou avec d'autres aliments, ce qui réduit le taux de renouvellement du cheptel.

8 - Mécanisation de la chaîne de récolte et réduction du temps de travail

Ces aspects motivent très souvent les agriculteurs pour le choix de cette technique.

La mécanisation de la chaîne de récolte est le plus souvent totale, ce qui supprime en partie la pénibilité des fenaisons. Cette chaîne de récolte est adaptée au travail d'un homme seul. De plus, la récolte est très rapide. Par rapport au séchage sur le champ réalisé dans de bonnes conditions (fenaison sans pluie), le temps de travail est réduit au moins de moitié. En hiver, la mécanisation fréquente de la distribution du fourrage réduit de façon assez importante le temps et la pénibilité de l'alimentation des animaux. L'organisation des bâtiments pour l'alimentation hivernale des animaux permet en général de ne plus utiliser le tracteur, la griffe à fourrages permettant une distribution rapide et facile des aliments.

9 - Obtention d'un lait de qualité

Le séchage en grange limite les risques de germes butyriques qui peuvent dégrader la qualité des fromages. Ceux-ci provenant de la terre ne peuvent survivre et proliférer qu'en milieu humide et en absence d'oxygène. Ceux-ci sont donc éliminés dans le stock de foin. L'alimentation des animaux à base de foin ventilé permet d'obtenir un lait de bonne qualité "apte" à la transformation fromagère (taux protéique élevé et bonne qualité bactériologique). En général cela se traduit par une plus value sur le prix unitaire du lait.

9.2.2 L'énergie solaire : plus qu'économique

L'énergie solaire est venue s'ajouter à la technique du séchage en grange vers la fin des années soixante-dix, dans une optique de réduction de la facture énergétique. Les vastes toitures des bâtiments agricoles recevant de grande quantité d'énergie solaire pouvaient faire l'objet d'une transformation pour valoriser cette énergie. Les systèmes de capteurs solaires utilisés aujourd'hui sont essentiellement de capteur-toiture nu. La couverture du bâtiment de stockage ou des animaux est transformée en capteur solaire par la mise en place d'une sous-face en panneau isolant qui crée un canal d'air dans lequel aspire le ventilateur du séchoir.

Les capteurs solaires utilisés permettent de récupérer l'équivalent de 600 à 11 000 litres de fioul par an selon la taille du séchoir et du capteur (soit une moyenne de 15 litres de fioul par tonne de foin séché). La plupart de ce fioul ne serait pas consommé à cause du coût élevé qu'il représenterait. Les agriculteurs font appel au brûleur essentiellement quand les conditions sont défavorables (pluies, brouillard, fourrage qui ne sèche pas car récolté trop humide, ...).

L'énergie solaire, obligatoirement récupérée par le mode de circulation de l'air, augmente la rapidité du séchage en doublant le pouvoir évaporatoire réel de l'air ambiant : le fourrage, récolté principalement quand les conditions météorologiques sont favorables, sèche rapidement ce qui permet d'accélérer le rythme de récolte et par conséquent la fauche au stade optimal. La durée du séchage est ainsi diminuée de 30 à 70% par rapport à une ventilation à l'air ambiant. Les économies de consommation électrique du ventilateur sont en moyenne de 40 à 50%.

Le programme de démonstration menée sur la zone de Roquefort a permis de montrer que l'énergie solaire était la plus adaptée au séchage en vrac des fourrages.

Le séchage des balles rondes ou parallélépipédiques, technique plus récente, a été mis au point plus récemment, dans les années 90. L'objectif est en général de conserver la chaîne de mécanisation en balles existantes sur l'exploitation. Les balles sont séchées par lot, puis mises en stockage. Comparativement au vrac, cette technique engendre plus de mécanisation et de temps de travail lors de la récolte comme lors de la distribution. Le temps de travail est proche de celui de l'enrubannage.

Le procédé de séchage est plus intensif que le séchage en vrac, avec des ventilateurs plus puissants et la nécessité de recourir à un générateur d'air chaud pour pouvoir sécher le lot dans la journée. Le fourrage est en général pressé plus sec (intermédiaire en le vrac et le foin) donc avec un temps de séjour au sol plus important. Le solaire ne peut en général pas être utilisé car les bottes sont usuellement mises en séchage en fin d'après-midi et mises en stockage le lendemain. L'ensoleillement existant ne peut pas souvent être valorisé.

9.3 Soutien public

Le soutien public au séchage existe en partie dans le plan de modernisation des bâtiments d'élevage « PMBE2 » dans la mesure où les fonds régionalisés le permettent. La mécanisation en vrac (autochargeuse, griffe à fourrages, ventilateur) peut être soutenue par certains conseils régionaux et départementaux.

La partie « solaire » est selon les zones soit intégrée à l'ensemble des équipements de séchage, soit soutenue par les fonds « énergies » de l'ADEME ou du conseil régional.

Le plan de performance énergétique des exploitations agricoles permet d'aider le séchage solaire.

Par exemple le Conseil général des Côtes d'Armor a décidé de soutenir le séchage solaire avec une enveloppe de 65 000 € voté le 26/09/05 pour 11 installations (certains séchoirs fonctionneront aux plaquettes de bois) avec une aide de 20% pour l'investissement du capteur.

9.4 Impacts environnementaux

9.4.1 Impact sur l'air / climat / énergie

Le capteur solaire à air permet de récupérer de l'énergie thermique sous forme d'air chaud. On estime que pour une durée de fonctionnement annuel du séchoir de l'ordre de 80 à 100 jours par campagne, l'énergie solaire récupérée est en moyenne de l'ordre de 4 tep/an pour un séchoir moyen de 150 à 200 tonnes (Bochu, 1996). Il existe une grande diversité dans les tailles d'installation, les cheptels et l'importance de la pâture en base de l'alimentation.

On peut noter l'existence de très petits séchoirs avec moins de 100 tonnes stockées (RAD-SOLAGRO, 2003), en particulier dans les zones de montagnes avec des petites exploitations.

9.4.2 Impact sur le sol

Le séchage en grange en favorisant la prairie temporaire et permanente au détriment du maïs ensilage, modifie la rotation et l'assolement. Dans les exploitations qui adoptent le séchage solaire en grange, le maïs est fortement réduit ou éliminé au profit de la prairie temporaire, artificielle ou permanente. Sur 4 exploitations suivies en Bretagne la réduction est de 90% avec 3 fermes qui ont arrêté le maïs (Segrafo, 2008). Le risque de sol nu avant implantation du maïs est donc réduit.

L'utilisation de machines agricoles, en général moins lourdes, limite le tassement des sols et augmente la durée de vie des prairies générant moins renouvellements (durée de vie de la prairie plus longue).

9.4.3 Impact sur la biodiversité

Le séchage en grange est globalement plus favorable aux prairies artificielles de légumineuses (la luzerne est considérée comme la plus facile à sécher) qui vont diversifier la rotation et qui sont favorables à certaines espèces. Il conforte aussi les prairies naturelles.

La réduction des surfaces en maïs se traduit aussi par une réduction de l'utilisation de pesticides (herbicide notamment).

En contribuant à une réduction des besoins en concentrés, le séchage a un effet indirect sur la biodiversité au travers de la baisse de la consommation de tourteaux de soja dont la majorité (89%- source Douanes) provient de la zone amazonienne du Brésil. Une tonne de tourteau correspond à la production d'un ha (qui produit aussi 1 t d'huile). L'achat de concentrés a été réduit de 20% sur les fermes suivies en Bretagne (Segrafo, 2008). L'économie est de 175 kg par vache soit pour 50 vaches l'équivalent de 7 ha de soja « économisés ».

Par contre, tout comme la technique d'ensilage d'herbe, le séchage en grange favorise une fauche précoce au stade optimum de qualité et accroît le nombre de coupes, ce qui peut avoir des effets négatifs sur la faune (oiseaux notamment). Les fauches précoces de prairies naturelles de haute valeur biologique (prairies inondables ou humides de plaine) sont défavorables aux oiseaux nichant au sol (Broyer, 2008). Le séchage en grange permet aussi d'accroître le nombre de coupe.

9.4.4 Impact sur les ressources en eau

La diminution de la fertilisation minérale permise par les légumineuses va réduire les risques de surplus et de lessivage d'azote.

La suppression de l'ensilage élimine les jus d'ensilage comme source ponctuelle de pollution.

9.4.5 Réduction des déchets

L'arrêt ou la réduction du séchage au champ et/ou de l'ensilage, au profit du séchage en grange, se traduit par une réduction ou l'arrêt de l'utilisation de bâches plastiques et de ficelles.

9.4.6 Impact sur le paysage

Il n'y a pas d'impact sur le paysage du capteur solaire dans la mesure où c'est la toiture qui fait office de capteur solaire. Aucune modification n'est visible de l'extérieur.

Le fait de supprimer l'ensilage sur certaines exploitations aura un effet positif sur le paysage en réduisant les tas d'ensilage recouverts de pneus usagers.

9.5 Synthèse des effets environnementaux

Table 14: Effets potentiels sur l'environnement du séchage solaire

Facteurs environnementaux	Séchage solaire des fourrages
Conservation des sols	Réduction des sols nus en hiver et réduction du tassement lié aux machines
Qualité de l'eau	Réduction de la fertilisation azoté chimique et de l'utilisation d'herbicide. Réduction ou arrêt des risques liés aux jus d'ensilage
Quantité d'eau	Non concerné
Biodiversité	Effet positif en favorisant les systèmes à l'herbe et en réduisant les surfaces en maïs. Réduction des importations de tourteaux de soja. Effet négatif sur la faune du fait d'une fauche plus précoce si prairie naturelle de haute valeur biologique.
Paysage	Pas d'effet concernant le bâtiment. Moins de tas d'ensilage. Plus de prairies
Autres effets	Réduction de la quantité de plastiques utilisés

9.5.1 Les points à étudier

- évaluer l'impact environnemental (biodiversité, stockage de carbone, qualité de l'air) du séchage en grange sur le système de production et ses pratiques à partir d'un réseau d'exploitation ayant adopté cette démarche

10 La micro-hydraulique

Ce chapitre qui s'intéresse aux installations en milieu agricole concerne seulement les microcentrales et les pico-centrales. Il s'agit donc de centrales installées en dérivation des cours d'eau avec une problématique de remise en service ou d'optimisation.

10.1 Le principe de fonctionnement

Une centrale micro-hydraulique est une installation qui transforme l'énergie potentielle de l'eau en travail mécanique, puis la transforme en électricité.

La centrale est située complètement « au fil de l'eau » (cas de la roue), sur un canal de dérivation, sur le seuil lui-même ou au pied d'une conduite forcée. L'eau de conduites existantes peut aussi être « turbinée » (sur le réseau d'eau potable ou celui d'eaux usées).

En général, le **seuil « barrage »** a pour unique fonction de garantir le niveau d'eau constant nécessaire au fonctionnement de la prise d'eau. Le marnage est très limité. Les ouvrages sont donc considérés comme « au fil de l'eau » et dépendent du régime du cours d'eau qui l'accueille.

La turbine a remplacé la roue, utilisée de l'Antiquité à l'ère industrielle, jusqu'à la roue à aubes qui était utilisée jusqu'au XIX^{ème} siècle dans les moulins à eau. L'énergie hydraulique a d'abord servi à générer de l'énergie mécanique, puis de l'énergie électrique. Le rendement d'une turbine (qui peut atteindre 90%) est nettement supérieur à celui de la roue hydraulique (20%). **Un alternateur**, synchrone ou asynchrone, permet ensuite de transformer l'énergie mécanique en électricité.

- **Les turbines Pelton** sont utilisées pour les hautes chutes (de 60 à 1 000 mètres) et les faibles débits, jusqu'à 7 m³/s ; elles sont réalisées avec axe horizontal ou, de plus en plus fréquemment, vertical.

- **La turbine Francis** est principalement utilisée pour des basses et moyennes chutes (de 10 à 250 m) et des débits moyens pouvant atteindre 20 m³/s. On rencontre aussi bien la disposition avec arbre horizontal qu'avec arbre vertical.

- **Les turbines axiales** sont adaptées aux basses chutes (entre 2 et 30 m) et aux débits plus élevés, à partir de 3 m³/s ; elles comprennent la **turbine hélice**, la **turbine Kaplan** qui fonctionne sur une grande gamme de débits et le **groupe bulbe**, constitué d'une turbine Kaplan et d'un alternateur constituant un ensemble complètement entouré par le courant d'eau.

La turbine Banki, également appelée "Cross-flow turbine" ou turbine Mitchell, peut fonctionner sous une large gamme de débits et de hauteurs.

Le débit réservé dans le tronçon court-circuité est de 1/10^{ème} du module de la rivière. La surveillance de ce débit est souvent assurée par des capteurs de niveau reliés à des systèmes automatisés.

Les déchets flottants de la rivière sont stoppés par une **grille de protection** et extraits par un **dégrilleur** mécanique.

La puissance de l'installation est proportionnelle au débit et à la chute.

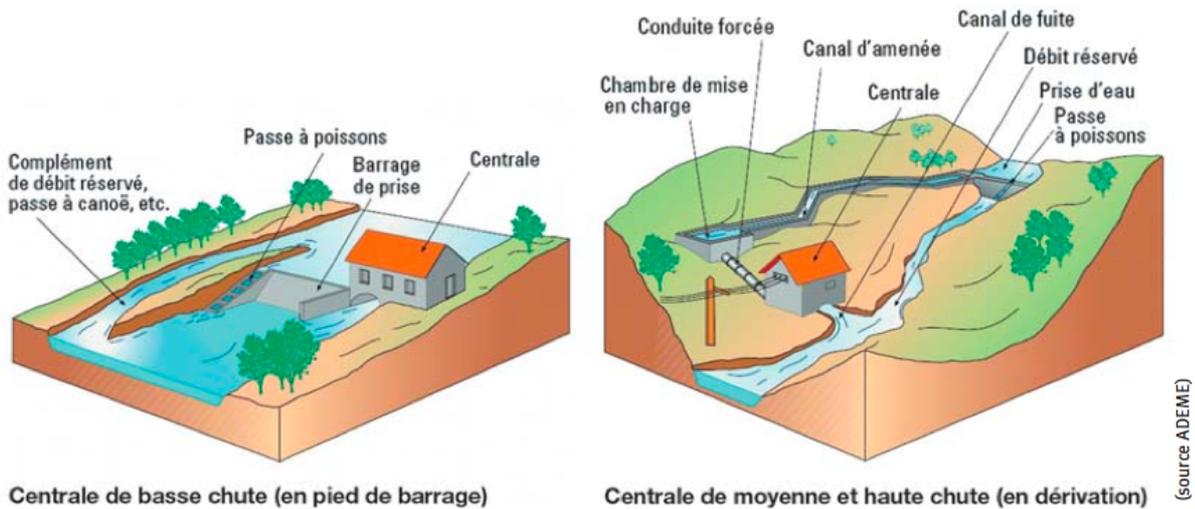
Une PCH (Petite Centrale Hydroélectrique) est une installation de puissance inférieure à 10 MW (définition de l'Union Européenne) :

- une *petite* centrale pour une puissance comprise entre 2 000 kW et 10 000 kW,

- une *mini*-centrale pour une puissance comprise entre 500 kW et 2 000 kW,
- une *micro*-centrale pour une puissance comprise entre 20 kW et 500 kW,
- une *pico*-centrale pour une puissance inférieure à 20 kW.

