

Rapport d'activités sur les énergies renouvelables

Mars 2006

Equipe de recherche :

Responsables scientifiques :

Marie-Laurence De Keersmaecker, CREAT-UCL,
Emmanuel Sérusiaux, LEPUR-ULg

Chercheurs :

Véronique Boniver, LEPUR-ULg,
Olivier Denis, CREAT-UCL,
Christophe Derzelle, CREAT-UCL,
Martin Grandjean, CREAT-UCL,
Roger Hagelstein, CREAT-UCL,
Eric Melin, LEPUR-ULg,
Stéphane Lassaux, LEPUR-ULg

Table des matières

EN GUISE D'INTRODUCTION.....	2
1. OBJECTIFS A ATTEINDRE	2
1.1 OBJECTIFS REPRIS DANS LES TEXTES EUROPEENS.....	2
1.2 OBJECTIFS FIXES EN WALLONIE.....	4
1.3 EN RESUME.....	4
1.4 QUELQUES REFLEXIONS SUR L'APPLICATION DES DIRECTIVES EUROPEENNES.....	5
1.5 ÉLECTRICITE : SITUATION EN BELGIQUE ET WALLONIE	7
1.5.1 Contexte énergétique belge.....	7
1.5.2 Electricité en Belgique.....	8
1.5.3 L'électricité en Wallonie.....	10
2. LA BIOMASSE	11
2.1 LES FILIERES DE LA BIOMASSE	11
2.2 OBJECTIFS DE PRODUCTION EN WALLONIE.....	12
2.3 RESSOURCES ET POTENTIELS EN WALLONIE.....	13
2.4 EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	15
2.4.1 Territorialisation de l'analyse du cycle de vie	15
2.4.2 Description de l'analyse du cycle de vie.....	15
2.4.3 Quelques filières.....	17
2.4.4 Quelques réflexions méthodologiques.....	18
3. L'HYDRAULIQUE	20
3.1 PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE	20
3.2 DISPONIBILITE DES RESSOURCES	20
3.3 AVANCEES TECHNOLOGIQUES ET FAISABILITE	20
3.4 POTENTIALITES	21
4. L'EOLIEN	22
4.1 TYPOLOGIE DES EOLIENNES.....	22
4.1.1 Les installations d'éoliennes individuelles	22
4.1.2 Les parcs éoliens terrestres	23
4.1.3 Les parcs éoliens off-shore (en mer).....	24
4.2 PROBLEMATIQUES TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES	25
4.2.1 Les installations d'éoliennes individuelles	25
4.2.2 Les parcs éoliens terrestres	25
4.3 EVALUATION DU POTENTIEL EOLIEN	26
4.3.1 Potentiel énergétique issu des éoliennes individuelles	26
4.3.2 Potentiel énergétique issu de parcs éoliens terrestres.....	26
5. LE SOLAIRE	29
5.1 PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE	29
5.2 DISPONIBILITE DES RESSOURCES	29
5.3 AVANCEE TECHNOLOGIQUE ET FAISABILITE.....	29
5.4 POTENTIALITES DES MARCHES	30
6. LA GEOTHERMIE ET LES POMPES A CHALEUR.....	31
6.1 PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE	31
6.2 DISPONIBILITE DES RESSOURCES	31
6.3 AVANCEE TECHNOLOGIQUE ET FAISABILITE.....	32
6.4 POTENTIALITES DES MARCHES	32
7. REFERENCES.....	33

RAPPORT D'ACTIVITE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES MARS 2006

EN GUISE D'INTRODUCTION

Au niveau européen - comme d'ailleurs au niveau mondial - les politiques énergétiques des différents pays ont, depuis plus d'un siècle, privilégié les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon). Mais aujourd'hui, ces politiques doivent faire face à un triple défi : l'épuisement à terme de ces énergies, la dépendance de l'Europe vis-à-vis de l'extérieur et les changements climatiques suite aux émissions sans cesse croissantes de gaz à effet de serre. La flambée actuelle des prix pétroliers et les événements récents liés au problème d'approvisionnement de gaz russe ont à nouveau mis à la une de l'actualité ces différentes problématiques.

Dans un tel contexte, le recours aux énergies renouvelables apparaît comme une nécessité. Le Parlement européen (2005, p.14) affirme ainsi que le XXI^{ème} siècle sera le siècle des énergies renouvelables et que celles-ci pourraient couvrir plus de 80% de tous les besoins en énergie d'ici la fin du siècle. Les énergies renouvelables présentent en effet différents atouts qui permettent de répondre partiellement aux défis actuels :

- leur approvisionnement est assuré puisqu'il s'agit d'énergies qui se renouvellent en permanence ;
- leur consommation est favorable à l'environnement ;
- à l'échelle européenne, si la production d'énergies renouvelables est aujourd'hui relativement faible, elle est cependant en pleine croissance, ce qui permettra de réduire à l'avenir notre dépendance énergétique.

C'est dans ce cadre que la CPDT mène actuellement une réflexion sur les potentiels de production d'énergies renouvelables sur le territoire de la Wallonie.

1. OBJECTIFS A ATTEINDRE

1.1 OBJECTIFS REPRIS DANS LES TEXTES EUROPEENS

Pour promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables (ER), des objectifs indicatifs sur la part de ces énergies sont proposés par la Commission européenne aux différents Etats membres. Déjà **en 1997**, un premier objectif est exprimé en % de la consommation globale d'énergie à l'horizon 2010. **En 2001 et en 2003**, deux directives recommandent des objectifs en 2010 pour deux secteurs particuliers (respectivement le secteur de l'électricité et les transports). Plus récemment, **en 2005**, le Parlement européen a fixé des objectifs pour 2020 et en décembre dernier, un plan d'actions est adopté pour une filière particulière, celle de la biomasse. Suite à ce plan, une première stratégie a été mise au point **en février 2006** pour la promotion des biocarburants.

- **Le Livre blanc de 1997**, intitulé « Energie pour l'avenir : les sources d'énergies renouvelables », fixe un objectif indicatif de 12% à l'horizon 2010 pour la part d'ER dans la consommation européenne intérieure brute d'énergie (qui inclut le chauffage, l'électricité et les transports)¹.
- **En octobre 2001**, une directive européenne (2001/77/CE) fixe à 22,1% la part d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'électricité de l'Europe des 15 (21% si on considère l'Europe des 25) pour 2010². Cette directive fixe également des objectifs indicatifs pour chaque pays membre : ainsi pour la Belgique, 6% de la demande d'électricité devrait être satisfaite par les énergies renouvelables en 2010.
- **Le 8 mai 2003**, une autre directive européenne (2003/30/CE) vise à promouvoir l'utilisation des biocarburants ou d'autres carburants renouvelables dans les transports et recommande aux pays européens un objectif minimum de 5,75% en 2010 pour la part des biocarburants dans la consommation totale d'essence et de gazole destinés aux transports³. Un réexamen de cette directive est prévu en 2006 pour déterminer si l'objectif de 2010 pourra être atteint et pour envisager la possibilité de le rendre obligatoire.
- **Le 29 septembre 2005**, le Parlement européen a adopté des objectifs pour 2020 dans l'Europe des 15 :
 - 20% d'énergies renouvelables dans la consommation globale d'énergie⁴
 - 33,8% pour la production d'électricité⁵
 - 25% pour la production de chaleur⁶.
- **Le 7 décembre 2005**, un plan d'actions pour le développement de la biomasse est adopté dans l'Europe des 25 : plus de 20 actions seront mises en œuvre à partir de 2006. Ce plan propose de nouveaux objectifs pour la biomasse : passer de 69 millions tep en 2003 à 149 millions tep en 2010. Cette progression de 80 millions tep devrait se répartir comme suit (lu sur le site de Valbiom) :

¹ Les objectifs par filière sont les suivants (EREC, 2004) : Eolien : 40GW, Hydraulique : 100GW, Photovoltaïque : 3 GWp, Biomasse : 135 Mtoe, Géothermie : 45,2 Mtoe, Solaire thermique : 100 Mio m².

² L'objectif de 22,1% est estimé comme suit (EREC, 2004) : 675 TWh d'énergies renouvelables en 2010 pour une consommation européenne d'électricité de 3 068 TWh.