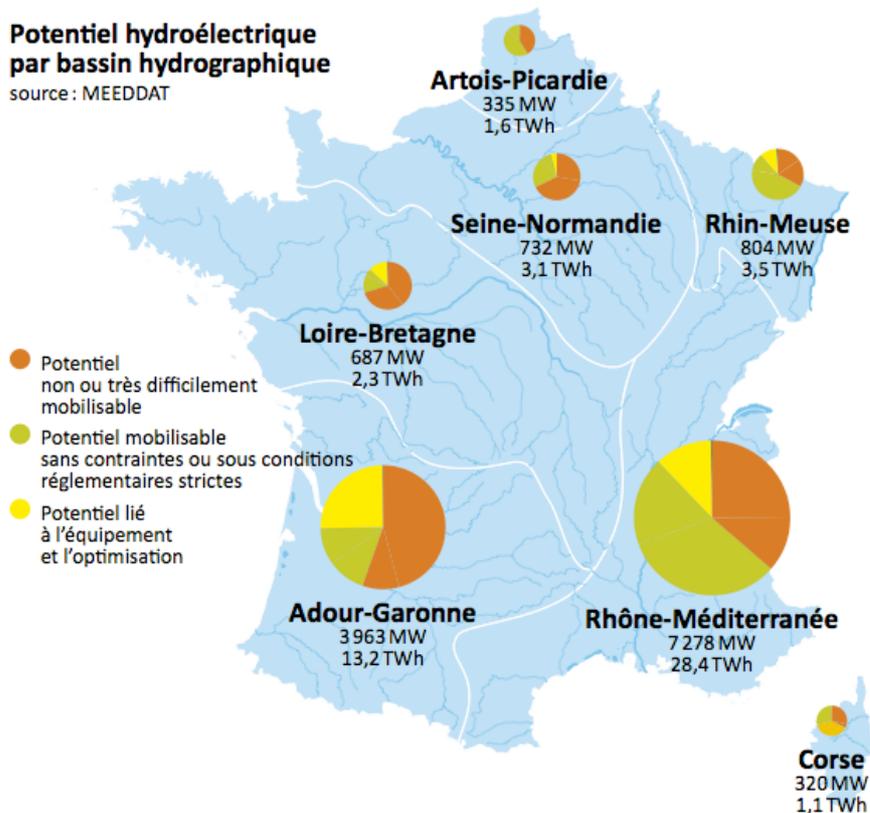
NB : Cette catégorisation change selon les sources et les instances considérées.

Deux exemples de petites centrales hydroélectriques



Potentiel hydroélectrique par bassin hydrographique

source : MEEDDAT



10.2 Le Potentiel

En Europe

En 2001, dans l'UE-15²³, la petite hydroélectricité a contribué à :

- 2% de la production totale d'électricité,
- 9% de la production d'électricité de source renouvelable,
- 4% de la production primaire d'énergie renouvelable.

Dans l'ensemble de l'Union, environ 16 800 petites centrales hydrauliques fonctionnent avec une capacité totale installée de 11 GW, pour une production totale de 41 TWh par an ; la puissance moyenne est donc de 650 kW.

La capacité du parc européen installé en petite hydraulique en 2002 est située à 21% en Italie et à 17% en France.

En France

L'hydroélectricité en France²⁴ représente 12% de la production d'électricité nationale, la deuxième source d'électricité après le nucléaire. La France a le deuxième parc installé en Europe ; ses installations hydroélectriques représentent une puissance de 23 500 MW pour une production moyenne de 69,3 TWh/an dont :

- **1 700 petites installations sous le régime de l'autorisation (puissance inférieure à 4,5 MWc), pour une puissance cumulée de l'ordre de 1 MW,**
- environ 400 concessions (puissance supérieure à 4,5 MWc).

Le potentiel

NB : Il y aurait eu, en France, 22 500 moulins à eau (dont 17 300 pour le blé), en 1848 et 70 000 en 1890.

En juillet 2008, le Ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire a présenté un plan de relance de la production hydroélectrique, (en application des conclusions du Grenelle de l'Environnement) : en 2020, la puissance du parc devrait avoir augmenté de 2 500 MW, et la production de 7 TWh/an.

L'ADEME et les Agences de l'eau ont évalué le potentiel de chaque grand bassin, en prenant en compte l'optimisation des installations (gain possible de près de 35% de puissance), l'équipement de seuils existants, les nouveaux projets identifiés et le potentiel des caractéristiques naturelles des cours d'eau, mais aussi les cours d'eau classés et les effets des réglementations en matière de protection des milieux. Le potentiel lié à l'optimisation des centrales existantes est estimé à 1 à 2 TWh par an.

La petite hydroélectricité dispose en France d'un potentiel estimé de développement compris entre 2 et 3 TWh. Cette capacité se localise en grande majorité dans les Alpes et le Sud-Ouest de la France. Chaque année, entre 10 et 20 MW de centrales de petite hydroélectricité sont mis en service. En 2012, la puissance installée en petite hydroélectricité se montera à environ 2 300 MW contre 2 070 MW en 2007, soit une croissance de 11% en 5 ans.

²³ Sources des données au niveau européen : MHyLab, 2005.

UE-15: Portugal, Suède, Allemagne, France, Italie, Luxembourg, Grèce, Espagne, Finlande, Belgique, Pays Bas, Danemark, Autriche, Irlande, Royaume-Uni

²⁴ Source : MEEDDAT, juillet 2008.

Ainsi, la production des petites centrales hydroélectriques franc-comtoises atteint 150 MW. Plusieurs centaines de sites franc-comtois pourraient être modernisés ou équipés pour un gain de production de plusieurs dizaines de MW.

Des programmes soutenant cette filière se développent avec le soutien des conseils régionaux et généraux, en Franche-Comté, dans le Doubs et le Jura, dans l'Ain, en Haute-Garonne ou dans les Vosges.

L'intérêt de la microhydraulique est une production répartie sur l'ensemble du territoire rural avec une prépondérance dans les massifs et les zones économiquement défavorisées qui amènent de l'activité économique induite et des retombées sur la fiscalité locale.

10.3 Conditions actuelles de mise en oeuvre

10.3.1 Un contexte juridique complexe

Cette forme de production d'énergie a des impacts sur la morphologie et la continuité écologique des cours d'eau, qui sont des critères majeurs pour l'atteinte du bon état écologique : son développement doit donc se situer à l'équilibre entre les deux objectifs des **directives européennes, transposées en droit français**, sur l'eau et sur le développement des énergies renouvelables (cf chapitre 2.2) :

- La Directive cadre sur l'eau qui fixe des objectifs de qualité de l'eau
- La Directive sur l'électricité d'énergies renouvelables et la directive « énergie-climat » qui fixent des objectifs de production d'énergie renouvelable et en particulier d'électricité renouvelable ainsi que des objectifs de réduction des GES.

Un jugement récent du 16 décembre 2008 du tribunal administratif traduit ce difficile équilibre en venant casser un arrêté du Préfet du Cantal autorisant la création d'une microcentrale sur la Santoire sur la base notamment de la DCE et de ses objectifs de restauration de la qualité des cours d'eau.

Les principaux textes français encadrant l'énergie hydraulique

- > *Loi du 16 octobre 1919* sur l'utilisation de l'énergie hydraulique, qui a nationalisé l'usage de l'eau à des fins de production d'hydroélectricité
- > *Loi Pêche du 29 juin 1984* relative à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles
- > *Loi sur l'eau du 3 janvier 1992*
- > *Décret 93-742 du 29 mars 1993*, modifié par le *décret 95-1204 du 6 novembre 1995*
- > *Décret 94-894 du 13 octobre 1994* modifié relatif à la concession et à la déclaration d'utilité publique des ouvrages utilisant l'énergie hydraulique
- > *Loi du 3 janvier 2003* relative aux marchés du gaz et de l'électricité, et au service public de l'énergie
- > *Loi d'orientation de la politique énergétique de la France du 13 juillet 2005 (dite loi POPE)* : affirme l'importance de l'hydroélectricité pour le développement des énergies renouvelables, évalue le potentiel par zone géographique et précise certaines dispositions favorables pour le développement de la filière.
- > *Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (dite loi LEMA)* : précise les modalités de délivrance des débits réservés, ainsi que les critères de classement des cours d'eau.

Des décrets fixent la liste des cours d'eau classés sur lesquels aucune autorisation ou concession ne sera donnée pour des entreprises hydrauliques nouvelles.

> *Décret 2008-699 du 15 juillet 2008* relatif à l'établissement de la liste des ouvrages nécessitant un aménagement adapté pour assurer la circulation sécurisée des engins nautiques non motorisés.

La plupart des prescriptions (conditions d'autorisation, d'exploitation, protection des milieux aquatiques) sont reprises dans le code de l'environnement.

10.3.2 Des procédures longues

La procédure d'instruction des projets dure plusieurs années ; elle est longue et complexe. La reprise et la modernisation d'équipements existants (même abandonnés) sont beaucoup plus courants que la mise en place de nouveaux projets.

Droit d'exploitation

La loi de 1919 prévoit que les concessions ou autorisations d'utiliser l'énergie hydraulique sont accordées pour une durée limitée, ne pouvant excéder soixante-quinze ans. Elles sont généralement accordées pour une durée de 30 ans maximum. Les autorisations s'appliquent aux ouvrages de moins de 4 500 kW, dès le premier KW produit. Elles peuvent être renouvelées dans des conditions analogues à la délivrance d'une nouvelle autorisation. Aux termes de l'autorisation, les ouvrages restent dans tous les cas la propriété du pétitionnaire. Si l'autorisation n'est pas renouvelée, la même loi impose au propriétaire de rétablir le libre écoulement du cours d'eau à ses frais. Enfin, des recours peuvent être engagés contre cette autorisation durant une durée de 4 ans, ce qui est une source d'insécurité juridique pour les nouveaux projets.

Pour les ouvrages existants avant 1919, ce droit avait été prolongé pendant 75 ans.

Selon une jurisprudence constante du Conseil d'Etat, **les droits fondés en titre** subsistent légalement, malgré un non usage prolongé, à partir du moment où les éléments physiques permettant d'utiliser la force hydraulique correspondante existent toujours (seuil, canal d'aménée, fosse à roue, canal de fuite). Ils ne sont donc pas perdus et ne nécessitent pas d'être « ré-autorisés » même si quelques travaux sont nécessaires. À l'inverse, lorsque les éléments physiques ont disparu, le droit fondé en titre associé est perdu.

Avant-projet

Les projets de PCH dont la puissance maximale brute dépasse 500 kW (petite et mini-centrale) sont soumis à **étude d'impact**.

Ceux d'une puissance inférieure à 500 kW (micro- et pico-centrales) sont soumis à **notice** d'impact (version simplifiée limitant les domaines à étudier).

Le Préfet a la prérogative de refuser pour l'État les demandes d'autorisation, pour des motifs d'intérêt général, même si l'aménagement projeté respecte la réglementation. En sens contraire, la volonté de développer les énergies renouvelables va renforcer la nécessité de mieux motiver les refus, tout particulièrement de renouvellement d'autorisation²⁵.

²⁵ Réf. CAA Bordeaux, 14 juin 2001, Compagnie hydroélectrique de Vouneuil-sur-Vienne, n° 97BX01282 ; Réf. CAA Bordeaux 27 février 2003, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, n° 99BX00735.

10.3.3 Un investissement coûteux rentable à long terme

Les petites centrales hydrauliques bénéficient de contrats d'obligation d'achat par EDF. La législation française a supprimé en 2004 la possibilité, pour ces installations, de bénéficier du renouvellement de ce contrat à son échéance.

Les tarifs moyens d'achat par EDF garantis par des contrats de 20 ans ont été établis par l'arrêté du 1er mars 2007 à hauteur de 6,07 centimes d'euros /kWh, avec une prime comprise entre 0,5 et 2,5 pour les petites installations, et une prime comprise entre 0 et 1,68 centimes d'euros /kWh en hiver (période de forte demande) selon la régularité de la production.

Le coût d'investissement varie entre 500 € et 3 500 € par kW installé (moyenne européenne des coûts d'investissement) et le bilan économique doit être raisonné sur du long terme.

10.4 Les impacts environnementaux et paysagers

Si cette source d'énergie bénéficie d'atouts environnementaux importants (une ressource indéfiniment renouvelable et locale, un fonctionnement en continu, une production d'énergie sans dégagement de gaz à effet de serre ou d'éléments polluants, et sans production de déchets), son exploitation perturbe pourtant les cours d'eau (impacts hydraulique, écologique et halieutique). La prise d'eau peut entraîner une perturbation du régime de l'eau et de la relation nappes aquifères – rivières.

Les obligations réglementaires portent sur une conformité à terme des installations en matière de débit réservé, de circulation des poissons migrateurs et de transit des sédiments.

Il n'y a pas de spécificité agricole de cette activité : l'énergie produite peut être auto-consommée par l'exploitation (habitation et activités) en réduction des charges, ou revendue à EDF, en complément de revenus. Il faut que l'agriculteur ait sur son exploitation un site favorable à une installation ou bénéficie d'un droit d'eau en propriété qu'il puisse utiliser à cette fin (ancienne prise d'eau ou ancien moulin).

Les réseaux d'eaux usées ou d'irrigation peuvent être équipés, s'ils en ont le potentiel. Cette solution a de nombreux avantages : moins de contraintes administratives d'installation, des coûts en général plus bas, moins d'impacts sur le milieu.

10.4.1 L'eau

Perturbation des écoulements

Certaines micro-centrales hydrauliques sont situées « au fil de l'eau », c'est-à-dire qu'elles ne modifient pas les débits reçus et n'altèrent pas les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

D'autres dépendent de seuils de prise qui peuvent perturber le fonctionnement hydraulique de la rivière. Ces seuils existent souvent depuis des décennies voire des siècles et sont intégrés au fonctionnement de la rivière.

Le remblaiement progressif de la retenue à l'amont du seuil dû au blocage des sédiments grossiers, réduit la capacité d'écoulement du lit, provoquant ainsi des débordements plus fréquents à l'amont. À l'aval, le manque de ces sédiments grossiers génère une érosion progressive conduisant à l'incision du lit pouvant entraîner des problèmes de sécurité. Sur les pentes un peu moins fortes ou les rivières lentes, le piégeage des sédiments fins provoque le colmatage des mini-retenues conduisant à des phénomènes d'eutrophisation accentués par le ralentissement du courant, l'augmentation de la température et de l'évaporation en période d'étiage.

Des débits réservés sont garantis dans les parties « court-circuitées » (harmonisation des débits réservés au 1/10e du débit annuel moyen à l'horizon 2014).

La loi de 1919 impose une limitation dans la durée de l'autorisation d'exploitation, avec une obligation de remise en état des lieux si elle n'est pas renouvelée, aux frais du pétitionnaire : les aménagements répondent au principe de réversibilité ; en pratique, cette situation est assez rare et la charge de la remise en état revient alors généralement à la collectivité.

Qualité eau

Chaque année, outre les feuilles habituelles en automne, sont récupérés au fil de l'eau des bois flottants : ces stères peuvent être brûlés dans une chaudière. Les déchets "inciviques" comme les sacs plastiques, les emballages de médicaments et les boîtes de conserve sont à évacuer à la décharge.

> La micro-centrale participe par sa grille de protection et son dégrilleur à l'enlèvement des macro-déchets flottants et à l'entretien du cours d'eau.

En outre, au niveau de l'entretien des cours d'eau, le dégrilleur peut jouer un rôle non négligeable en éliminant les éléments flottants.

Limitations des pollutions

Pendant l'installation et le fonctionnement de la centrale, il faut limiter les rejets dans le milieu :

> Un contrôle régulier des systèmes de lubrification permet d'éviter d'éventuels rejets d'huile ou de graisse.

> L'utilisation de produits écologiquement compatibles, biodégradables et non toxiques, au moyen de l'utilisation d'une huile environnementale et d'une peinture écologique (à base de pigments minéraux, sans solvant).

10.4.2 Biodiversité

Perturbation écologique

En aval de la rivière ou dans la partie court-circuitée, une eutrophisation du milieu aquatique ainsi qu'une modification et une perturbation de la faune peuvent être observées.

> Il est possible de préserver ou reconstituer des frayères à poissons et de veiller à éviter les remous à proximité de celles-ci.

> La construction d'enrochements pour des caches à poissons permet aussi de favoriser le potentiel piscicole.

> Au contraire d'une eutrophisation, le turbinage de l'eau peut dans certaines conditions techniques permettre de rejeter une eau mieux oxygénée.

Impact halieutique

L'installation peut constituer un obstacle aux migrations des poissons. Même inférieurs à 5 mètres de hauteur, des seuils sans équipement efficace prévu à cet effet peuvent déjà constituer de véritables ouvrages infranchissables. Leur multiplication a des impacts négatifs.

> La construction de passes à poissons migrateurs reconstitue les continuités écologiques.

> Des grilles à l'entrée de la prise d'eau permettent d'empêcher les poissons d'entrer dans l'installation. De nouvelles turbines en développement dites « ichtyophiles » sont moins destructrices des poissons (diminution du taux de mortalité).

10.4.3 Nuisances sonores

Le bruit généré par les turbines, par le multiplicateur de vitesse, par l'alternateur, par le transformateur et l'écoulement de l'eau, peut provoquer une gêne pour le voisinage proche. Des hydrogénérateurs compacts et immergés, qui évitent une grosse structure, limitent aussi les nuisances sonores.

10.4.4 Paysage

Les impacts sur le paysage sont limités, ponctuels : aspect de la centrale, de la prise d'eau et de la conduite forcée.

Lors de la conception, une attention particulière est portée au respect de l'architecture et à l'utilisation des matériaux locaux (enduits, couverture, gamme de couleurs utilisées). Les petites centrales sont en règle générale des installations compactes, fonctionnant grâce à des petits seuils, et bien insérées dans l'environnement urbain, campagnard ou montagnard. La réhabilitation de sites abandonnés ou d'anciens moulins, contribue ainsi à la sauvegarde du patrimoine architectural local.

Ils sont aussi atténués par la remise en état des chemins d'accès après les travaux et l'enfouissement des câbles électriques.

10.4.5 Sécurité

Le site même d'une centrale peut présenter un danger, en particulier depuis les berges, quand il est accessible aux promeneurs, en raison de la présence de chute d'eau et de vannes. Des sentiers de contournement peuvent permettre d'assurer la continuité des parcours en sécurité.

Pour les sports d'eau, des passes à canoës ou à raft peuvent atténuer l'impact des petits ouvrages.

10.5 Synthèse des effets environnementaux

Table 15 : Effets potentiels sur l'environnement de la petite hydraulique

Facteurs environnementaux	Petite hydraulique
Conservation des sols	Non concerné
Qualité de l'eau	Concerné. Rejets possibles dans le milieu (huiles, peinture...) à éviter. Nettoyage des macro-déchets flottants. Légère amélioration par oxygénation selon les systèmes utilisés.
Quantité d'eau	Installation "au fil de l'eau" : perturbations sur le segment "court-circuité". Existence d'un débit réservé.
Biodiversité	Perturbation de l'équilibre écologique du cours d'eau. Obstacle à la migration des poissons.
Paysage	Effet ponctuel lié à la centrale et ses abords. Architecture du bâtiment de la centrale. Éventuelle réhabilitation du patrimoine hydraulique.
Autres effets	Nuisances sonores limitées. Sécurité depuis les berges. Pratique des sports d'eau perturbée.

11 Conclusions

11.1 Des filières qui émergent plus ou moins vite

Suite aux enquêtes auprès des acteurs et à la bibliographie réalisée, il apparaît qu'en fin 2008, la situation en France de chacune des filières étudiées est très différente :

- en développement continu depuis 1985 mais avec un potentiel limité (séchage solaire)
- en développement continu depuis 2000 mais avec un potentiel important (eau chaude solaire)
- en phase de développement rapide (photovoltaïque) avec un contexte très favorable
- en phase de développement lent (biogaz et TCR)
- en phase de pré-développement (miscanthus)
- en phase expérimentale (phalaris, switchgrass)
- en développement constant (microhydraulique)

Le développement de ces filières est aujourd'hui **très dépendant des politiques publiques** (énergétiques, environnementales et agricoles) mais aussi du prix de l'énergie. L'objectif de cette étude n'était pas de réaliser des scénarios de développement. Il est donc difficile en l'absence de scénarios de prévoir le développement futur et la localisation de ces nouvelles filières.

Cependant les objectifs de développement sont très importants et inscrits dans le cadre des politiques de lutte contre le changement climatique. La France est dotée d'un important gisement de soleil et d'eau, contrairement aux gisements en combustibles fossiles et en uranium.

Tableau : situation des différentes filières et perspectives à 2020

	Situation en 2008	Perspectives à 2020
TCR/TTCR à vocation énergétique	Inférieure à 200 ha. Certains de ces terrains sont la propriété des collectivités et ne sont plus dans la SAU	Développement limité avant 2010. En compétition avec les produits agricoles et les agrocarburants. En attente des technologies de seconde génération pour la production d'agrocarburant. En compétition avec la ressource forestière existante et sous-utilisée qui est moins mobilisable que des cultures dédiées.
Miscanthus, phalaris, switch grass	Environ 250 ha	Développement très limité avant 2010. Idem
Photovoltaïque toiture	Environ 130.000 m ² en toiture (soit 13 ha) pour 15,6 MW	5400 Mw dont 80% seraient installés en toiture soit l'équivalent de 3.520 ha de toiture (source Négawatt)
Photovoltaïque au sol	22 ha pour 7,6 MW	Si 20% au sol cela représenterait 3120 ha dont 50% sur des sols non agricoles (sites industriels, ...)
Biogaz	8 installations agricoles en fonctionnement en 2008	Quelques milliers d'installations
Eau chaude solaire agricole	Moins d'une centaine d'installations: eau chaude salle de traite et de fromagerie, producteur de veau. Entre 5 et 30 m ² par installation	120.000 m ² (PPE) soit 20.000 installations de 6 m ²
Séchoir solaire	Plus de 400 en fonctionnement	Environ 50 par an.
Haie énergétique et agroforesterie	Pas de vocation énergétique prioritaire sur les nouvelles plantations : 2500 km/an + 2000 ha d'agroforesterie implantés en 2007-2008. 3 000 tonnes de plaquettes produites	Même rythme sauf si obligation d'atteindre un minimum de surface d'IAE par exploitation (HVE, conditionnalité)
Microcentrale	Nombre non connu en agriculture	2 300 MW en 2012 contre 2 070 MW en 2007

Une estimation de la production en 2008 de ces installations est présentée dans le tableau 16.

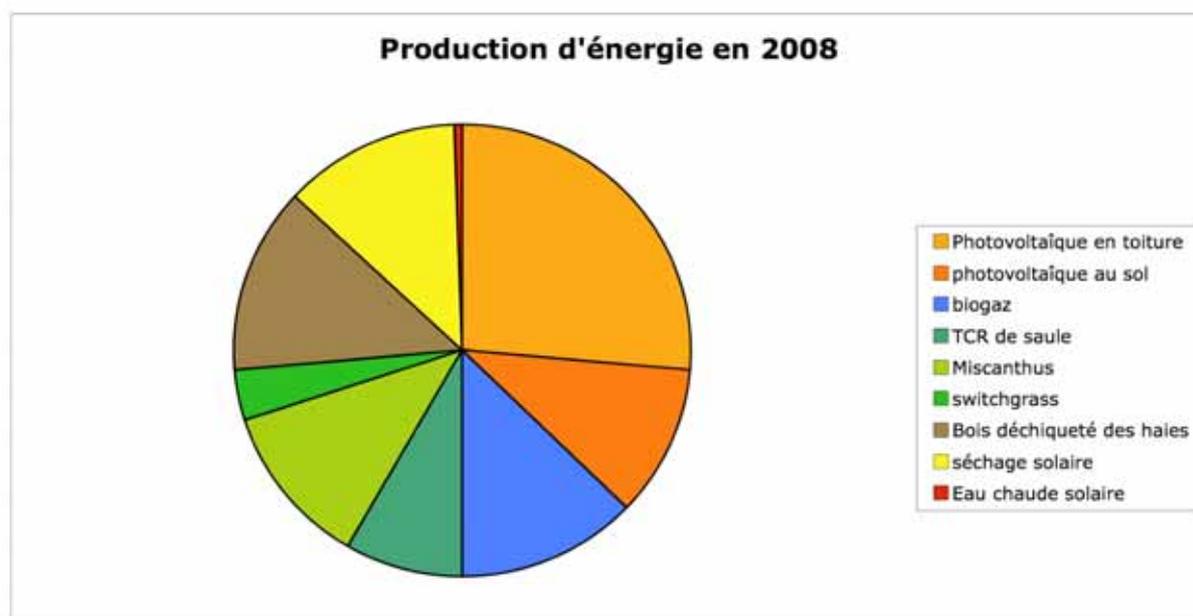
Plus de mille agriculteurs utiliseraient ces énergies, dont presque 400 pour le séchage solaire et seulement 8 pour le biogaz. Ce nombre est amené à croître fortement en 2009 du fait des nombreux projets photovoltaïques en cours

Les surfaces correspondantes restent très limitées : 937 ha dont l'équivalent de 35 ha de toiture de bâtiment.

Tableau 16 : Estimation du potentiel* de production des installations énergétiques des agriculteurs fonctionnant au 31/12/08 (réalisation SOLAGRO – sources : voir carte 1)

	Surface implantée en ha	Production d'énergie en T MS	Production d'électricité en kWh	Energie solaire thermique récupérée en kWh	Nombre d'agriculteurs concernés	En % de la production d'énergie
Photovoltaïque en toiture	13		19 207 518		221	27%
Photovoltaïque au sol (non agricole)	22		7 663 286		0	11%
Biogaz			5 360 750	3 960 000	8	13%
TCR de saule	167	1665		5 994 000	30	8%
Miscanthus	196	2352		8 467 200	87	12%
Switchgrass	60	720		2 592 000	39	4%
Plaquettes de haies	457	2689		9 680 400	157	13%
séchage solaire	22			9 146 302	403	13%
Eau chaude solaire	0,07			366 788	70	1%
Total	937	7 426	32 231 554	40 206 691	1 015	100%

*en supposant que les installations ont fonctionné durant les 12 mois de 2008 (ce qui surestime la production réelle puisque certaines installations n'ont fonctionné qu'une partie de 2008)