³ En décembre 2010, cet objectif est estimé comme suit (EREC, 2004) : 17 Mtoe de biocarburants pour une consommation totale d'essence et de gazole de 295,8 Mtoe.

⁴ Réparti par filière comme suit, en Mtoe (EREC, 2004) :

38 pour l'éolien, 33 pour l'hydraulique, 3,6 pour le photovoltaïque, 205 pour la biomasse, 12,4 pour la géothermie, 24 pour le solaire thermique,

soit un total de 316 Mtoe pour une consommation totale d'énergie estimée à 1 576 Mtoe.

⁵ Réparti par filière comme suit, en TWh (EREC, 2004) :

444 pour l'éolien, 384 pour l'hydraulique, 342 pour le photovoltaïque, 282 pour la biomasse, 14 pour la géothermie,

soit un total de 1 166 TWh pour une production d'électricité estimée à 3 450 TWh.

⁶ Réparti par filière comme suit, en Mtoe (EREC, 2004) :

100 pour la biomasse, 4 pour la géothermie, 24 pour le solaire thermique,

soit un total de 128 Mtoe pour une production totale de chaleur estimée à 511,6 Mtoe.

- 35 millions tep de biomasse pour l'électricité ;
 - 27 millions tep de biomasse pour la chaleur ;
 - 18 millions tep de biocarburants
- **Le 8 février 2006**, une stratégie européenne est proposée pour augmenter la demande de biocarburants. L'objectif de la Commission européenne est de quadrupler la production de biocarburants en 5 ans grâce notamment à l'amélioration de leur compétitivité en termes de coûts et au renforcement de la recherche.

Pour info,

- un livre vert sur l'efficacité énergétique doit paraître **en 2006** (une consultation publique est actuellement en cours) ;
- une conférence aura lieu **en septembre 2006** à Bruxelles sur la politique européenne en matière d'énergies renouvelables

1.2 OBJECTIFS FIXES EN WALLONIE

Rappelons qu'en Belgique, l'Etat fédéral et les Régions se partagent les compétences dans le domaine de l'énergie. Pour ce qui concerne les énergies renouvelables, ce sont les Régions qui sont compétentes. La compétence du fédéral se limite à l'éolien offshore et à la fixation de prix fixes minima pour les certificats verts ; en particulier pour la biomasse, ce prix minimal est de 20 euros /MWh (voir l'AR du 5 octobre 2005).

En vue de respecter la directive européenne sur l'électricité renouvelable, et en particulier l'objectif belge de 6% dans la consommation d'électricité, la Région wallonne a retenu, pour 2010, un objectif de 8% pour la part d'ER (y compris la cogénération biomasse) dans la consommation d'électricité de la Wallonie. Cet objectif régional est repris explicitement dans le Plan pour la maîtrise durable de l'énergie, adopté par le Gouvernement wallon en décembre 2003.

Pour atteindre son objectif régional, la Région wallonne a mis en place, depuis 2003 :

- un système de certificats verts (CV) associé à une obligation de quotas⁷ ;
- un système d'aide à la production (Arrêté du gouvernement wallon du 6 novembre 2003) qui permet aux producteurs d'électricité d'échanger leurs CV à un prix unitaire de 65 euros.

1.3 EN RESUME

Tableau 1 : Synthèse des objectifs sur les énergies renouvelables

	Part des énergies renouvelables		Objectifs européens pour la biomasse	
	A l'horizon 2010	A l'horizon 2020	De 2003 à 2010 (dans l'Eur25)	A l'horizon 2020 (dans l'Eur15)

⁷ Ce système est également appliqué dans les autres régions du pays : depuis 2002 en Région flamande et depuis 2004 en Région de Bruxelles Capitale. (pour plus d'infos, cf Project CP/23, p. 26-27)

			Pour l'électricité	Pour la chaleur	Pour les biocarburants	Pour la production d'électricité	Pour la production de chaleur
En % de la consommation totale d'énergie	Eur15 : 12%	Eur15 : 20%					
En % de la <u>production</u> d'électricité		Eur15 : 33,8%					
En % de la <u>production</u> de chaleur		Eur15 : 25%					
En % de la consommation d'électricité	Eur15 : 22,1% Eur25 : 21% Belg : 6% RW : 8%						
En % de la consommation de carburants	Eur15 : 5,75%						
			+ 35 Mtep	+ 27 Mtep	+ 18 Mtep	282 TWh	100 Mtoe

1.4 QUELQUES REFLEXIONS SUR L'APPLICATION DES DIRECTIVES EUROPEENNES

Concernant l'objectif du livre blanc

Pour réaliser l'objectif de 12% en 2010, les directives sur l'électricité renouvelable et sur les biocarburants ne sont pas suffisantes. Des mesures devront également être prises dans le secteur de la chaleur et du refroidissement renouvelables. Rappelons que, pour 2020, un objectif de 25% a été prévu dans ce secteur par le Parlement européen.

Concernant l'électricité renouvelable

Si la directive européenne fixe des objectifs en % de la consommation d'électricité, l'évaluation de cette directive dans chaque pays se fait généralement à partir de la production nationale. Si on prend l'exemple de la Belgique, la production d'électricité verte représente 1 056 GWh en 2003, soit 1,18% de la consommation d'électricité ; en 1997, cette part était de 1,10%. Et l'objectif belge repris dans la directive européenne est de 6% pour 2010.

Tableau 2 : Production d'électricité en Belgique à partir d'énergies renouvelables (en GWh)

	1997	2003
Biogaz	27	140
Biomasse solide	60	265
Déchets organiques	188	315
Hydraulique (grande échelle)	133	102
Hydraulique (petite échelle)	172	145
Photovoltaïque	0	1
Eolien terrestre	8	88
Total	587	1 056
En % de la consommation totale	1,10%	1,18%

Source : CE, Direction générale de l'énergie et des transports (chiffres présentés par Beatriz Yordi le 12 janvier 2006 au séminaire d'Agoria)

Concernant les biocarburants

1) Tenir compte de la capacité énergétique

A volume identique, l'incorporation de biocarburants dans les carburants fossiles diminue le contenu énergétique. Il faut donc tenir compte du PCI (pouvoir calorifique inférieur) des biocarburants pour évaluer la directive dans chaque pays.

Et dans l'estimation de la part de biocarburant, il faut rappeler que l'ETB⁸ n'est pas un biocarburant pur : selon la directive européenne de 2003, il ne contient que 47% en volume de biocarburant⁹.

2) Des modifications sont à prévoir

Les principaux biocarburants (bioéthanol et biodiesel) sont généralement mélangés aux carburants fossiles. Mais pour appliquer ces mélanges, il faut respecter des règlements techniques qui limitent les taux d'incorporation en volume des biocarburants.

- Selon la directive du 13 octobre 1998 (1998/70/CE) modifiée le 3 mars 2003 (2003/17/CE), des limites sont fixées pour la teneur en éthanol, en éther et en autres composés oxygénés de l'essence ; quant au diesel, il ne doit pas contenir plus de 5% de biodiesel en volume (soit 4,6% en valeur énergétique)
- En Belgique, la loi programme de juillet 2005 prévoit des taux d'incorporation maxima : 7% pour l'éthanol incorporé dans l'essence ; 5% pour le diester incorporé dans le diesel ; ces taux maxima seront d'application en 2008.

Mais ces taux réglementaires ne sont pas compatibles avec l'objectif de la directive.

Pour respecter l'objectif de 5,75%, il faudrait :

⁸ L'ETB est obtenu en ajoutant de l'isobutène à l'éthanol de blé ou de betterave à sucre.

⁹ Selon un rapport du Ministère français de l'économie (2005), le PCI ETB = 0,39% du PCI essence ; le PCI EMVH = 0,92% du PCI gazole.

- modifier les normes européennes pour autoriser des taux d'incorporation plus élevés (une révision de la directive 2003/17/CE est prévue pour 2006) ;
- adapter les moteurs des véhicules en conséquence (techniquement c'est possible) ;
- prévoir un budget supplémentaire de l'Etat fédéral pour financer les quantités additionnelles de biocarburant soumises à la défiscalisation.