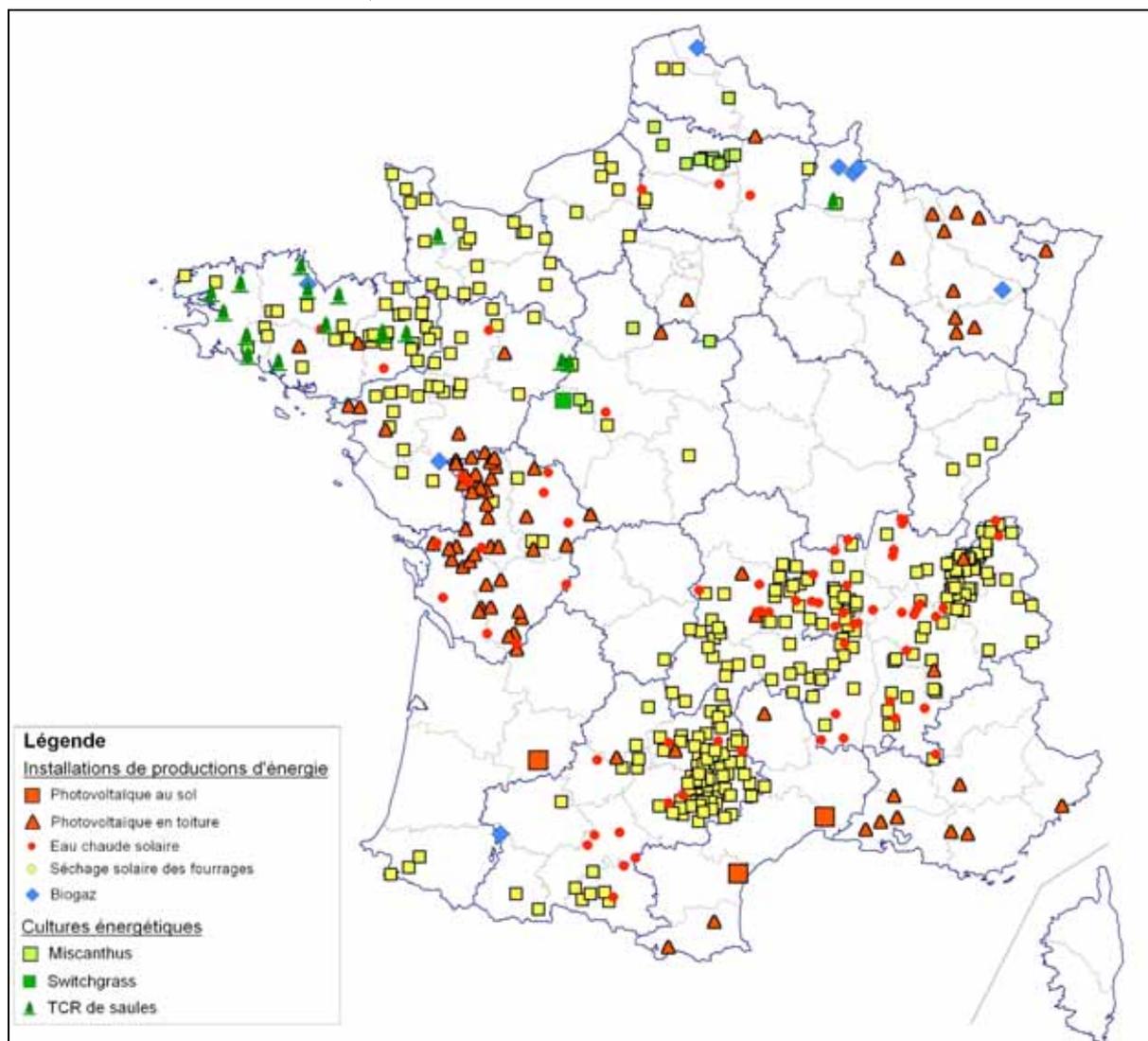


11.2 Les systèmes agricoles concernés

Les énergies renouvelables étudiées peuvent concerner de nombreux systèmes de production et des régions très différentes (cf carte 1). Alors que les agrocarburants concernaient très majoritairement les exploitations de grandes cultures, ces nouvelles productions énergétiques concernent un panel bien plus important de systèmes de production et de nombreuses régions. Certaines productions ne concernent que les exploitations d'élevage (biogaz, eau chaude solaire), voire que les exploitations herbagères (séchage solaire). Le photovoltaïque est à même de se développer partout.

Certaines productions participent de la diversification des activités de l'exploitation (revenus complémentaires à l'activité agricole) ou participent à la réduction de charges.

Carte 1 des installations d'énergies renouvelables en agriculture en fonctionnement au 31/12/2008 (réalisation SOLAGRO, Sources : ADEME Lorraine, ADEME Picardie, ADUHME, AILE, Conseil régional PACA, OREMIP, Rhône-Alpes Energie, SEGRAFO Ouest, SOLAGRO, TRAME, Chambre d'agriculture Somme, Conseil régional Poitou-Cahrente, ADEPES Nord-Pas de Calais)



**Cette carte n'est qu'indicative, car elle ne recense pas l'ensemble des opérations mises en œuvre.*

Il ressort que ces nouvelles filières influent peu sur les systèmes de production à l'exception du séchage solaire. Les cultures énergétiques, de part leur caractère pérenne, ne peuvent influencer et diversifier la rotation.

Tableau : Systèmes de production et régions concernées par les différentes filières

	Systèmes agricoles concernés	Régions concernées
TCR/TTTCR à vocation énergétique	Elevage et grandes cultures principalement	Plutôt plaine et coteaux avec terres marginales.
Miscanthus, phalaris, switch grass	Idem. Zone de production de luzerne et de pulpes de betterave avec unités de déshydratation. Le switchgrass peut être valorisé comme fourrage.	idem
Photovoltaïque toiture	Tout système avec des bâtiments	Les régions du sud bénéficient de plus d'ensoleillement
Photovoltaïque au sol	Tout système hors production à forte valeur ajoutée	Les régions du sud bénéficient de plus d'ensoleillement
Biogaz	Système d'élevage	Toutes les régions d'élevage
Eau chaude solaire agricole	Système d'élevage	Toutes les régions d'élevage
Séchoir solaire	Système d'élevage à l'herbe et particulièrement les zones fromagères	Zones d'élevage à l'herbe : Zone Roquefort, Pyrénées, Massif Central, zone Comté, Ouest
Haie énergétique et agroforesterie	Haie traditionnellement implantée dans les zones d'élevage, mais gagne les grandes cultures tout comme l'agroforesterie	Toutes les régions
Microhydraulique	Indépendant du système de production	Les exploitations situées dans les vallées et en montagne.

11.3 La demande de surface au sol

A l'horizon 2020, les besoins en surface au sol devraient rester limités. Mais il reste très difficile de prévoir le contexte agricole et énergétique de 2020. Plusieurs filières ne nécessitent pas d'espace supplémentaire. C'est le cas des filières solaires valorisant les toitures : eau-chaude solaire, séchage solaire ou photovoltaïque en toiture. Certaines réutilisent des espaces existants (bief de la microhydraulique). Concernant le biogaz, l'installation des fosses, du digesteur et du local technique va consommer entre 1 000 et 1 500 m² par installation. La consommation d'espace agricole peut être nulle si aucune culture énergétique n'est utilisée comme cela est actuellement favorisé (utilisation des effluents d'élevage, de déchets agroalimentaires, des résidus de culture, de la biomasse provenant des CIPAN ou de cultures intercalaires).

La compétition avec d'autres usages du sol concerne donc essentiellement :

- les TCR, les nouvelles haies et autres cultures énergétiques ;
- les photopiles au sol.

Les TCR et autres cultures nouvelles énergétiques pourront occuper une surface importante si les politiques leur sont favorables. Les cultures énergétiques vont concerner essentiellement des surfaces agricoles de façon à bénéficier des DPU. Des débouchés locaux sont nécessaires comme, par exemple, des unités de déshydratation de produits agricoles. Dans ce cas des arbitrages sur l'utilisation du sol agricole devront être faits.

La répartition à venir entre photopiles au champ et en toiture est difficile à estimer. Le scénario Négawatt à 2050 estime que 80% de la puissance installée pourrait l'être en toiture et 20 % au sol. Le besoin d'espace agricole ou non agricole serait alors de 15 000 à 43 000 ha en fonction du rendement des photopiles. La puissance actuelle des champs photovoltaïques est de 0,3 MW/ha de terrain (environ 2/3 du terrain où sont installées les photopiles sont inoccupés). Ce ratio constitue un maximum dans la mesure où le rendement des photopiles va être amené à croître (le scénario Négawatt estime ainsi que 15 000 ha suffiraient en 2050).

Les champs de photopiles peuvent concerner des friches industrielles ou des terres à faible valeur agronomique, **mais sont à même aussi de concurrencer les productions agricoles.**

Tableau 16 : Estimation des surfaces nécessaires aux productions énergétiques (en ha)

Surface en ha	2008	2015	2020	2050
TCR énergétique	167	?	?	?
Haie et agroforesterie	457	?	?	?
Miscanthus et Switchgrass	256	?	?	?
Photopile au sol	22	1 700	18 000	43 000 ²⁶

11.4 Une contribution à la politique agricole

Ces nouvelles productions énergétiques peuvent contribuer à certains objectifs de la politique agricole, en particulier la diversification des activités et des revenus et la réduction d'intrants. Elles peuvent aussi contribuer à renforcer l'image de marque de certaines productions comme le photovoltaïque et plantation de haies pour le Poulet de Loué, ou le photovoltaïque pour le Veau de l'Aveyron.

²⁶ Sur la base de la demande en électricité en 2050 du scénario Négawatt basé sur une meilleure efficacité et plus de sobriété : 420 TWh dont 20% seraient satisfaits par le photovoltaïque dont 80% en toiture

Tableau 17 : Effets des différentes énergies sur les objectifs de l'agriculture française et de la PAC

	Autonomie alimentaire	Qualité des produits	Image de marque	Diversification des activités et des revenus	Rôle social de l'agriculture	Réduction des intrants
TCR/TTCR	Effet neutre à négatif si concurrence avec les terres productives	Non concerné	Effet neutre	Oui : création d'un nouvel atelier. Mais faible rentabilité de la filière	Contribution aux traitements des eaux usées et boues	Production peu ou pas consommatrice d'intrants
Photovoltaïque au sol	Effet neutre à négatif si concurrence avec les terres productives. Possibilité de pâturage	Non concerné	Effet neutre à négatif. Pas de recul en France.	Oui. Création de revenu extérieur à l'activité agricole (bail entre 1000 et 3000 euros/ha/an)	Effet neutre à négatif. Clôture de l'espace (non accessibilité)	Non concerné sauf si substitution à une culture intensive
Photovoltaïque toiture	Pas d'effet	Non concerné	Effet positif pour les filières disposant d'une communication (gîte, groupement de producteurs)	Oui. Mais ne s'apparente pas directement à une activité agricole. Recette positive à partir de 10/14 ans	Producteur d'énergie	Non concerné.
Haie, agroforesterie	Effet positif	Effet positif	Forte. Création de paysages contemporains	Peu d'impact à court terme. Revenu attendu à moyen terme.	Oui via le paysage créé.	Oui via le recyclage des éléments minéraux.
Miscanthus et autre	Effet neutre à négatif si concurrence avec les terres productives	Non concerné	Effet neutre	Oui nouvelle production	Producteur d'énergie	Oui via le recyclage des éléments minéraux
Eau chaude solaire	Non concerné	Non concerné	Effet neutre à positif	Non concerné	Pas d'effet	Pas d'effet
Séchoir solaire	Effet positif via la qualité du foin	Effet positif. Alternative à l'ensilage	Effet neutre à positif	Pas d'effet	Pas d'effet	Oui en favorisant les légumineuses
Biogaz	Effet neutre	Effet neutre	Effet neutre à positif	Oui via le traitement de la matière organique non agricole	Producteur d'énergie	Oui via une meilleure gestion de la matière organique
Microcentrale	Effet neutre	Effet neutre	Effet neutre	Oui. Mais ne s'apparente pas directement à une activité agricole	Producteur d'énergie	Pas concerné

11.5 Une contribution aux objectifs environnementaux

Globalement, peu d'études ont été menées en France sur les impacts environnementaux et paysagers de ces nouvelles productions énergétiques, si ce n'est la microhydraulique. Ces productions sont encore peu développées et disséminées sur le territoire et leur développement était largement occulté par la production d'agrocarburants et l'éolien. Il est donc encore très difficile de mesurer précisément les effets environnementaux et paysagers d'autant que ceux-ci dépendent pour beaucoup du lieu d'implantation et de la taille des projets.

Ces filières apportent une réponse aux enjeux énergétiques et de changement climatique. Les bilans énergétiques sont beaucoup plus favorables que celui des agrocarburants. Les impacts environnementaux restent limités, voire positifs. Les cultures étudiées sont pérennes et à bas niveau d'intrants, souvent implantées sur des terres marginales ou avec des objectifs de dépollution. Elles ne contribuent pas à diversifier les rotations mais amènent une diversité dans le paysage. Le Miscanthus et le Switchgrass sont des plantes allochtones. On ne sait pas encore très bien comment ces cultures seront colonisées par la faune endogène.

Les haies et l'agroforesterie implantées dans des zones agricoles plutôt intensives vont contribuer à diversifier l'agrosystème et réguler les risques liés à ces productions. Le séchage solaire des fourrages tend à conforter les systèmes à l'herbe. Il n'en est pas moins une technique d'intensification de la chaîne de récolte en permettant des coupes plus précoces et plus nombreuses. Les effets sur la flore prairiale sont peu connus et doivent être analysés au niveau de l'ensemble de l'exploitation. Cependant comparativement au maïs ensilage, les effets restent bénéfiques.

Le biogaz offre des perspectives intéressantes par une meilleure gestion de la matière organique et de l'azote. La France, contrairement à l'Allemagne, a choisi de ne pas favoriser les cultures dédiées au biogaz. La valorisation de la biomasse produite par les cultures intercalaires et CIPAN offre des perspectives de gestion pour ces surfaces amenées à se développer (conditionnalité, 4^{ème} programme de la directive Nitrate). L'exploitation de biomasse est favorable à la biodiversité et devrait permettre de mieux gérer l'azote.

Les cultures énergétiques étudiées peuvent contribuer, dans le cadre d'une implantation pertinente, à l'atteinte des objectifs de la DCE au travers d'une protection accrue du sol et de la faible ou non consommation d'intrants.

Tableau 18 : Contributions des différentes énergies aux objectifs environnementaux

	Biodiversité	Habitats naturels	Qualité de l'eau	Protection des sols (érosion)	Paysage	Effet de serre
TCR/TTTCR	Neutre à plutôt positif si implanté sur des terres labourables	Neutre si implanté sur des milieux à faible valeur naturelle. Négatif dans le cas contraire	Neutre à positif	Neutre à positif. Attention aux sols lors de la récolte (poids des machines)	Neutre à légèrement négatif . va dépendre de la taille et du contexte local	stockage + substitution +
Haie, agroforesterie	Effet positif	Effet positif	Effet positif	Effet très positif	Effet positif	stockage + substitution +
Miscanthus et autre	Neutre à plutôt positif si implanté sur des terres labourables	Positif si implanté sur des milieux à faible valeur naturelle. Négatif dans le cas contraire	Effet neutre à positif	Neutre à positif. Attention aux sols lors de la récolte (poids des machines)	Neutre à légèrement négatif . va dépendre de la taille et du contexte local	stockage + substitution +
Photovoltaïque au sol	Neutre à négatif	Neutre à négatif si implanté sur des milieux d'intérêt	Non concerné sauf exception	Peu d'effet sauf exception	Va dépendre du site et de la taille de l'installation	stockage 0 substitution +++
Photovoltaïque toiture	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Effet neutre	stockage 0 substitution +++
Eau chaude solaire	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Peu ou pas d'effet	stockage 0 substitution +++
Séchoir solaire	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Peu ou pas d'effet	stockage 0 substitution +++
Biogaz	Non concerné	Non concerné	Effet positif	Non concerné	Non concerné	stockage 0 substitution +++
Microcentrale	Non concerné si utilisation de bief existant	Non concerné	Effet neutre à négatif	Non concerné	Peu d'effet	stockage 0 substitution +++

Stockage : augmentation du stock de carbone : 0 (pas de stockage supplémentaire), + stockage possible

Production nette d'énergie primaire par ha : économie d'énergie réalisée : + substitution faible, ++ moyenne +++ élevée, . En vert , effets globalement positifs, en orange, les effets vont dépendre des conditions d'implantation du projet

11.6 Intérêts des filières pour le développement local

Ces nouvelles filières vont contribuer au développement local et à l'emploi en créant de la valeur ajoutée et de la richesse. En général, ces productions ne viennent pas se substituer à d'autres productions. Pour les agriculteurs, ces productions devraient se traduire par le maintien ou une légère augmentation de revenu (baisse de charges, nouveau revenu) en valorisant des espaces peu ou pas valorisés.