Il y a également des raisons physiques qui empêchent la réalisation de mélange à certaines teneurs en biocarburants ; c'est pour cette raison que l'éthanol est transformé en ETBE.

Précisons que pour les flottes captives (ex : les bus et les services postaux), la concentration de biocarburants peut être plus élevée (ainsi, en France, 30% d'EMHV peut être incorporé au diesel des flottes urbaines)

3) La Belgique doit encore se fixer un objectif national

Contrairement au secteur de l'électricité, des objectifs nationaux n'ont pas été fixés pour les biocarburants dans la directive européenne de 2003. Chaque pays membre est donc libre de fixer ses propres objectifs. Et ceux-ci pourraient être différents de l'objectif de référence de la directive-cadre.

4) Différents scénarios sont possibles

Pour respecter la directive européenne en RW, les biocarburants consommés sur place peuvent être

- soit produits sur le territoire wallon à partir de ressources locales ;
- soit être importés, à partir d'autres pays européens (par exemple de France ou d'Allemagne pour le biodiésel) ou à partir de pays extérieurs (par exemple du Brésil ou des Etats-Unis pour le bioéthanol) ;
- soit encore être produits localement dans des unités de transformation mais en important les matières premières nécessaires (le soja ou le colza par exemple)

1.5 ÉLECTRICITE : SITUATION EN BELGIQUE ET WALLONIE

1.5.1 Contexte énergétique belge¹⁰

La définition des objectifs à atteindre nécessite de savoir quelles sont les tendances pour les besoins en énergie.

La **consommation intérieure brute**¹¹ (CIB) a augmenté de 40 % en Belgique de 1970 à 2000, passant de 41 Mtep à 57 Mtep. Notons que près de la moitié de cette augmentation (45 %) se concentre sur le période 1995/2000 en raison d'un contexte économique dynamique et de prix de l'énergie bas. Le scénario de référence du bureau du plan table sur une augmentation de la consommation intérieure brute de 7 % de 2000 à 2030 avec une croissance 7,4 % de 2000 à 2010, de 2,6 % de 2010 à 2020 et de -2,5 % de 2020 à 2030.

¹⁰ (Gusbin et Hoonart, 2004)

¹¹ « La consommation intérieure brute d'énergie (CIB), appelée aussi demande primaire d'énergie, est une mesure de la consommation totale d'énergie d'un pays. En effet, elle inclut tant la demande finale d'énergie de l'industrie, du tertiaire, des ménages et des transports que la demande d'énergie des secteurs transformateurs d'énergie dont les plus importants, en Belgique, sont le secteur électrique et les raffineries. Cette consommation d'énergie est satisfaite d'une part par la production primaire d'énergie sur le territoire (par exemple l'énergie éolienne) et d'autre part par les importations (pétrole, gaz naturel, etc). » (Gusbin et Hoonart, 2004)

Ce ralentissement progressif de la demande serait imputable à l'amélioration significative de l'efficacité énergétique (tant pour l'offre que la demande) via notamment des prix plus élevés, les changements structurels dans l'industrie belge, l'effet de saturation de la demande en équipements énergivores et l'effet de mesures politiques (directives...). Notons que la baisse de cette demande envisagée pour 2020/2030 serait due à l'abandon du nucléaire tel que considéré en Belgique.

La **production primaire belge** ne couvre en 2000 que 20 % de cette CIB, produit pour l'essentiel par l'énergie nucléaire (93%).

La **demande finale d'énergie** a elle augmenter de 1990 à 2000 avec un taux de croissance moyen de 1,6 % par an (de 36,9 Mtep à 42,2 Mtep). Elle devrait augmenter au rythme de 0,5 % par an de 2000 à 2030.

1.5.2 Electricité en Belgique

L'électricité est le secteur énergétique qui connaît la plus forte croissance en Belgique.

Tableau 3 : Taux de croissance annuel moyen de la demande d'électricité pour différentes périodes - Belgique (1960 à 1999).

Périodes	Taux de croissance annuel moyen
1960-1999	4,5 %
1969-1999	3,7 %
1979-1999	2,6 %
1989-1999	2,9 %
1994-1999	2,3 %

Sources : Commission Ampère, rapport final

Si la progression à prévoir de la demande en électricité reste importante, elle devrait être inférieure aux taux enregistrés précédemment en raison notamment de la meilleure efficacité énergétique et de la saturation du parc d'équipements électriques. Les études consultées convergent dans l'ensemble quant à l'évolution de la demande globale d'électricité : située à 1,5 – 1,8 % par an jusqu'en 2010. La demande d'électricité fléchirait ensuite ne progressant plus que de 1,2 % en moyenne de 2010 à 2020. C'est dans le secteur tertiaire et les transports que la progression serait la plus forte. Elle serait moins élevée mais resterait toujours largement positive dans l'industrie (AMPERE, 2000)).

Tableau 4 : Projections de la demande d'électricité selon plusieurs études pour la Belgique et pour l'Europe des 15.

	European energy outlook ¹²		Bureau fédéral du plan ¹³		
	2000 - 2010	2010 - 2020	2000 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2030
Total	1,8 %	1,2 %	1,5 %	1,3 %	0,8 %

La **production d'électricité** dépendra elle des échanges qui s'installeront entre les différents voisins (objet d'une autre étude du bureau du plan sur base du logiciel PRIMES). Historiquement les interconnexions entre pays ne sont pas prévus pour des échanges de grandes ampleurs mais bien pour assurer la fiabilité des réseaux. Si actuellement les échanges sont en croissance, l'avenir de ce paramètre dépendra essentiellement des investissements qui seront consentis pour les connections transfrontalières et par les choix de production dans les différents pays. A partir de là, le bureau du plan prend comme hypothèse que la production augmentera de 1,6 % par an de 2000 à 2010, de 1,3% de 2010 à 2020 et de 0,9% de 2020 à 2030 (Gusbin et Hoonart, 2004).

La capacité installée actuellement en Belgique est de 14,6 GW (58% issues de centrales thermiques, 41% des centrales nucléaires et 1% de l'hydraulique et de l'éolien). Cette capacité installée devrait être, selon les hypothèses annoncées précédemment de 17,2 GW en 2010 et de 22,5 GW en 2030 (Gusbin et Hoonart, 2004).

L'objectif national de 6% de production d'électricité par les énergies renouvelables équivaudrait selon les hypothèses du bureau du plan à une production de 5790 GWh en 2010 (Gusbin et Hoonart, 2004). La production pour 2002 est de 1156 GWh (EurObserv'ER, 2005), soit 1,4 % de la production 2000.

Tableau 5 : Production d'électricité en Belgique à partir d'énergies renouvelables (en GWh)

	1997	2003
Biogas	27	140
Biomasse solide	60	265
Déchets organiques	188	315
Hydraulique (grande échelle)	133	102
Hydraulique (petite échelle)	172	145
Photovoltaïque	0	1
Eolien terrestre	8	88
Total	587	1 056

¹² *European Union Energy Outlook to 2020*, Commission européenne, Direction Générale XVII, novembre 1999.

¹³ *Perspectives Energétiques pour la Belgique à l'horizon 2030*, D. Gusbin et B. Hoonart, Bureau Fédéral du Plan, Janvier 2004.

En % de la consommation totale	1,10%	1,18%
--------------------------------	-------	-------

Source : CE, Direction générale de l'énergie et des transports (chiffres présentés par Beatriz Yordi le 12 janvier 2006 au séminaire d'Agoria)

1.5.3 L'électricité en Wallonie

La production électrique wallonne s'établit en 2000 à 33 200 GWh, alors que sa consommation s'élève à 23 400 GWh. La région reste donc largement exportatrice d'électricité, principalement vers la Flandre.

Cette production est essentiellement centralisée : en 2000, près de 70% dans les 3 unités nucléaires de Tihange et 20% dans une douzaine de centrales à énergie fossile des producteurs distributeurs (MRW, 2003).