Certaines de ces filières dans le cadre d'opérations collectives (biogaz territorial, alimentation d'une chaufferie par un groupe d'agriculteurs, traitement tertiaire de l'eau) vont permettre de nouveaux partenariats entre les agriculteurs, les collectivités locales et des industriels.

L'installation de panneaux photovoltaïques en toiture de bâtiment (mais aussi la fourniture de plaquettes ou de biomasse) font aujourd'hui l'objet de nombreuses démarches groupées au travers d'appels d'offre communs (Chambres d'agriculture du Gers et de l'Ariège, CUMA du Tarn, PNR du Lubéron, veaux de l'Aveyron, Poulet de Loué), de formations collectives, voire de création de sociétés commerciales. Ces démarches collectives sécurisent les agriculteurs et permettent une réduction des coûts.

12 Propositions

12.1 Favoriser la multifonctionnalité des projets

La recherche d'une multifonctionnalité des projets doit être favorisée, l'intégration dans les projets d'autres objectifs que la seule production d'énergie constitue un atout environnemental et **une façon d'économiser l'espace**.

Les cultures énergétiques (TCR, Miscanthus, Switchgrass, haie énergétique) peuvent contribuer à une épuration tertiaire des eaux, à valoriser des sols pollués, à protéger certains sols sensibles à l'érosion ou à réduire la pollution par les nitrates (zone de captage). Bien positionnés dans l'espace, les TCR et les haies peuvent assurer des continuités écologiques.

La production de biogaz est un moyen de traiter de nombreuses matières organiques disponibles dans le milieu rural, et de faciliter leur restitution au sol.

La microhydraulique permet de maintenir en état les biefs et assure une élimination des flottants.

Les toitures de bâtiment agricole bien orientées offrent d'importantes possibilités pour valoriser l'énergie solaire que ce soit pour le séchage, la production d'eau chaude ou la production d'électricité. Leur intégration est d'autant plus facile qu'elle est prévue lors de la construction du bâtiment.

Concernant les champs de photopiles, il est important de privilégier les friches industrielles, les terrains pollués, les anciennes carrières, décharges, et autres délaissées (bords d'autoroute anciens terrains militaires). En cas d'utilisation de sols agricoles, des valorisations comme le pâturage sont à étudier (Neau, 2009).

	Double fin, multifonctionnalité	Economie d'espace
TCR/TTTCR	Epuration de l'eau, protection des captages, érosion, stockage de carbone	Peut valoriser des espaces peu productifs mais agricoles. L'épuration nécessite une localisation pertinente dans l'espace
Haie, agroforesterie	Entretien des haies, fonctions écologiques, bois d'oeuvre	Peu d'espace nécessaire et accroissement des rendements (Coefficient de Rendement Equivalent supérieur à 1)
Miscanthus	Non	Nécessite des terres agricoles pas trop pentues.
Switchgrass	Fourrage	Terre agricole marginale
Photovoltaïque au sol	Pâturage par les ovins, apiculture, réserve de chasse	Utilisation de friches industrielles. Peut concurrencer la plupart des productions agricoles.
Photovoltaïque toiture	Toiture	Non concerné
Eau chaude solaire	Toiture	Non concerné
Séchoir solaire	Toiture	Non concerné
Biogaz	Traitement des déchets organiques, valorisation de la biomasse inutilisée (CIPAN, tonte de pelouses urbaines)	Seulement si cultures énergétiques dédiées
Microhydraulique	Pêche, Valorisation des réseaux d'eau potable, d'eaux usées ou d'irrigation.	Espace déjà existant

12.2 Favoriser l'émergence de projets de type et d'échelle différents adaptés aux ressources et besoins des territoires

L'ensemble des acteurs des territoires peut et doit se mobiliser pour la mise en œuvre d'opérations à leurs échelles respectives d'actions :

A la ferme : séchage et eau-chaude solaire, biogaz à la ferme, chaufferie bois individuelle, production d'électricité photovoltaïque, ...

Sur la commune, le pays, .. : chaufferie collective alimentée par de la biomasse, unité de méthanisation, TCR pour traitement tertiaire d'eaux usées, centrale solaire au sol, ...

Sur un rayon plus vaste : unités industrielles de production d'énergie à partir de biomasse.

Rien à ce jour ne justifie de privilégier l'une ou l'autre échelle d'action qui interviennent plutôt en complémentarité. Cette complémentarité est un atout.

Toutefois, les développements doivent être adaptés aux ressources et potentiels effectifs du territoire et pour ses formes difficilement transportables (chaleur) aux besoins locaux en énergie.

L'évaluation des ressources existantes, des potentiels et besoins doit être menée à une échelle suffisante (à définir en fonction des contextes) et largement diffusée pour être

appropriée par les différents acteurs et permettre une cohérence du développement des opérations.

La mise en œuvre des Plans « Energie/Climat » Territoriaux proposés dans le cadre de la loi Grenelle II comprendra a priori cette phase d'évaluation.

Dans cette attente, il conviendra de veiller à la compatibilité des projets présentés dans le cadre des appels d'offre (CRE et BCIA) avec les potentiels des territoires concernés et les démarches territoriales en cours.

12.3 Décliner les objectifs nationaux et locaux

Comme pour les zones de développement de l'éolien, les élus locaux peuvent proposer des zones de développement et des puissances maximales. Ils maîtrisent ainsi l'aménagement de leur territoire tout en participant à la réalisation des objectifs nationaux. Ils peuvent aussi s'impliquer directement dans certains projets en fixant un cahier des charges ou en tant que maître d'ouvrage.

12.4 Conserver une analyse propre à chaque site et chaque projet

Comme l'a montré ce travail, il est difficile de proposer des règles générales, tant les impacts environnementaux et paysagers sont liés à la taille du projet, la zone d'implantation, le type de terrain utilisé, la part que cette énergie occupe dans le territoire.

Il faut donner de l'importance à l'analyse de chaque projet pour que la spécificité de chaque site soit bien prise en compte.

12.5 S'assurer de la cohérence environnementale à l'échelle des territoires

Au-delà de l'adaptation aux ressources, l'impact environnemental et paysager de ces nouvelles énergies doit être maîtrisé. Il est actuellement limité du fait de leur faible développement et d'un certain éparpillement sur les territoires.

Dans le cadre de cette étude, il n'était pas prévu de travailler sur des scénarios de développement et aucun scénario n'est actuellement disponible permettant de localiser sur le territoire le développement de ces filières en lien avec une échelle de temps.

Il ne peut donc être proposé que d'établir, d'une façon générale, les critères d'analyse à prendre en compte sur les territoires pour définir l'acceptabilité environnementale et paysagère des développements potentiels. Aider à déterminer dans quelles conditions ces filières peuvent basculer (seuil critique) vers des effets négatifs du fait d'un développement trop important ou mal localisé.

Les éléments à prendre en compte, par exemple dans le cadre de l'établissement des PCET :

1- Les caractéristiques du territoire concerné

Il est important notamment de distinguer :

- Les zones agricoles qualifiées d'intensives / les zones extensives
- les terres labourables / les prairies permanentes
- Les zones périurbaines / les zones rurales
- Les zones avec une faible SAU (taux de boisement déjà élevé) / les zones avec forte SAU faiblement boisée
- Les zones de déprise
- les zones à haute valeur naturelle

2- les caractéristiques du système de production

- Contraintes agronomiques au niveau de l'assolement
- Gestion de l'azote et de la matière organique sur l'exploitation

3- les contraintes locales des parcelles concernées

- Parcelles présentant des risques d'érosion
- Gestion des plans d'épandage
- Compétition au niveau de l'usage du sol (photopiles en plein champ)
- Impact sur la ressource en eau (diminution de la lame d'eau)
- Fermeture du territoire (visibilité)
- Importance visuelle : d'un phénomène de tâches à un phénomène de masse

4- L'effet de concentration sur un territoire donné lié à :

- La taille du projet énergétique de production de chaleur : combien d'hectares sont nécessaires et dans quel rayon ?
- la compétitivité de la culture énergétique par rapport aux autres productions dans des conditions pédoclimatiques données
- un contexte énergétique très favorable (décrochage entre le prix de l'énergie et le prix des graines alimentaires) – cette situation ne semble aujourd'hui réunie que pour les photopiles au sol

Une grille d'analyse de ce type pourrait être proposée avec les outils proposés pour la mise en œuvre des programmations territoriales. Elle devrait être accompagnée d'une politique active pour son appropriation : guide de bonnes pratiques, charte, regroupement des agriculteurs, animation, formation, réseau de démonstration.

Le croisement des données ressources /besoins/impacts environnementaux/acceptabilité sociale pourrait aboutir à la définition, en concertation, de zones de développement plus ou moins favorables à l'une ou l'autre filière pour un aménagement durable du territoire

12.6 Se doter d'outils pour favoriser un développement des filières respectueux de l'environnement et des paysages

Le développement des énergies renouvelables à grande échelle va impacter le paysage et une nouvelle culture devient nécessaire. Jusqu'à aujourd'hui, le fait d'utiliser des énergies fossiles, limitait les impacts paysagers dans la mesure où la majeure partie de ces énergies étaient importées. L'impact paysager était ainsi externalisé.

L'Etat et les collectivités locales, par le biais des tarifs, subventions et autorisations diverses, peuvent maîtriser en partie le développement de ces filières en fixant les règles du jeu adéquates intégrant certains critères environnementaux.

3 types de propositions peuvent être distingués :

- **des mesures réglementaires** (existantes ou à renforcer)
ex : zonage des projets et interdiction d'implanter dans certains sites (ex : Natura 2000, sites classés, zones humides)
- **des mesures liées aux versements de soutiens publics** (européens, nationaux, des collectivités locales)
 - plafonnement et mise en place de seuils pouvant induire une limitation dans la taille des projets
 - bonus dans le prix d'achat de l'électricité ou de la chaleur conditionnée à certains critères environnementaux ou paysagers

- accord de soutien soumis à signature d'un contrat d'approvisionnement
- **des mesures administratives de cohérence des politiques publiques**
 - utilisation de la procédure d'aménagement foncier
 - fixation des priorités (économie d'espace, double fin/multifonctionnalité, réhabilitation de sols dégradés ou pollués)
 - Mise en cohérence des politiques publiques : concertation entre les services, document de cadrage, guichet unique, planification énergétique, définition d'objectifs clairs afin d'éviter la spéculation.

Quelques suggestions concrètes sont présentées pour les filières étudiées dans le tableau ci-après.

Tableau 19 : Mise en œuvre des mesures pour mieux intégrer l'environnement et le paysage sur les 3 principales filières

	TCR, cultures énergétiques	Biogaz	Photovoltaïque en plein champ
Critères de sélection des appels à projet	Fixer un pourcentage mini ou maxi de surface sur un territoire, limiter la distance de transport. S'assurer que les ressources existantes sont mobilisées prioritairement.	Ne pas favoriser les cultures énergétiques dédiées à la seule production d'énergie. S'assurer de la qualité des plans d'épandage.	Utilisation de terres marginales. Favorise les projets de grande taille.
Bonus sur le prix d'achat de l'électricité	Bonus si double fin (épuration de l'eau, phytoremédiation, protection contre l'érosion)	Bonus si utilisation de biomasse à prélever (couverts environnementaux, CIPAN, fauche d'entretien)	Favorise déjà le photovoltaïque intégré en toiture. Bonus si sites de friches industrielles
Plafond d'aides	Fixer une taille moyenne limite par exploitation.	Pas applicable. Soutien par un prix d'achat.	Actuellement plafond à 10 MW. Soutien par un prix d'achat.
Zonage	Exclure les zones d'intérêt écologique (zones humides). Exclure les communes très boisées. Prendre en compte les sites à enjeu paysager.	Pas d'intérêt.	Sur quelle base définir le zonage ? Quels territoires exclure ? (Zones à forte potentialité agricole ?). S'inspirer des ZDE
Conditionnalité environnementale des aides directes (ACE, investissement)	Choix des essences. Exiger un mélange variétal. Surface minimale et maximale. Distance minimale par rapport aux cours d'eau. Coupes alternées. Pesticides interdits après la deuxième année. Conservation des IAE existantes	Plan d'épandage. Bilan azoté annuel de type CORPEN.	Pas applicable
Réalisation d'un diagnostic environnemental et paysager	Applicable. Définition des enjeux locaux.	Intégration paysagère de l'installation.	Indispensable à partir d'une certaine taille
Procédure aménagement foncier	Contribuer à localiser les projets sur les lieux les plus pertinents de la commune	Aucun intérêt	Aucun intérêt
Planification territoriale (dont les plans Energie climat territoriaux)	Définit les territoires les plus propices en lien avec les ressources existantes et la demande	Bien définir les gisements disponibles en particulier les déchets organiques	Elaborer un zonage

12.7 Mener des études complémentaires

En 2008, les projets existants étaient encore peu nombreux et disséminés sur tout le territoire. Beaucoup ont été développés dans des programmes de recherche. Les suivis

environnementaux ou paysagers sont rares ou inexistantes et ne couvrent pas toutes les problématiques.

Une analyse environnementale et paysagère des sites les plus avancés et les plus importants permettrait d'avoir des données précises et de mesurer des effets réels. Un suivi des exploitations engagées permettrait de mesurer les modifications des systèmes de production et des pratiques, préciser le type de terrain utiliser, évaluer la réduction d'intrants.