L'objectif de production d'électricité via les RES pour la Wallonie s'élève lui à 8 % pour 2010. En 2000, la part de production d'électricité wallonne via les RES s'élève à 2,6% de sa consommation (600 GWh) (MRW, 2003). Cette production s'articule comme suit :

Tableau 6 : L'électricité verte en 2000 en Région wallonne

Energie renouvelable	GWh	Part de la consommation finale
Hydroélectrique	380	1,6%
Eolien on-shore	1	0
Déchets forestiers	149	0,6%
Cultures énergétiques	0	0
Biométhanisation	70	0,3%

Sources : Plan pour la maîtrise durable de l'énergie en Wallonie à l'horizon 2010

Cet objectif équivaldrait selon le plan pour la maîtrise durable de l'énergie (MRW 2003) à 2000 GWh mais les hypothèses quant à l'évolution de la consommation finale d'électricité sont assez faible dans ce plan (évolution de 3,6% de 2000 à 2010) alors que les tendances dégagées par l'étude du bureau du plan pour la Belgique prévoient une évolution de 17% sur ce même laps de temps (Gusbin et Hoonart, 2004). Si nous prenons les hypothèses du bureau fédéral du plan en termes d'évolution de consommation et qu'on les applique au cas wallon, nous obtenons un objectif de 2200 GWh.

2. LA BIOMASSE

2.1 LES FILIERES DE LA BIOMASSE

En écologie, la biomasse est la masse totale (quantité de matière) de tous les êtres vivants présents dans un milieu donné.

Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des énergies provenant de la dégradation de la matière organique à partir d'organismes vivants ou morts. On distingue généralement la biomasse sèche et la biomasse liquide. La biomasse sèche regroupe les cultures énergétiques (agricoles), le bois provenant de l'exploitation des forêts ou de sous-produits de l'industrie (scieries, menuiseries, etc.) et de déchets (industriels, agricoles ou ménagers). La biomasse humide ou liquide est constituée de boues d'épuration, d'effluents d'élevage ou encore de la frange organique des déchets ménagers.

Le terme énergie de la biomasse désigne donc d'énergie solaire transformée par les plantes chlorophylliennes utilisées, soit directement (par exemple, bois de chauffage), soit après de nouvelles transformations chimiques (biogaz, biocarburant). C'est la raison pour laquelle, on distingue habituellement trois principales filières : le bois-énergie, le biogaz et les biocarburants.

L'énergie du bois est libérée par combustion sous forme de chaleur et de gaz de bois, utilisée directement et/ou pour produire de l'électricité. En résumé, les inconvénients du bois-énergie sont la pollution (notamment les particules fines) et les coûts d'installations (plus élevé que ceux du fioul). En Région wallonne, le manque flagrant actuel de filières locales de préparation des combustibles, comme les granulés (pellets) et les plaquettes, peut aussi constituer un inconvénient pour l'utilisateur. Les avantages sont liés à l'amélioration des performances des nouvelles chaudières (supérieures à 80 %). Les anciennes pollutions générées par les gaz de bois sont évitées, car ces chaudières les brûlent également (foyer double combustion) ce qui a permis l'évolution de la technologie. Si les surfaces forestières restent constantes ou progressent, et que la production forestière s'effectue dans les principes d'une gestion écologique durable, l'utilisation du bois-énergie n'aggrave pas l'effet de serre. Bien au contraire, le caractère renouvelable (de cette ressource génère des filières et des emplois locaux. Cela permet de diminuer d'autant les pollutions dues à l'acheminement des combustibles fossiles, d'augmenter l'autonomie énergétique d'une région et de créer un tissu économique de filière courtes.

Le biogaz se compose des effluents gazeux, essentiellement méthane, issus de la fermentation anaérobie de matières organiques (biomasse) contenues dans les décharges, les stations d'épuration, etc., ou récupérées essentiellement de l'agriculture et injectées dans des unités de biométhanisation. Le méthane est un puissant gaz à effet de serre et sa captation est de toute façon hautement souhaitable. Il convient de relever que cette fermentation se produit naturellement des zones humides peu oxygénées comme les marais et les terres inondées. Le méthane constitue une ressource énergétique souvent via sa combustion pour produire de la vapeur et/ou de l'électricité. Son utilisation directe dans des moteurs à gaz pauvres peut aussi être envisagée.

Les biocarburants sont des carburants pour moteurs thermiques issus de la biomasse. Ils peuvent se substituer partiellement, ou totalement, aux carburants pétroliers, notamment pour faire rouler les véhicules à carburants alternatifs (transport), mais peuvent avoir d'autres usages. Les biocarburants obtenus à partir de plantes terrestres résultent principalement de deux filières : la filière huile, à partir de colza ou de tournesol, et la filière alcool, à partir de la fermentation de sucres de betterave, de blé, de canne à sucre, de maïs, voire de bois.

L'obtention de ces biocarburants nécessite d'importantes surfaces cultivables. Par ailleurs, il est important de souligner que les impacts environnementaux des biocarburants dépendent de la filière considérée (alcool, huile végétale pure, biodiesel, etc.), et du type d'agriculture pratiquée (agriculture intensive, agriculture biologique etc.). Les bilans environnementaux (écobilans) des cultures nécessaires et des produits de combustion doivent dès lors faire l'objet d'études attentives sous peine de rater l'objectif du développement durable. De manière simplifiée, pour obtenir un bilan environnemental sérieux, il faut tenir compte de l'impact des engrais et des pesticides utilisés, en particulier sur les sols, l'eau et la biodiversité. Le bilan CO₂ des biocarburants n'est donc pas neutre compte tenu de l'énergie nécessaire à leur production.

2.2 OBJECTIFS DE PRODUCTION EN WALLONIE

En matière d'énergie verte et à l'horizon 2010, les objectifs du Plan pour la maîtrise durable de l'énergie sont notamment :

- de produire 8% de la consommation finale d'électricité à partir d'énergie renouvelable
- de produire 9% de la consommation finale thermique basse température (chauffage, eau chaude sanitaire, applications à basse température dans l'industrie) à partir des renouvelables.

Globalement, l'énergie produite à partir de renouvelables représentera un peu plus de 4 % de la consommation énergétique finale totale en 2010.

Les tableaux suivants reprennent plus en détails la proportion envisagée des différentes sources de biomasse pour les productions de chaleur et d'électricité.

Tableau 7 : Proportion d'électricité verte dans la consommation d'électricité à l'horizon 2010 en Wallonie.

	GWh-2000	%*	GWh-2005	%	GWh-2010	%
Total Energies renouvelables	600	2,6	900	3,7	2000	8
Déchets forestiers	149	0,6	200	0,8	370	1,5
Cultures énergétiques	0	0	55	0,2	225	0,9
Biométhanisation/ Gaz de décharge	70	0,3	100	0,4	225	0,9

Source : Plan wallon pour la maîtrise durable de l'énergie, 2003, Cabinet du Ministre des Transports, de la Mobilité et de l'Energie - DGTRE

* en pourcentage de la consommation finale totale : 23435 GWh en 2000, 24200 GWh en 2005 (prévision) et 24300 GWh en 2010 (prévision)

Tableau 8 : Proportion de chaleur d'origine renouvelable dans la consommation thermique en Wallonie à l'horizon 2010 en Wallonie.

	GWh-2000	%*	GWh-2005	%	GWh-2010	%
Total Energies renouvelables	2987	6	3300	6,5	4360	9
Déchets forestiers et agricoles, bois de chauffage et culture énergétiques	2922	5,8	3200	6,4	4100	8,2
Fermentation anaérobie	30	0,1	50	0,1	100	0,2

Source : Plan wallon pour la maîtrise durable de l'énergie, 2003, Cabinet du Ministre des Transports, de la Mobilité et de l'Energie - DGTRE

* en pourcentage de la consommation thermique totale : 50000 GWh en 2000 et constante selon les projections jusqu'en 2010.

Enfin, pour les biocarburants, selon les calculs de Valbiom (chiffres repris dans le Mémoire, p. 14), l'objectif européen de 5,75% pour 2010 représente pour la Wallonie une production de biocarburants de 166 000 tep/an ce qui représente une énergie pour le transport de 1930 GWh/an.