13 Contacts

- Iman Bahmani – Ademe Picardie – Tel : 03-22-45-55-38 – iman.bahmani@ademe.fr
- Christophe BERNARD – COFOGAR/ALLIANCE Forestière - 125 Chemin de Tournefeuille - BP 26 – 31391 Toulouse. Tél : 05.62.13.55.00. E-mail : christophe.bernard@cofogar.com
- Christophe BERSONNET - CHAMBRE D'AGRICULTURE D'INDRE & LOIRE - 38 Rue Augustin Fresnel - B.P. 50139- 37 171 CHAMBRAY-LES-TOURS- tel 33 (0)664 980 854. E-mail : christophe.bersonnet@cda37.fr
- Sylvie DÉTOT - Architecte Bioclimatique Qualité Environnementale - Avenue Claude Delorme, 04 300 FORCALQUIER - tel : 04 92 75 14 45 – port : 06 37 63 04 12 – Mail : sylvie.detot@wanadoo.fr
- Sébastien Dufour – Adhume - 129 avenue de la République - 63100 Clermont-Ferrand - Tél. 04 73 42 30 90 - Email : s.dufour@adhume.org - : www.adhume.org
- Richard Frantz – TRAME - 9 rue de la Vologne – Bâtiment i – 54520 LAXOU – tel : 03 83 98 16 40 - n.viard@trame.org - www.trame.org
- Julien GALLIENNE- Chargé d'études "Climat, Energie et Biomasse"- Pôle Entreprises et Territoires - Service Agronomie et Environnement- APCA - Groupe Chambres d'agriculture - 9, av. George V- 75008 PARIS- tel : 01 53 57 10 79. E-mail julien.gallienne@apca.chambagri.fr
- Marc JEDLICZKA – HESPUL- 114 Bd. du 11 Novembre 1918 69009 VILLEURBANNE tel : 04 37 47 80 90 - marc.jedliczka@hespul.org
- Jean-Marc JOSSART Laboratoire ECOP - Grandes Cultures Croix du Sud 2, Boîte 11 1348 Louvain-la-Neuve Belgique. Tél et fax : + 32.10.47.34.55. GSM : + 32.478.77.36.09. E-mail : jossart@ecop.ucl.ac.be
- Marie Aimée Quadrio - Service Energie, Déchets, Air et Technologies de l'Environnement - Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Tel: 04 91 57 50 57 – mquadrio@regionpaca.fr
- Sophie MERLE - Association Aile (Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'environnement) - 73 Rue de Saint-Brieuc 35065 Rennes. Tél. : 02.99.54.63.15. E-mail : sophie.merle@aile.asso.fr
- Nadia OUREDJAL. La Boursidière - B.P. 48 92357 LE PLESSIS ROBINSON tel : 01.46.30.28.28 nouredjal@federation-eaf.org - www.federation-eaf.org
- Bénédicte Riey – OREMIP – 14 rue de Tivoli – 31068 Toulouse Cedex – Tel 05-61-55-34-25 – rie.y.b@arpe-mip.com www.oremip.fr
- Frédéric RIVES - Chef du Pôle Environnement et Programmation – SDAD – DDE des Alpes-de-Haute-Provence, avenue Demontzey, 04000 DIGNE. Tél. 04 92 30 55 82 - E-mail : frederic.rives@developpement-durable.gouv.fr
- Lucie Winckler - SEGROFO Ouest - 17 rue du Bas Village - CS 37725 - 35577 Cesson Sévigné Cedex - Tel : 02 99 41 57 35 - segrafo.ouest@yahoo.fr - www.segrafo.com
- Pierrick YALAMAS - Rhônealpennergie-Environnement - 10 rue des Archers - 69002 – Lyon – tel : 04 72 56 33 58 - pierrick.yalamas@raee.org - <http://www.raee.org>

14 Bibliographie

14.1 Politiques agricoles et énergétiques

Agreste 2005. L'utilisation du territoire en 2004, nouvelle série 1992 à 2004.

Agreste chiffres et données n° 169 août 2005. 3-6 p

Bisault L. La maison individuelle grignote les espaces naturels. Agreste Primeur N°219, janvier 2009

Bochu J-L. et AL (2007). Energie dans les exploitations agricoles : Etat des lieux en Europe et éléments de réflexion pour la France. SOLAGRO. ADEME, Ministère de l'Agriculture et ministère de l'Ecologie.

Caisse des dépôts et consignation et Ministère de l'écologie (2008). CO2 et énergie France et monde – repères. Edition 2007.

Commission des Communautés Européennes (2008). Proposition de directive relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité.

Commission des Communautés Européennes (2001). Directive 2001/77/CE relative à la promotion et à l'utilisation de l'énergie produite à partir des sources renouvelables. COM(2008)30 Final.

Commission des Communautés Européennes (2003). Directive 2003/30/CE relative à la promotion et à l'utilisation d'agrocarburants et autres carburants renouvelable pour le transport.

FNSAFER. (2007). Espace rural, analyse des marchés. Le prix des terres en 2006.

IFEN, (2006). L'environnement en France, les synthèses. Octobre 2006. 44-45 p.

Lecocq P-E. (2009). Une déclinaison nationale et ambitieuse du bilan de santé de la PAC, étape vers une PAC économiquement plus efficace. Documents de travail de la DGTPE.

Ministère de l'Ecologie. Bilan énergétique de la France pour 2007. Direction générale de l'énergie et des matières premières. Observatoire de l'énergie.

Pointereau P. et Coulon F. (2007), Analysis of the driving forces behind farmland abandonment and the extent and location of agricultural areas that are actually abandoned or are in risk to be abandoned, JRC/SOLAGRO.

Pointereau P. (2008) indicateur agro-environnemental : bilan import-export équivalent surface. SOLAGRO.

Prieler S. (2008) Built-up and associated land area increases in Europe. Programme MOSUS. International Institute for applied Systems Analysis.

Slak M.F, Commagac L., Lee A., Chery P. (2003). Agricultural soil inheritance: depletion due to urban growth. Method for assessment of degree of loss depending on agricultural soil qualities. ENITA de Bordeaux.

Trocherie F. (2003). Ville et agriculture : dialogue ou monologues ? Les données de l'IFEN n°81 mars 2003.

14.2 TCR et TTCR

ADEME-Arvalis Institut du Végétal. Fiche techniques "TTCR de Saule" 1998.
<http://www.ademe.fr/htdocs/publications/publipdf/saule.pdf>

AILE, 2007. Etude d'impact ex-post des taillis à très courte rotation de saules. Rapport final. Programme Life Environnement Wilwater.

BELL S. and McINTOSH E. (2001). Short rotation Coppice in the lanscape. Forestry Commission

BIOGUIDE (1998) - Laboratoire ECOP (Faculté des Sciences agronomiques) et TERM (Faculté des Sciences Appliquées), UCL, Belgique.

BORJESSON P. (1999) " Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden. I and II : Identification and quantification", dans : Biomass and Bioenergy 16, p. 137-154.

DALLEMAND J.F., PETERSEN J.E. and Karp A. (2008) Short rotation forestry, short rotation coppice and perennial grasses in the European Union : Agro-environmental aspects, present use and perspectives. JRC and EEA

DARRAS J. (2000) "Energies renouvelables : Etat des lieux en Wallonie et perspectives", discours lors du séminaire IFE 28/11/2000 à Bruxelles, 7 pp

DUBUISSON X., SINTZOFF I. (1997) - Energy and CO2 balances in different power generation routes using wood fuel from short rotation coppice. Report of ALTENER project XVII/4.1030/Z/95-121, Belgique, 25 pp.

ETSU (1996) - Good practice guidelines : short rotation coppice for energy production, ETSU, Didcot, Angleterre, 46 p.

GOOR F., DUBUISSON X., JOSSART J-M. (2000) - Adéquation, impact environnemental et bilan énergétique de quelques cultures énergétiques en Belgique. Laboratoire ECOP, Faculté des Sciences agronomiques, UCL, Belgique. Dans Cahiers Agricultures 2000 ; 9 : 59-64.

JOSSART J-M., GOOR F., NERINCKX X., LEDENT J-F. (1999) - Le taillis à très courte

rotation, alternative agricole. Laboratoire ECOP, Faculté des Sciences Agronomiques, UCL, Belgique.

JOSSART J-M., NERINCKX X., LEDENT J-F. (2000) - Projet TTCR-Gazel, rapport final. Laboratoire ECOP, Faculté des Sciences Agronomiques, UCL, Belgique.

Nijskens P., 2007. Etude de l'impact environnemental du TTCR notamment comme filtre biologique dans le cadre du programme Life Wilwater. UCL/AILE

Eppler U., Petersen J-E. et Couturier C. (2008) - Short rotation coppice and energy Grasss in European Union : Agro-environmental aspects, present use and perspectives. EEA.

14.3 Miscanthus et autres cultures énergétiques

DEFRA (2008). Energy Crops Scheme. Establishment Grants handbook

DEFRA (2007). Planting and growing miscanthus. Best practice guidelines for applicants to DEFRA 's energy crops scheme

Lindh T. Et Al. Production of reed canary grass and straw as blended fuel in Finland.VTT Processes

14.4 Haie et agroforesterie

Coulon F., Liagre F., Dupraz C. et Pointereau P. (2000). Etude des pratiques agroforestières associant des arbres de haute tige à des cultures ou des pâtures. Rapport pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 82 p. + annexes.

Dupraz C. et Liagre F. (2008). Agroforesterie : des arbres et des cultures. Editions France Agricole. 413 p.

Meiffren I., Pointereau P. et Coulon. (2009). Les infrastructures agroécologiques. SOLAGRO, Ministère de l'Ecologie

Pointereau P., 2001. Evolution du linéaire de haies en France durant ces 40 dernières années : l'apport et les limites des données statistiques. Colloque « Hedgerows of the world, their ecological functions in different landscape », Birmingham, Septembre 2001. 7 p.

Pointereau P. et Bazile D. (1995), L'arbre des champs : haies, alignements et prés-vergers ou l'art du bocage, Editions SOLAGRO.

Pointereau P., Herzog F. et Steiner C. , Arbres et paysage, le rôle des arbres champêtres, Editions SOLAGRO, 2006, 32 pages

Pointereau P., Coulon F., Fleutiaux C., SOLAGRO 2007. Pertinence des infrastructures agroécologiques au sein d'un territoire dans le cadre de la PAC. Rapport d'étude pour le ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables.

14.5 Biogaz

DEFRA (2008). ENERGY CROPS SCHEME. ESTABLISHMENT GRANTS HANDBOOK.

SOLAGRO et ORGATERRE (2004). Qualité agronomique des digestats. Etude réalisée pour l'ADEME

SOLAGRO, ARM, ENVT et ENSAT (1999). Etat des connaissances sur le devenir des germes pathogènes et des micropolluants au cours de la méthanisation des déchets et sous-produits organiques. Programme ADEME

14.6 Séchage solaire

ARPE et SOLAGRO (2007). Le séchage solaire des fourrages . programme Prélude 2000-2006

Bochu J-L. (1996). Le séchage solaire des fourrages en zone Roquefort . Résumé du rapport technique final du programme européen THERMIE visant à installer 30 installations de séchage solaire dans la zone Roquefort . SOLAGRO

Broyer J. (2008). Bilan annuel de l'observatoire nationale des prairies de fauche. ONCFS.

Luminet S. et Bochu J-L. (2001). Bilan du suivi réalisé en 2001 de 7 séchoirs solaires de fourrage dans la région Midi-Pyrénées. Chambre d'Agriculture de l'Aveyron et SOLAGRO

RAD et SOLAGRO (2003). Economiser l'énergie et développer les énergies renouvelables à la ferme. Cahiers techniques de l'agriculture durable, 2003

SEGRAFO Bretagne (2008). Le séchage du foin en grange avec récupération d'énergie renouvelable en Bretagne

SOLAGRO (1996). Le séchage solaire des produits agricoles en Europe. Action du Programme Thermie. Rhône Alpes Energie et Commission Européenne

14.7 Photovoltaïque

ADEME, s.d. Systèmes photovoltaïques en toiture de bâtiments. Document PDF.

ADEME & S.E.R., s.d. Guide des producteurs d'électricité d'origine photovoltaïque. Document PDF.

ADEME, 2007. Stratégies et études, n°3, 12 juin 2007.

Collectif, 2008 Numéro Spécial Énergie photovoltaïque, supplément au « *Vaucluse agricole* » n°2100, 2008, 4 pages.

Duval J. 2008. Projets de centrales photovoltaïques : une clarification juridique s'impose. In *Environnement & Technique* n°208, octobre 2008, pages 51-55.

Greenpeace Energy, 2008. *World's largest photovoltaic power plants*
<http://www.pvresources.com/en/top50pv.php>

Hespul & ADEME, Avril 2006. *Compared assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities*

International Energy Agency (IEA) - Photovoltaic Power Systems Programme, European Photovoltaic Industry Association (EPIA), European Photovoltaic Technology Platform
www.iea-pvps.org

IEA-PVPS, 2006. *Solar Photovoltaic Electricity Applications in France - National Survey Report 2006*

Claverie A. (ADEME) et Equer B. Document PDF. 25 pages.

IEA-PVPS, 2008. *Trends in photovoltaic applications - Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2007.*

Photovoltaic Power Systems Programme, International Energy Agency. Document PDF. 40 pages.

Interventions orales lors de la réunion du 10 décembre 2008 (Paris) du Conseil général de l'environnement et du développement durable (Collège Espaces protégés, paysage et patrimoine): Ize S. DIREN Provence Alpes Cote d'Azur, Rives F. DDE des Alpes de Haute-Provence, Dentand F. DIREN Languedoc-Roussillon

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire (MEEDDAT), 17 novembre 2008. *Grenelle de l'environnement : réussir la transition énergétique, 50 mesures pour un développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale.* 29 pages.

Neau P. (2009). Valorisation agronomique et environnementales des espaces libres au sein des centrales photovoltaïques au sol. ABIES / ENSAT

PhotoVoltaic, technology platform, 2007. *A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology.* document PDF. 76 pages

Préfecture des Alpes-de-Haute-Provence, Conseil général des Alpes-de-Haute-Provence et Association départementale des maires 2008. *Document de recommandations relatif au développement des technologies utilisant le rayonnement solaire dans le département des Alpes-de-Haute-Provence*

14.8 Microhydraulique

CLER (2000). Impact environnemental des petites centrales hydroélectriques. ADEME

Adour Garonne, revue de l'Agence de l'eau, n°101, mars 2008, ISSN : 0758-74-81, 32 p.

Adour Garonne, revue de l'Agence de l'eau, n°95, sept 2006, ISSN: 0758-74-81, 32 p.

AJENA & Planair. *L'énergie microhydraulique et l'environnement - Centrale à Lavancia*
Fiche de présentation – ADEME & Conseil général du Jura (4 p.)

AJENA & Planair. *L'énergie microhydraulique et l'environnement - Moulin à Sirod & Centrale à Foncine*. Fiche de présentation – ADEME & Conseil général du Jura (4 p.)