2.3 RESSOURCES ET POTENTIELS EN WALLONIE

En 2003, les énergies renouvelables en Wallonie représentent environ 2% de la consommation intérieure brute d'énergie (4400 GWh) dont 92,6 % proviennent de la biomasse. Pour la consommation finale, 3712 GWh sont disponibles

Tableau 9 Production d'énergie à partir de la biomasse en Wallonie en 2003

	Production primaire (GWh)	Electricité nette (GWh)	Chaleur (GWh)
Total Biomasse	4074,6	287,2	3109
Incinération de déchets ménagers organiques	272,1	45,3	0
Bois de chauffage	1081,4	0	1081,59
Déchets forestiers	2409,2	154,7	1995,7
Biogaz déchets organiques	16,9	4,5	2,33
Fermentation de boues	5,7	0,5	3,49

d'épuration			
Fermentation d'effluents industriels	21,2	3,9	13,96
Fermentation d'effluents d'élevage	5,65	1,6	1,16
Gaz de décharge	22,6	76,7	10,47

Source : Bilan Energétique Wallon 2003, Energies renouvelables, Mars 2005, ICEDD pour le compte de la DG TRE

Quant à l'énergie pour les transports, il n'y avait pas en 2003 de production de biocarburants en Wallonie.

En comparant ces chiffres de production nette avec les objectifs du Plan pour la maîtrise durable de l'énergie, nous pouvons constater que les objectifs de 2005 sont presque atteints. Il faut cependant ajouter que près de 1745 GWh sont importés sous forme de bois énergie. Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'une production locale¹⁴.

De plus, la part envisagée des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie augmentera significativement entre 2005 et 2010. C'est dès lors durant cette période que des efforts importants devront être réalisés et les ressources valorisées.

Il semble que dans le cadre de la production d'énergie renouvelable et plus particulièrement dans l'utilisation de la biomasse, la Wallonie possède certains atouts encore à valoriser.

En effet, avec une superficie agricole de plus de 750 000 ha et une surface boisée de 500 000 ha, le territoire wallon recèle un potentiel important sous forme de biomasse et peut envisager de produire à court terme une part non négligeable de ses besoins en énergie. Néanmoins la densité de population défavorise son potentiel de production par habitant par rapport à d'autres pays Européen.

Ceci est illustré par le tableau qui compare la situation wallonne et belge avec la France et l'Union européenne.

Tableau 10 Superficie agricole et boisée par habitant (are)

Surface par habitant en are	Wallonie	Belgique	France	Europe (Eur.25)
agriculture	25	14	53	48
forêt	15	6	28	30

Source : Xavier Desgain, « jusqu'ou soutenir les carburants ? » in Etopia

Au vu de cette contrainte, une estimation précise du potentiel semble essentielle en vue d'orienter les choix en terme de productivité énergétique sur le territoire wallon.

Notons toutefois que les ressources liées à la biomasse ne sont pas uniquement liées au territoire et que, par ailleurs, vu leur diversité, elles restent parfois difficiles à estimer.

¹⁴ Bilan Energétique Wallon 2003, Energies renouvelables, Mars 2005, ICEDD pour le compte de la DG TRE

Contrairement à la classification qui a été utilisée pour définir les objectifs de production et les productions actuelles d'énergie à partir de la biomasse, une entrée différente s'impose ici pour l'évaluation du potentiel. Il semble en effet plus logique d'aborder cette problématique en fonction des différentes sources de biomasse et non plus en fonction du type de production. Il conviendrait en effet dans un second temps de pouvoir définir si le potentiel disponible est utilisé pour la production d'électricité et/ou de chaleur ou de biocarburant en fonction des différents rendements de conversion et des impacts environnementaux.

Cette partie de l'étude s'attachera dès lors à estimer les potentiels énergétiques selon les différentes sources de biomasse en distinguant par ressources trois types de potentiel : théorique, technique et économique.

2.4 EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

2.4.1 Territorialisation de l'analyse du cycle de vie

Les méthodes de l'analyse du cycle de vie permettent de calculer les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit ou d'un procédé. Ce type de méthode permet donc de mettre facilement en évidence les étapes du cycle de vie qui contribuent le plus à l'impact environnemental global. L'analyse du cycle de vie est donc une méthode qui est bien adaptée à l'évaluation des impacts environnementaux de la production d'énergies renouvelables en Région wallonne et en particulier, de l'utilisation de la biomasse.

Ces méthodes ont cependant l'inconvénient d'exclure les informations spatiales et temporelles puisque les données de l'inventaire sont sommées pour l'ensemble de la vie du produit étudié. Dans le cadre d'une évaluation des potentialités de production d'énergies renouvelables sur le territoire wallon, cela constitue un problème qui heureusement n'est pas insurmontable. En effet, dans le cadre de cette étude, seules les étapes de production de la source d'énergie renouvelable (cultures, forêts, ...) possèdent un caractère territorial marqué. Les sols agricoles réagissent différemment selon leur nature. Les rendements agricoles diffèrent également d'une région à une autre. Pour pouvoir prendre en compte les différents rendements agricoles, il sera nécessaire d'élaborer des scénarios de production de la source d'énergie renouvelables. Ces scénarios intégreront également d'autres paramètres qui varient d'une région à une autre en Région wallonne (apports en engrais, ...). Les étapes suivantes de transformation de l'énergie sont relativement identiques à l'échelle de l'Europe et a fortiori à l'échelle de la Région wallonne. Ces étapes pourront donc être évaluées de manière uniforme à l'échelle de l'ensemble de la Région.

2.4.2 Description de l'analyse du cycle de vie

La méthodologie de l'analyse du cycle de vie est codifiée par les normes ISO 14040 et suivantes [1-4]. La norme ISO 14040 définit l'analyse du cycle de vie comme une méthode qui : « étudie les aspects environnementaux et les impacts potentiels tout au long de la vie d'un produit (c'est-à-dire du berceau à la tombe), de l'acquisition de la matière première à sa production, son utilisation et à sa destruction. »

Le terme « cycle de vie » indique donc que toutes les étapes de la vie d'un produit sont prises en compte. Un cycle de vie typique consiste en une série d'étapes couvrant l'extraction des matières premières, la conception, la transformation, la fabrication, l'emballage, la distribution, l'utilisation, la réutilisation, le recyclage et finalement le traitement des déchets.

Par définition, la méthode comprend la compilation des entrants et des sortants pertinents tout au long de la vie (depuis l'extraction jusqu'à la fin de vie) d'un « produit », l'évaluation des impacts environnementaux associés à ces entrants et ces sortants et l'interprétation des résultats par rapport aux objectifs de l'étude (ISO 14040).

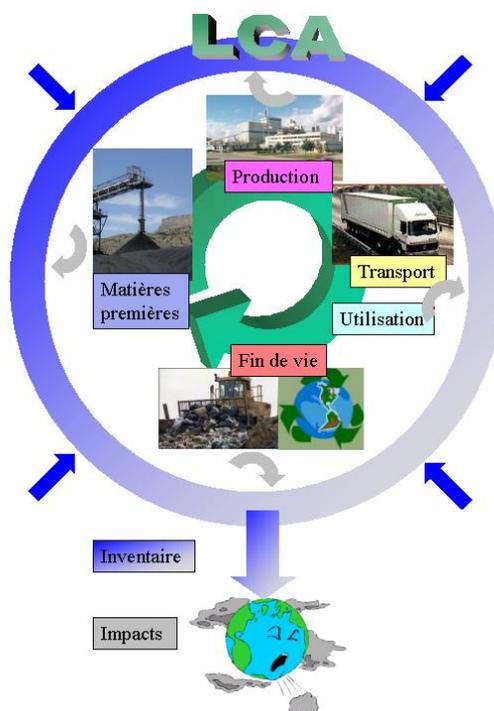


Figure 1 : Schéma typique d'une analyse du cycle de vie

Ainsi, une Analyse de Cycle de Vie (ACV) comprend principalement quatre étapes :

1. Définition de l'objectif et du champ de l'étude.
2. Inventaire des entrants et des sortants pertinents du système étudié.
3. Evaluation des impacts environnementaux associés à l'inventaire.
4. Interprétation des résultats obtenus en fonction des objectifs de l'étude.

L'**objectif** et le **champ de l'étude** d'une analyse du cycle de vie doivent être clairement définis et compatibles avec l'application prévue. Il convient que le champ soit suffisamment bien défini pour garantir que l'ampleur, la profondeur et le niveau de détail de l'étude sont compatibles avec l'objectif défini et suffisants pour y répondre.

L'analyse du cycle de vie est une technique itérative. Par conséquent, il peut être nécessaire de modifier le champ de l'étude au cours de l'analyse lorsque des informations supplémentaires sont recueillies. Une unité fonctionnelle est définie et sert de référence à partir de laquelle sont (mathématiquement) normalisées les données d'entrée et de sortie. Il faut donc que l'unité fonctionnelle soit clairement définie et mesurable.

Les frontières du système définissent les processus élémentaires qui seront inclus dans le système à modéliser.

Les données sont recueillies pour les différentes étapes du système. Des procédures de calcul sont nécessaires pour produire les résultats de l'**inventaire**. Les hypothèses doivent être clairement définies et justifiées.

L'évaluation de l'**impact** du cycle de vie a pour objectif d'examiner le système étudié dans une perspective environnementale, en utilisant des indicateurs de catégories établis à partir des résultats de l'inventaire du cycle de vie. La phase de l'évaluation de l'impact du cycle de vie fournit également des informations utilisables dans la phase d'interprétation. Pour la plupart des études d'analyse de cycle de vie, on choisira des catégories d'impact, des indicateurs ou des modèles déjà existants.

L'interprétation du cycle de vie a pour objectif d'analyser les résultats, d'établir des conclusions, d'expliquer les limites et de fournir des recommandations, en se basant sur les résultats des phases précédentes de l'analyse de cycle de vie.

L'identification des résultats les plus significatifs s'effectue à l'aide des éco-profils et des écoscores globaux des différents scénarios étudiés. Cette identification permet, outre la comparaison des scénarios étudiés, l'identification des polluants et des étapes du cycle de vie qui participent le plus à la charge environnementale globale.

Après avoir identifié les résultats les plus significatifs et réalisé une analyse d'incertitude, des conclusions sont établies. Les recommandations doivent se fonder sur les conclusions finales de l'étude et refléter une conséquence logique et raisonnable des conclusions.

2.4.3 Quelques filières

La liste ci-dessous reprend différentes filières de production d'énergie à partir de biomasse. Cette liste n'est pas exhaustive. Dans un premier temps, il s'agira de déterminer lesquelles sont les plus pertinentes et les plus intéressantes à évaluer. En effet, il apparaît difficile de réaliser une analyse du cycle de vie détaillée de chacune de ces filières durant le programme des travaux. Par ailleurs, la quantité et la qualité des informations techniques et environnementales disponibles pour filières évoquées sont très variables. Les performances environnementales des filières choisies seront ensuite évaluées en utilisant les méthodes de l'analyse du cycle de vie. Les filières schématisées à l'heure actuelle sont :

- Production d'huile végétale à partir d'oléagineux (colza, tournesol)
- Production de diester à partir d'oléagineux (colza, tournesol)
- Production d'éthanol à partir de culture sucrière (betterave, canne à sucre)
- Production d'ETBE à partir de culture sucrière (betterave, canne à sucre)
- Production d'éthanol à partir de culture contenant de l'amidon (blé, pomme de terre, ...)
- Production d'ETBE à partir de culture contenant de l'amidon (blé, pomme de terre, ...)
- Combustion directe de miscanthus
- Combustion directe de taillis à courte rotation

- Combustion directe de fractions forestières
- Biométhanisation de fumiers
- Combustion directe de résidus agricoles.

D'autres filières n'ont pas encore été schématisées pour le moment parmi lesquelles :

- Gazéification de chanvre (anecdotique ?)
- Combustion directe de cultures céréalières (acceptable ?)
- Gazéification du bois
- Production d'éthanol à partir de bois (en développement)
- Production d'ETBE à partir de bois (en développement)
- Biométhanisation de déchets verts (FFOM, pelouse, ...) (pas en liaison avec le territoire ?)
- Biogaz à partir de déchets ménagers (pas en liaison avec le territoire ?)

Pour la filière de gazéification du bois, une difficulté provient du fait qu'une fois le bois gazéifié, il est possible de le transformer en de nombreux combustibles différents (hydrogène, méthanol, carburants de synthèse, utilisation directe du gaz combustible, ...)

2.4.4 Quelques réflexions méthodologiques

2.4.4.1 Culture de référence

Les cultures énergétiques devraient logiquement remplacer dans un premier temps les cultures de jachères et les surplus de production des cultures alimentaires vendues à l'exportation. Dans ce cas, le changement de culture sur la parcelle à un impact relativement faible qui pourra être considéré comme nul puisque, en première approximation, on peut supposer que les cultures alimentaires remplacées seront produites avec un impact environnemental équivalent autre part dans le mode. L'impact de la culture énergétique se calcule alors de la façon suivante :

Impact de la culture énergétique – impact de la culture remplacée + impact de la culture remplacée, autre part \cong impact de la culture énergétique

Par contre, si des prairies sont converties en terres arables pour la production de biomasse, cela produit un impact important lié notamment à l'émission de CO₂ suite à la réduction du stock en carbone dans les sols [5]. Cet impact ne doit certainement pas être négligé.

2.4.4.2 Allocation des co-produits

Certains procédés donnent plusieurs produits. L'impact environnemental calculé doit être imputé à ces différents produits. C'est le cas par exemple de la réaction de transestérification qui permet de former des esters (EMHV) qui permettent de produire du biodiesel et de la glycérine. L'impact environnemental du procédé doit donc être réparti entre la production recherchée d'esters et la production de glycérine. Généralement, on tente d'éviter cette allocation en élargissant les frontières du système. Dans ce cas, on considère que la production du co-produit (dans notre exemple la glycérine) permet d'éviter les impacts environnementaux d'un produit équivalent rendant le même service. Cependant, la taille même du marché des biocarburants peut avoir un effet de distorsion sur la nature du produit équivalent. Dans la situation actuelle, un équivalent pour la glycérine produite à partir du colza est la glycérine synthétique qui est utilisée, par exemple, dans certaines applications pharmaceutiques. La production de glycérine synthétique est un procédé très énergivore et donc le gain environnemental obtenu en considérant que la glycérine remplace la glycérine synthétique est très important. Cependant le marché de la glycérine au niveau pharmaceutique est très petit par rapport au marché des carburants. Il y aura donc de grandes quantités de glycérine sur le marché et le prix de ce produit risque de baisser substantiellement. Dans ce cas, la glycérine pourrait remplacer d'autres produits chimiques de masse comme les antigels par exemple. L'impact environnemental évité devrait dès lors être traduit en quantité d'antigel qui ne sera pas produit puisque la glycérine sera utilisée. Si les prix sont encore plus faibles, la glycérine pourrait être utilisée pour nourrir des animaux. La production de nourriture pour les animaux requiert beaucoup moins d'énergie que la production de glycérine synthétique et donc, le gain environnemental associé à la glycérine issue du colza sera beaucoup plus faible.

La fixation des règles d'allocation pour les différents co-produits devra donc tenir compte de ces contraintes économiques.

3. L'HYDRAULIQUE

3.1 PROBLÉMATIQUE ET CONTEXTE

L'énergie hydraulique repose essentiellement sur la production d'hydroélectricité. L'utilisation de l'énergie mécanique directe, qui au delà du moulin à grains est à la base de l'industrie métallurgique avant l'invention des machines à vapeur, est en effet révolue. C'est la centrale hydroélectrique qui convertit l'énergie fournie par une chute d'eau artificielle en énergie. L'énergie hydraulique dépend essentiellement de la pression de l'eau au pied de la chute. Ses composantes principales sont les vannes de contrôle qui gèrent la retenue d'eau, la conduite d'eau qui amène l'eau à la turbine couplée à l'alternateur générateur d'électricité.

L'hydroélectricité est une technologie ancienne éprouvée et parvenue à maturité. Si la production d'électricité à partir d'importants barrages est destinée à une alimentation générale en électricité, les microcentrales (<10 MW) sont idéales pour l'électrification de sites isolés. Elles peuvent aussi contribuer à un appoint de la production électrique en cas de forte consommation.

3.2 DISPONIBILITÉ DES RESSOURCES

Les ressources de l'Union européenne sont très importantes. Une étude récente menée par l'ESHA (European Small Hydraulic Association) estime le potentiel encore disponible des microcentrales hydrauliques (< 10 MW de puissance unitaire) à 5 939 MW (dont 1 111 MW pourraient provenir d'une augmentation de capacité des centrales existantes et 4 828 MW de nouvelles installations).