Bertouille T. Chapitres "L'énergie hydroélectrique" et "Les microcentrales hydroélectriques"
in *Guide des Energies Renouvelables* édité par le Ministère de Région Wallonne

Dambrine F. (2006). Rapport remis au Ministre de l'économie sur les perspectives de
développement de la production hydraulique en France

European Small Hydropower Association, Jan 2006. *Environmental Integration Of Small
Hydropower Plants*. Brochure, 20 pages – Document PDF.

Garnier C.C, février 2009. *Réformes en matière d'énergie hydraulique apportées par la
LEMA*. MEDD – DE - Bureau de la prévention des inondations et de la gestion des rivières

Mhylab (Fondation du laboratoire de mini-hydraulique de Montcherand, Suisse), août 2005
Questions souvent posées sur la petite hydroélectricité (PH). ESHA (European Small
Hydropower Association - Association Européenne de la Petite Hydraulique) - Direction
Européenne pour le Transport et l'Energie & Office Fédéral suisse de la Science et de
l'Education. 34 p.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (MATE) & Ministère de
l'économie, des finances et de l'industrie (MEFI), avril 2002. Rapport du groupe de travail sur
la rationalisation et la simplification des procédures applicables aux producteurs d'électricité
à partir de sources d'énergie renouvelables. Direction des études économiques et de
l'évaluation environnementale (D4E) & Direction générale de l'énergie et des matières
premières (DGEMP), 40 p.

Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD), 2002
Petite hydroélectricité et environnement. Rapport du groupe de travail – Direction des études
économiques et de l'évaluation environnementale (D4E- B3 - 02- 119a / LT), 93 pages.

Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD) & Ministère de l'Industrie,
automne 2007. *Potentiel réel de développement de l'hydroélectricité (potentiel de puissance
et de production nouvelles compatible avec le maintien et l'amélioration de la protection de
l'environnement)*

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du
territoire (MEEDDAT), juillet 2008. *Relance du plan hydraulique français*. Dossier de presse
du 23 juillet 2008, 8 pages.

Site MEDD, janvier 2007. *Discours de la Ministre Nelly Ollin prononcé lors de la Clôture du
colloque « Développement durable : la réponse de l'hydroélectricité »*, Créé le 16 janvier
2007, Actualisé le 25 juin 2007. <http://www.ecologie.gouv.fr/Discours-de-la-Ministre-prononce,7045.html>

Site MEDD, janvier 2007. *Lettre de la Ministre sur la non réhabilitation systématique des anciens seuils fondés en titre.*
http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/retablissements_seuils_garonne.pdf

Syndicat des énergies renouvelables, novembre 2008. *L'hydroélectricité : les perspectives de développement* . 2 pages.

Annexe 1 : Liste des membres du comité de pilotage

NOM	ORGANISME	ADRESSE	COURRIEL	TÉLÉPHONE
AMBROISE Régis	MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE	78 Rue de Varennes 75349 PARIS 07 SP	regis.ambroise@agriculture.gouv.fr	01.49.55.50.58
BLANQUET Pascal	MEEDDAT	DGCE 20 Avenue de Ségur 75007 PARIS CEDEX	pascal.blanquet@developpement-durable.gouv.fr	
CLAUSTRE Raphaël	CLER	2B Rue Jules Ferry 93100 MONTREUIL	raphael.claustre@cler.org	01.55.86.80.00
CORTEY Jean-Yves	MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE	Bureau Biomasse 19 Avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15	jean-yves.cortey@agriculture.gouv.fr	
DELALANDE Daniel	MEEDDAT	20 Avenue de Ségur 75007 PARIS CEDEX	daniel.delalande@developpement-durable.gouv.fr	01.42.19.20.73
DERONZIER Patrick	MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE	SDFB/BFTC 19 Avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15	patrick.deronzier@agriculture.gouv.fr	
GABORY Yves	AFAHC	INRA 2163 Avenue de la Pomme de Pin 45166 OLIVET	contact@afahc.fr	
GALIENNE Julien	APCA	9 Avenue Georges V 75008 PARIS	christelle.angeniol@apca.chambagri.fr	01.53.57.11.43
JUMEL Roger	MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE	DGFAR-BEGER 78 Rue de Varennes 75349 PARIS 07 SP	roger.jumel@agriculture.gouv.fr	01.49.55.50.58
MEYBECK Alexandre	MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE	78 Rue de Varennes 75349 PARIS 07 SP	alexandre.meybeck@agriculture.gouv.fr	01.49.55.59.05
MOUSSET Jérôme	ADEME	49000 ANGERS	jerome.mousset@ademe.fr	02.41.91.40.44
PEDROT Amélie	ASS « MAISONS PAYSANNES DE France »	8 Passage des Deux Sœurs 75009 PARIS	communication@maisons-paysannes.org	
SANAA Nicolas	FÉDÉRATION DES PARCS NATURELS RÉGIONAUX	9 Rue Christiani 75018 PARIS	nsanaa@parcs-naturels-regionaux.tm.fr	
SEGUIN Jean-François	MEEDDAT	20 Avenue de Ségur 75007 PARIS CEDEX	jean-francois.seguin@developpement-durable.gouv.fr	01.42.19.20.32
SIMON Eloise	FNE	6 Rue Dupanloup 45000 ORLÉANS	foret2@fne.asso.fr	02.38.62.44.48

Annexe 2 : Historique de la jachère

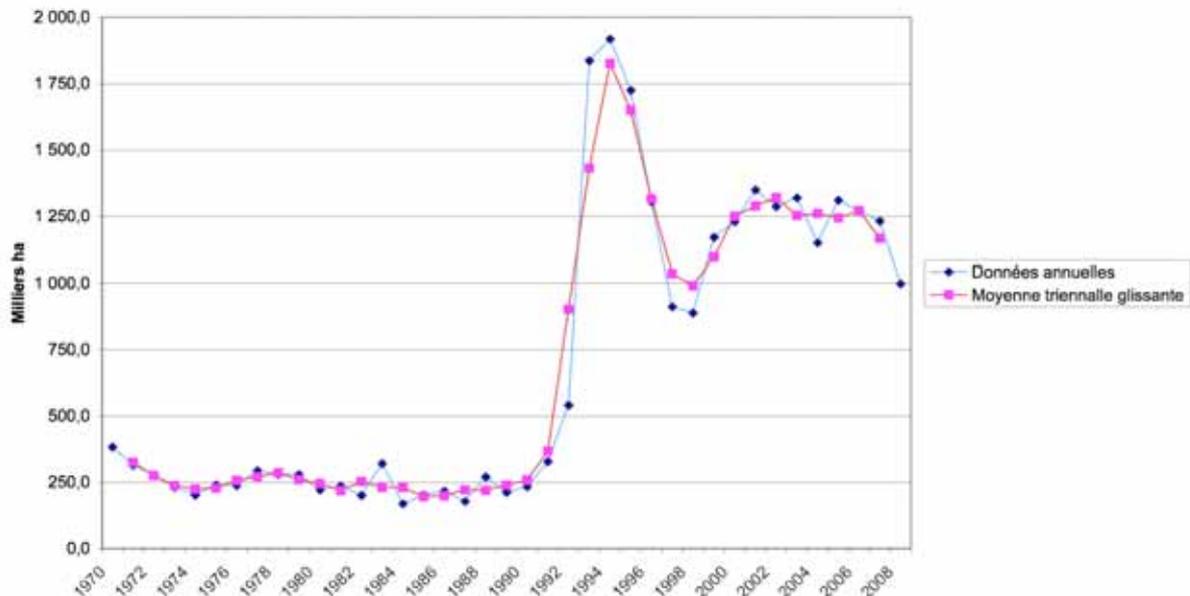
Depuis 1992, la jachère, ou plus exactement, les jachères sont définies comme suit : terres non mises en culture ou portant des cultures non destinées à être récoltées. La jachère agronomique fait partie de la rotation, mais restait peu développée du fait du faible intérêt agronomique et économique. Ses surfaces plafonnaient à 250.000 ha avec l'obligation du gel des terres appliquée à partir de l'année 1993.

La jachère est donc réapparue, en 1992 en Europe, dans le cadre de la politique agricole commune comme une mesure d'ordre économique destinée à limiter la surproduction dans certaines cultures, notamment les céréales. Les agriculteurs doivent "geler" une partie de leurs terres en échange d'une rémunération. Ils n'ont pas le droit d'utiliser cette surface.

En 1992, la réforme de la Politique Agricole Commune a introduit une obligation de gel des terres pour les exploitants dont la production théorique est supérieure à 92 tonnes. Il s'agissait, à l'époque, d'aider à la régulation des surfaces en Céréales Oléo-protéagineux (COP) et de limiter la surproduction dans certaines cultures, notamment les céréales. Les agriculteurs doivent "geler" une partie de leurs terres en échange d'une rémunération. Ils n'ont pas le droit d'utiliser cette surface à des fins alimentaires.

Cette réintroduction de la pratique de la jachère est accompagnée de l'instauration d'une série de règles qui définissent les possibilités de conduite pour ces parcelles gelées. Jusqu'à 2005, le taux de gel obligatoire minimum était défini annuellement et variait entre 5 et 15% du total de la surface en céréales et oléoprotéagineux (SCOP) (qui intègre ces superficies gelées). Les surfaces en jachère ont ainsi atteint un pic de 1.900.000 ha en 1993 et ont baissé ensuite avec la baisse du taux de jachère (15 % de la SCOP en 1993 et 1994, 12 % en 1995, 10 % en 1996, 5 % en 1997 et 1998, et 10 % après) et la possibilité d'implanter des cultures non alimentaires (industrielles ou énergétiques). **Le taux est fixé à 0 % depuis 2008.** Le bilan de santé de la PAC a décidé la suppression de l'obligation de gel des terres.

Evolution des superficies en jachères agronomiques, en milliers ha



Source : Ministère de l'Agriculture

Les exploitants, s'ils le désiraient, pouvaient geler une superficie supérieure à ce taux obligatoire, ce « gel volontaire » restant primé jusqu'à 30 % de la SCOP. A partir de la campagne 2005/2006, cette règle a changé, avec l'instauration des Droits au Paiement Unique (DPU). La surface à mettre en jachère n'est plus définie par un taux annuel, mais par un nombre de « DPU jachère » alloué à chaque exploitant, qu'il est obligé d'activer (1 DPU jachère est activé par la mise en jachère d'1 hectare de terres éligibles) pour pouvoir bénéficier de l'activation de ses « DPU standards », reliés aux surfaces cultivées à des fins de production. Le nombre de DPU jachère attribués aux agriculteurs concernés correspond à la moyenne des surfaces en gel obligatoire sur l'exploitation sur la période historique de référence 2000 à 2002. Le gel volontaire n'est plus primé de la même façon que le gel obligatoire puisqu'il n'active que des DPU standards, au montant inférieur aux DPU jachères.

En 2008, l'obligation de gel des terres est suspendue (semis d'automne 2007 et de printemps 2008). Cette dérogation n'oblige pas les agriculteurs à cultiver leurs terres. Il est toujours possible de faire du gel et de le déclarer comme "gel" dans la déclaration PAC. Cette dérogation ne remet pas en cause ni la conditionnalité ni les engagements pris au titre du programme du développement rural. Ainsi pour la campagne 2008, il sera toujours nécessaire de maintenir dans de Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales (BCAE) les surfaces (en culture ou en jachère) permettant de bénéficier d'un soutien communautaire. Dans ce cadre, les exploitants agricoles devront continuer à respecter l'obligation de localiser une surface en couvert environnemental prioritairement le long des cours d'eau. De même, les agriculteurs ayant souscrit un engagement agro-environnemental portant sur des surfaces en gel et prévoyant des modalités spécifiques d'entretien devront maintenir les surfaces concernées en jachère.

L'intérêt environnemental de la jachère dépend en particulier de son mode de gestion (fixe, rotationnel, semé ou basé sur des repousses, desherbé ou non, gyrobroyé ou non) et de sa localisation dans l'espace. Il est généralement positif dans la mesure où la jachère ne peut être fertilisée et doit être couverte. Elle assure donc une bonne protection contre l'érosion et

des ressources en eau. Ces jachères contribuent aussi fortement à la biodiversité aux travers des chaînes alimentaires générées par la biomasse produite et comme abri pour la faune. Le non désherbage chimique ainsi qu'un gyrobroyage adapté aux cycles des espèces vont renforcer son intérêt. L'enquête pratiques agricoles 2001 montre que 40% des jachères ont moins de 2 ans tandis que 32% ont plus de 5 ans (jachère fixe). Elles sont semées pour 54%. 20% sont désherbées chimiquement et 76% sont gyrobroyées. 94% ne font l'objet d'aucune récolte.

Trois mesures agro-environnementales étaient ciblées sur les jachères durant la période du PDRN (2000-2006) :

- Localisation pertinente de la jachère (mesure 0402A) – 24.955 ha (données 2002).
- Amélioration de la gestion de la jachère en utilisant des espèces particulières (mesure 1401A) – 9.220 ha.
- Non broyage printanier des jachères PCA (mesure 1604A) – 1.599 ha.

Ces contrats n'ont finalement concerné que 2,3% des surfaces en jachère.

La mesure du **gel en couvert environnemental** rentre dans le cadre des BCAE. Elle impose de placer des bandes enherbées le long des rivières à hauteur de 3% de la SCOP + lin + gel. Si tous les cours d'eau sont couverts, alors l'agriculteur doit compléter la surface requise en couvert environnemental. Les règles statuant les dispositions qui s'appliquent à cette mesure sont définies par arrêté préfectoral.

L'agriculteur réalisant du **gel industriel** peut limiter son gel en couvert environnemental aux bandes enherbées situées le long des cours d'eau (p.e. : s'il n'a pas de cours d'eau sur son exploitation, il n'a pas obligation d'implanter des bandes enherbées et peut consacrer toute sa surface en gel en cultures industrielles).

Les Terres Non mises en Production (TNP) sont des terres non cultivées au-delà du taux maximum de gel volontaire et obligatoire (20 à 30 % selon les cas). Ces jachères suivent les mêmes règles d'entretien que le gel agronomique à quelques nuances près : le couvert est requis toute l'année contre seulement 4 mois pour la jachère classique, de plus, les broussailles et les défauts d'entretien peuvent entraîner des sanctions.

En 2003, les jachères étaient principalement localisées dans les régions Centre (169,000 ha in 2003), Midi-Pyrénées (120,000 ha), Poitou-Charentes (91,000ha), Aquitaine (89,000ha) et Pays de Loire (74,000 ha).