En Belgique, la capacité des microcentrales hydrauliques (<10 MW) était estimée à 95 MW en 2000, avec des possibilités de développement inférieures à 1 % par année. Le potentiel encore disponible en Belgique est quant à lui estimé à 31 MW, dont 26 MW sur base de nouvelles installations et 5 MW sur base de réhabilitation d'anciennes centrales. Pour comparaison, la capacité du barrage de la Gillepe est de 633 MW.

La Wallonie est actuellement équipée d'une quarantaine de centrales hydroélectriques. La production hydroélectrique nette totale en Région wallonne varie habituellement entre 250 et 450 GWh par an, en fonction des conditions météorologiques. Les 43 centrales qui constituent le parc présentent des caractéristiques très hétérogènes. Alors que trois d'entre elles produisent près de la moitié du total, 29 centrales de petite taille fournissent 5 % de la production hydroélectrique (situation 2004).

3.3 AVANCÉES TECHNOLOGIQUES ET FAISABILITÉ

Si la faisabilité est bien évidemment liée au réseau hydrographique et aux sites disponibles (ressource et occupation), donc limitées sur le plan du développement territorial, les avancées estimables restent aussi assez limitées. Il y a toutefois encore la mise au point de matériels innovants, nécessitant peu d'investissements en génie civil, principalement pour les pays du Sud (turbines flottantes, hydrauliques, etc.), avec des applications possibles en Wallonie et en Europe (turbines pour basses chutes).

3.4 POTENTIALITÉS

À l'échelle wallonne, la production hydroélectrique est actuellement la source d'énergie renouvelable principale en termes de production d'électricité. En 2000, elle couvrait environ 1,6 % de la consommation d'électricité en Région wallonne (environ 100 MW installés). Le potentiel de développement de l'hydroélectricité est, par contre, relativement faible. Certains n'hésitent pas à parler de saturation. La plupart des sites exploitables sont en effet déjà occupés. Ils sont essentiellement situés sur la Meuse et ses affluents (Ourthe, Amblève et Vesdre). Le Plan wallon pour la Maîtrise Durable de l'Énergie (2003) prévoit bien l'amélioration des sites existants et l'équipement de certains barrages et écluses. Mais il signale qu'il ne faut donc pas s'attendre à de grandes évolutions hydroélectriques dans les années à venir. Il faut par ailleurs signaler que les niveaux de production sont fortement liés au volume et à la régularité des précipitations annuelles.

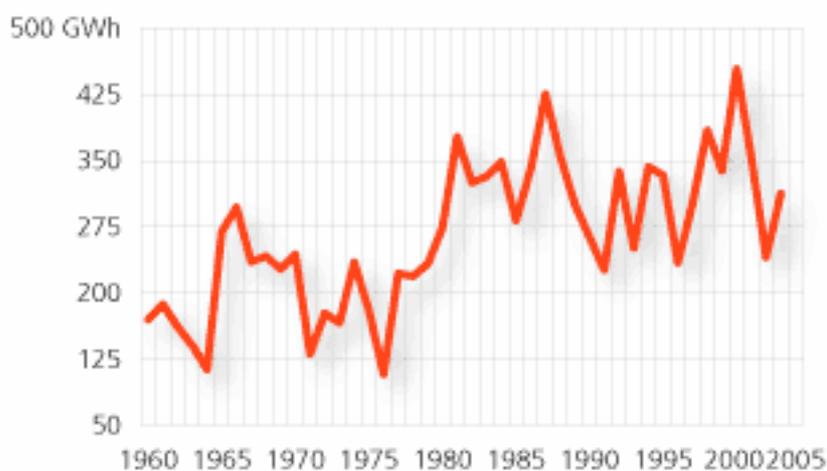


Figure : Évolution de la production nette d'hydroélectricité en Wallonie

Source : Fédération professionnelle des producteurs et distributeurs d'électricité FPE, 2004.

Les perspectives de développement dégagées par le Plan wallon résident essentiellement dans l'amélioration des sites existants et l'équipement des barrages et écluses, notamment sur la Haute-Meuse (Waulsort, Anseremme, Hastière, ...) et la Sambre. Le développement de la petite hydroélectricité sur les cours d'eau non navigables et la réhabilitation d'anciens sites (moulins) faisant partie du patrimoine constituent une part minoritaire du potentiel, mais représentent néanmoins quelques MW. En 2010, la production hydroélectrique devrait atteindre 1,8% de la consommation électrique wallonne (440 GWh).

Dans le cadre du développement de production de cette énergie renouvelable, il convient toutefois de prendre en compte diverses précautions indispensables à réduire les impacts environnementaux des infrastructures sur la qualité des eaux, les fonctionnements de l'écosystème du cours d'eau, en particulier la faune piscicole, et la qualité du paysage. Il ne faudrait pas que, grâce aux aides économiques notamment liées aux certificats verts, l'aménagement ou la réhabilitation de nombreux sites de barrages ou de moulins en Région wallonne engendre de nouveaux impacts environnementaux de ce type, en particulier des perturbations sur les écosystèmes aquatiques. Les mini-turbines sur les petits cours d'eau peuvent en particulier entraîner des perturbations considérables. Il est donc essentiel que le développement, a priori souhaitable de cette forme de production d'énergie renouvelable, examine attentivement au préalable les différents moyens disponibles, en développement ou à développer à mettre en œuvre pour réduire et supprimer les impacts environnementaux (Phillippart et Sony, 2002).

4. L'EOLIEN

L'implantation d'éoliennes en région wallonne est contrainte par des problématiques techniques et environnementales. Ces contraintes varient en fonction du type d'installation d'éoliennes. Il convient donc dans un premier temps de dresser une typologie de ces installations. Sur base de cet exercice, des problématiques techniques et environnementales peuvent être distinguées, et ce afin d'estimer le potentiel de production d'électricité par l'énergie éolienne à l'horizon 2015-2020.

4.1 TYPOLOGIE DES EOLIENNES

La typologie des installations d'éoliennes s'inscrit dans une perspective d'évaluation du potentiel de production d'électricité par l'énergie éolienne en région wallonne. Elle a donc une dimension arbitraire dans les limites qu'elle définit. C'est pourquoi elle reste à un niveau de différenciation faible en se basant sur un critère d'emprise au sol. Nous distinguons par conséquent :

- les installations d'éoliennes individuelles
- les parcs éoliens terrestres
- les parcs éoliens off-shore (en mer)

4.1.1 Les installations d'éoliennes individuelles

4.1.1.1 *Caractéristiques techniques*

En termes de production, les installations d'éoliennes individuelles se caractérisent par de petites ou moyennes éoliennes. Les petites éoliennes fournissent en général de 100 Watts à 10 kW alors que les éoliennes moyennes ont une puissance de production comprise entre 200 à 400 kW voire 500 kW au maximum.

En termes d'infrastructures, la hauteur des petites éoliennes varie entre 10 à 25 mètres avec des rotors ne dépassant guère 10 m de diamètre. La hauteur des moyennes éoliennes atteint de 30 à 50 mètres de haut avec un diamètre de rotors de 25 à 45 m. Les petites et moyennes éoliennes se caractérisent par une grande diversité de silhouette, de forme, voire de coloris.

4.1.1.2 *Contexte d'installation*

L'installation d'éoliennes individuelles est le fruit d'une démarche de particuliers ou de petites collectivités locales. L'objectif de ces installations est l'apport énergétique d'appoint et non à une revente d'électricité sur le réseau. Ces installations comprennent bien souvent une seule éolienne. L'emprise au sol est donc faible.

4.1.1.3 Cadre réglementaire

L'installation d'une éolienne ou d'un mât de mesure est soumise à permis d'urbanisme en vertu de l'article 84 du Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et du patrimoine (CWATUP), modifié par l'arrêté du Gouvernement wallon du 27 oct. 2005 (publié au MB le 23 nov. 2005). Ce permis peut être exempté de l'avis du fonctionnaire délégué et de l'intervention d'un architecte sous certaines conditions. En outre, les éoliennes dont la puissance varie entre 100 et 499 kW font également l'objet d'une déclaration d'environnement en vertu de la législation relative au permis d'environnement (décret du 11 mars 1999 et arrêté du Gouvernement wallon du 4 juil. 2002).