Annexe 3 : Fonctionnement des photopiles

- Cellule en silicium amorphe

Avantages :

Elle fonctionne avec un faible éclaircissement (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment) et elle est moins chère à mettre en œuvre que les autres technologies. Il est possible de faire adopter à ces cellules des formes souples, adaptables, et elles sont moins sensibles aux températures élevées que les cellules mono ou polycristallines.

Inconvénients :

Elle a encore un rendement faible en plein soleil, de l'ordre de 60 Wc/m², et ses performances diminuent sensiblement avec le temps.

- Cellule en silicium monocristallin

Avantages :

Elle a un très bon rendement, de 150 Wc/m² ou plus (2007).

Inconvénients :

Son coût reste élevé, et son rendement diminue rapidement sous un faible éclaircissement.

- Cellule en silicium multicristallin

Ce sont les cellules les plus utilisées pour la production électrique (meilleur rapport actuel qualité-prix).

Avantages :

C'est une cellule carrée (à coins arrondis dans le cas du Si monocristallin) qui permet une meilleure valorisation de la surface dans un module. Elle garde un bon rendement de conversion, d'environ 100 Wc/m², mais qui reste cependant un peu moins bon que celui du monocristallin. Sa durée de vie actuelle est bonne (plus de 35 ans), et elle reste moins chère à produire que le monocristallin.

Inconvénients :

Son rendement est plus faible sous un faible éclaircissement.

Parmi les pistes explorées :

Toutes les sociétés annoncent successivement des accroissements du rendement de leurs cellules.

La taille de base de la cellule croît régulièrement, ce qui diminue le nombre de manipulations.

On cherche à mieux valoriser toutes les longueurs d'onde du spectre solaire (dont l'infrarouge).

D'autres semi-conducteurs en couche mince (un micron) sont étudiés, comme, le silicium amorphe, le tellure de cadmium (CdTe) ou l'association Cuivre-Indium-Sélénium (CIS). Ils offrent pour l'instant un rendement modeste (moins de 12%), mais à faible coût de fabrication. Leur part de marché, inférieure actuellement à 10%, est prévue à terme à 30%.

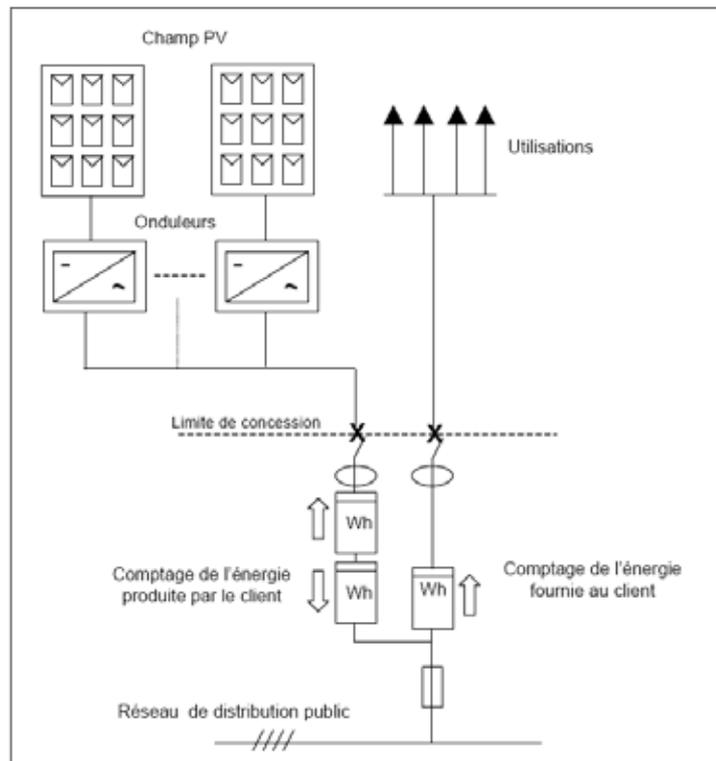
Des composés organiques (matières plastiques) pourraient aussi constituer dans le futur des panneaux souples et légers, des tuiles, voiles ou tissus photovoltaïques, à faible coût de

fabrication ; pour l'instant, leurs rendements sont faibles (5% maximum), ainsi peut-être que leur durée de vie, et de nombreux problèmes techniques restent à résoudre.

Utilisation

Les cellules sont le plus souvent réunies dans des modules solaires photovoltaïques (ou "panneaux solaires"), en fonction de la puissance recherchée.

Il est possible d'augmenter leur gamme d'utilisation avec un stockage (condensateur ou batterie). Un ou plusieurs onduleurs permettent par ailleurs de produire un courant électrique synchrone à celui du réseau de distribution.



Devenir de l'électricité : vente ou batterie (source : ADEME)

Attention à la température ou à la ventilation

La température joue également un rôle important dans la performance des cellules photovoltaïques au silicium cristallin : une augmentation de la température diminue leurs performances et une diminution les augmente. C'est pour cette raison qu'il faut prévoir une bonne ventilation des modules par l'arrière pour éviter l'augmentation de la température durant les mois les plus ensoleillés et souvent les plus chauds. L'absence de ventilation peut réduire de façon importante la production d'électricité.

Il n'est pas rare d'ailleurs de constater un record de puissance d'un système photovoltaïque durant les mois d'hiver, par une belle journée ensoleillée. L'effet peut alors être même accru avec la réflexion du soleil sur un sol enneigé.

Une étude néerlandaise (source : www.eabbaltus.nl) a comparé la production annuelle d'électricité de plusieurs installations photovoltaïques présentant des caractéristiques différentes au niveau de la ventilation des modules. On retiendra qu'un système à l'air libre posé sur le sol perd environ 0,5% de la production annuelle à cause de l'augmentation de la température des cellules. Un système en surimposition de toiture perd environ 3% et un système intégré non-ventilé perd jusqu'à 5% de la production annuelle d'électricité.

D'une manière générale, les performances des modules en couches minces, y compris ceux au silicium amorphe, ne sont pas affectées par l'augmentation de la température, il semble même d'après certaines observations qu'un échauffement régulier contribue au maintien du rendement dans le temps.

kilowatt (kW) = Puissance électrique

Un watt (symbole : W) est la puissance d'un système énergétique dans lequel est transférée uniformément une énergie de 1 joule pendant 1 seconde.

1 W (puissance) = 1 J (énergie) / 1 s (temps)

Un kilowatt (symbole : kW) correspond à 1000 W, soit 1000 joules pendant 1 seconde.

ex: une lampe de 60 W.

Kilowattheure (kWh) = Energie

Un kilowattheure (symbole : kWh) correspond à l'énergie consommée par un appareil d'une puissance d'un kilowatt (1 000 watts) qui a fonctionné pendant une heure (1 kilowatt x 1 heure). Le kilowattheure est une unité pratique de mesure d'énergie valant 3,6 mégajoules.

ex: une lampe de 60 W consommera 60 Wh si elle reste allumée pendant une heure. La même lampe de 60 W consommera 60 kWh si elle est allumée pendant 1000 heures.

Kilowatt crête (kWc) = Puissance dans des conditions standards

La puissance crête d'un système photovoltaïque correspond à la puissance électrique délivrée par ce même système dans des conditions standards d'ensoleillement (1000 W/m^2), de température (25°C) et de standardisation du spectre de la lumière (AM 1,5).

ex: un module de 200 Wc est un module qui produira une puissance électrique de 200 W si on le place sous un ensoleillement de 1000 W/m^2 .

Exemples de centrales photovoltaïques

Un exemple au Portugal

En avril 2006, les sociétés GE Energy Financial Services, Powerlight Corporation et Catavento Lda ont annoncé la construction d'une des plus grandes centrales photovoltaïques au monde d'alors (bien dépassé depuis), à Serpa au sud du Portugal, dans l'Alentejo agricole. Ce projet de 11 MWc (soit environ les besoins de 8 000 foyers) comprend 52 000 panneaux solaires guidés pour suivre au plus près la course journalière du soleil, sur 60 hectares à flanc de colline. Il a été inauguré le 28-mars 2007.



Un exemple aux États-Unis

Inaugurée en décembre 2007, la centrale solaire de Nellis est la plus importante d'Amérique du Nord ; elle est située sur la Base aérienne militaire de Nellis (Clark county, Nevada), au nord-ouest de Las Vegas. D'une puissance de 14 MWc (soit un rendement de 20%), elle doit produire 25 millions de kWh/an et couvrir plus de 25% des besoins de la Base, et de ses 12 000 militaires et civils. Elle est composée d'environ 70 000 panneaux qui suivent le soleil, sur 57 hectares de terres militaires.



La prédominance de l'Espagne en 2008

13 des 15 plus grandes centrales au monde (hors les projets à Brandis en Allemagne et SinAn en Corée du sud) sont situées aujourd'hui (fin 2008) en Espagne, avec des opérateurs espagnols, allemands ou américains, et des puissances visées de 20 à 60 MWc, sur des dizaines d'hectares.

Étapes de la construction en 2007 d'une centrale photovoltaïque au sol à Beneixama (Alicante)
de 20 MWc sur 50 hectares (source : <http://www.city-solar-ag.com>).



Mise en place des structures de supports, et tracé des pistes de desserte, dans et autour de la parcelle.

Travaux de débroussaillage, terrassement et aplatissement.



Creusement des tranchées de branchement des réseaux et câblage.



Construction des bâtiments de transformateurs et des postes de livraison électrique.

Terrassement, gestion de l'eau par des fossés, mise en place des clôtures.



Différentes étapes de mise en place du projet sur des parcelles voisines.

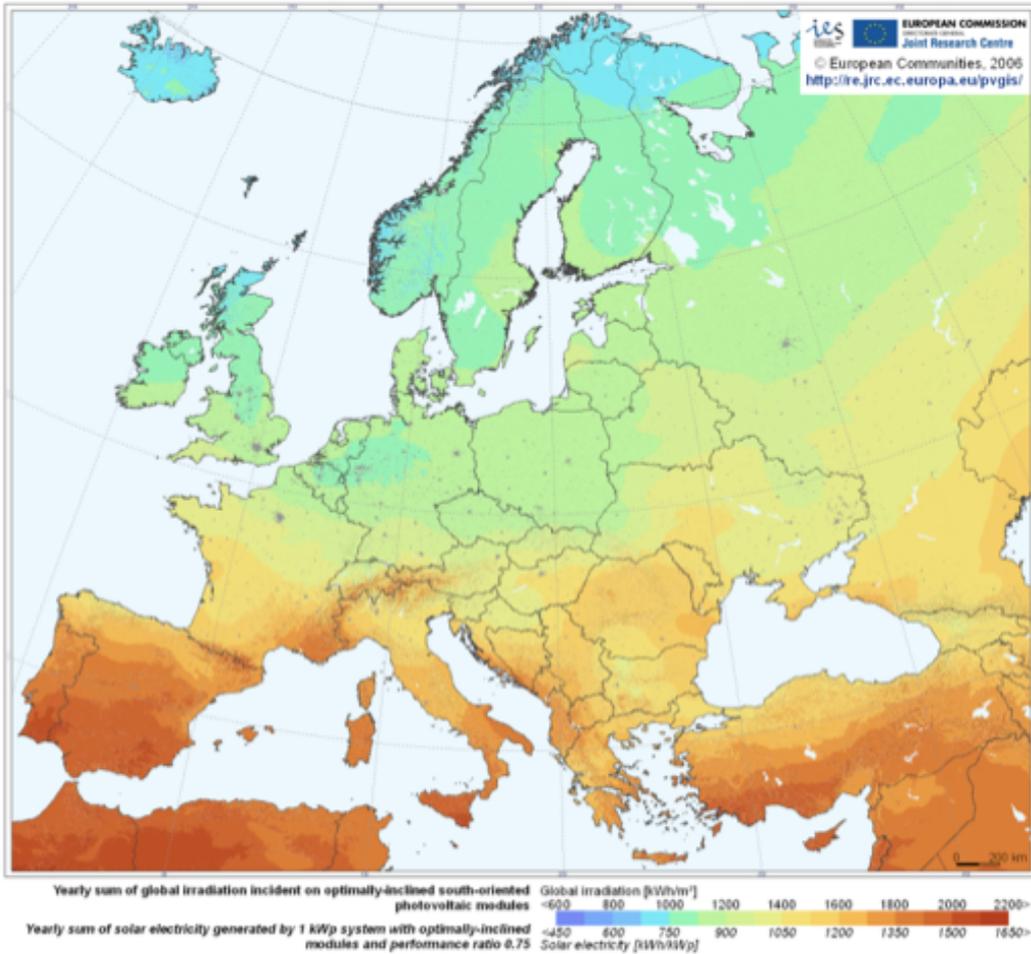
On peut noter :

- la proximité d'une ligne haute tension et d'une route en bordure du premier terrain,
- le maintien de quelques arbres isolés (chênes verts peut-être) en bordure ou en cœur de parcelle,
- les terrassements réalisés malgré une pente douce et apparemment régulière,
- le tracé artificiellement rectiligne des pistes et de la découpe d'installation des panneaux.

Les installations s'étendent sur des espaces préalablement de prairies sèches (les vergers ne sont pas touchés) et de part et d'autre d'un talweg marqué par une ripysilve : quel impact à prévoir sur l'écoulement des eaux ?

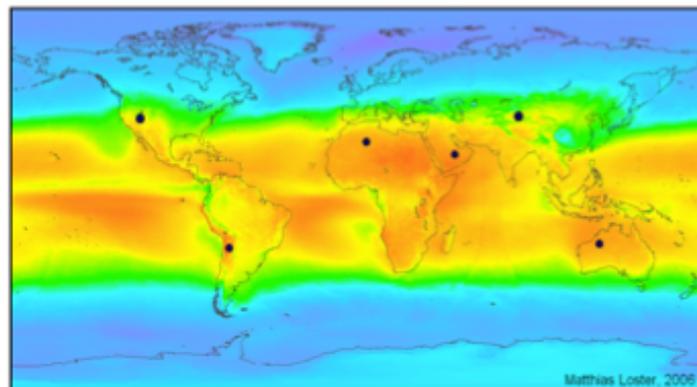


Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Les couleurs indiquent l'énergie solaire locale reçue en moyenne journalière (1991-1993), en tenant compte des couvertures nuageuses. Les zones noires correspondent à des surfaces qui seraient à couvrir de panneaux solaires (avec un rendement de 8%) pour satisfaire aux besoins mond'énergie primaire, soit environ 18 TW.

http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/
22 March 2006



0 50 100 150 200 250 300 350 W/m²

$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$