4.1.1.4 Situation actuelle

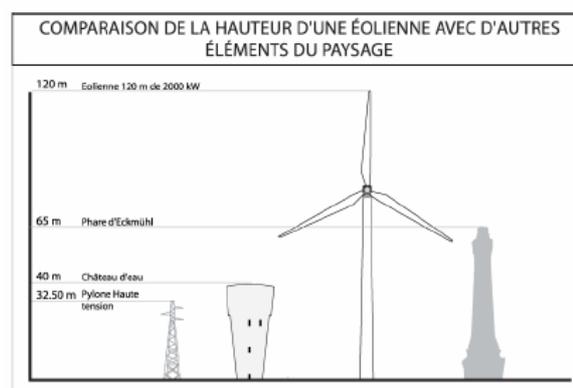
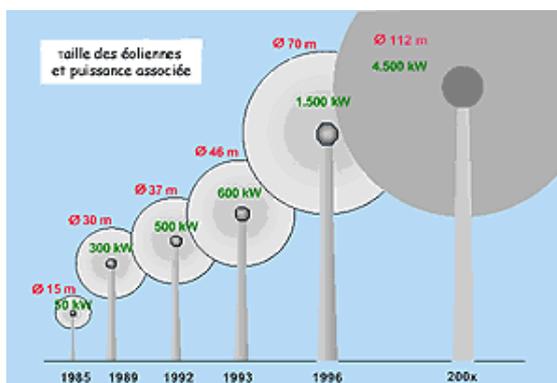
Nous ne disposons à ce jour d'aucune base de données recensant le nombre d'éoliennes individuelles sur le territoire de la Région Wallonne.

4.1.2 Les parcs éoliens terrestres

4.1.2.1 Caractéristiques techniques

Les éoliennes qui constituent ces parcs fournissent une puissance variant de 200 kW à 600 kW par éolienne pour celles déjà en place en Région wallonne.

L'infrastructure de telles éoliennes est en conformité avec la puissance générée. Ainsi, le diamètre du rotor varie de 25 à 62 m sur les parcs éolien en service. Les mâts des aérogénérateurs ont pour leur part une hauteur de 30 à 50 mètres, soit une hauteur comprise entre une fois et une fois et demi le diamètre du rotor. La hauteur de ces mâts s'explique par la nécessité de profiter des conditions de vents maximales en minimisant les effets de rugosité du sol. La silhouette de ces infrastructures est semblable d'un constructeur à l'autre. Le mât est ainsi tubulaire et sa couleur autant que celle des rotors tire vers des tons clairs. Seule la forme de la nacelle peut significativement varier.



Source : L'implantation des éoliennes en Bretagne, Janvier 2003. Direction régionale de l'environnement, Bretagne.

4.1.2.2 Contexte d'installation

Les parcs éoliens terrestres sont destinés à une production d'électricité en quantité importante véhiculée à travers un réseau. Elles s'inscrivent dans une démarche économique et industrielle avec un objectif de vente d'électricité. Ces parcs comprennent par conséquent plusieurs éoliennes. Ce nombre fluctue entre 2 et 11 pour les parcs déjà en activités.

Outre les éoliennes, il convient de prendre en compte les aménagements connexes :

- Une cabine au pied de chaque mat abritant le transformateur et du matériel électrique
- Des câbles enterrés entre les éoliennes et le poste de livraison
- Un poste de livraison vers lequel convergent les câbles de toutes les éoliennes
- Un câble de raccordement au réseau électrique public (en souterrain)

4.1.2.3 Cadre réglementaire

Le cadre réglementaire et administratif pour l'implantation d'éoliennes de puissance (c'est-à-dire supérieures à 500kW) est fixé par la décision du Gouvernement wallon du 18 juillet 2002¹⁵ et intégré au corpus réglementaire wallon. Ce cadre fixe une série de critères d'implantation d'éoliennes couplée à des règles de zonage sans toutefois avoir recours à une cartographie des zones autorisées. Le plan de secteur ne peut toutefois présider à l'implantation d'éoliennes en vertu de l'article 110 du CWATUP qui offre des mécanismes dérogatoires spécifiques à la mise en œuvre de projets éoliens.

Notons également la mise en place du régime de certificats verts favorisant la production d'électricité verte ainsi que des aides financières pour la réalisation d'une étude des vents.

4.1.2.4 Situation actuelle

Le CWEDD¹⁶ tient à jour un recensement des projets d'installations d'éoliennes de puissance. Il dénombre 16 permis actuellement accordés pour des parcs éoliens terrestres. L'ensemble de ces parcs compte 81 éoliennes pour une puissance totale d'environ 148 MW. En outre, 6 permis ont été accordés sans soumission à l'avis du CWEDD pour 6 éoliennes individuelles de puissance totale de 3,5 MW. Enfin, des études d'incidences sont actuellement en cours pour 14 projets de parcs éoliens et le CWEDD a déjà examiné 13 projets de parcs éoliens dont le permis n'est pas encore accordé.

4.1.3 Les parcs éoliens off-shore (en mer)

Les parcs éoliens en mer peuvent contribuer à la production d'énergie renouvelable comme le préconise la directive européenne 2001/77/CE. Cependant, les territoires marins sont sous la compétence de l'état fédéral belge. L'électricité produite à partir de ces parcs marins est donc une contribution de l'état fédéral indépendante de l'effort fourni par les régions. Les parcs éoliens off-shore ne sont par conséquent pas pris en compte dans l'évaluation du potentiel de production d'électricité par l'éolien en Région wallonne.

¹⁵ Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en région wallonne

¹⁶ CWEDD : Conseil Wallon de l'Environnement pour un Développement Durable ; note interne : l'éolien en Région wallonne en date du 20 janvier 2006.

4.2 PROBLÉMATIQUES TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

L'installation d'éoliennes requière un site non soumis à des contraintes urbanistiques et environnementales majeures et bien exposé aux vents. La compréhension de ces contraintes permet de mieux estimer le potentiel éolien à l'horizon 2015-2020 avec les technologies actuelles ainsi qu'avec un développement supposé des technologies.

4.2.1 Les installations d'éoliennes individuelles

Les installations d'éoliennes individuelles au caractère ponctuel et isolé induisent des impacts essentiellement sur le cadre de vie (impacts visuels et nuisances acoustiques). En outre, leur mise en place est soumise à des conditions d'éloignement du bâti pour des raisons de sécurité.

Ces impacts sont restreints de par la hauteur des mâts et le bon aménagement au regard du site d'implantation. Cependant, la multiplication de telles installations, à laquelle peut contribuer l'augmentation des habitats dispersés en espaces semi-ouverts, peut engendrer des impacts visuels beaucoup plus conséquents.

4.2.2 Les parcs éoliens terrestres

Outre les impacts temporaires liés à la phase de chantier, les parcs éoliens terrestres ont un impact territorial plus important qu'une éolienne de faible puissance. Ces impacts peuvent se synthétiser en impacts liés à :

- l'emprise d'un parc éolien au sol (mâts et cabines annexes) ;
 - perturbation de l'écosystème au sol ;
 - gênes aux activités agricoles.
- l'éolienne elle-même

- perturbation des activités aériennes (humaine et de l'avifaune) ;
- perturbation des transmissions d'ondes (TV, GSM, radio,...) ;
- nuisances acoustiques ;
- projections d'ombres et effet stroboscopique ;
- impacts visuels ;
- distance de sécurité entre les mâts et par rapport à l'habitat.

L'ensemble de ces impacts font l'objet de critères de choix de site d'implantation de parcs éoliens afin de minimiser les perturbations. Ces mesures sont consignées dans une note intitulée « cadre de référence pour l'implantations d'éoliennes en Région wallonne » approuvée par le Gouvernement wallon le 18 juillet 2002.

4.3 EVALUATION DU POTENTIEL ÉOLIEN

4.3.1 Potentiel énergétique issu des éoliennes individuelles

Aucun scénario ne permet d'estimer la production d'électricité par des éoliennes individuelles à l'horizon 2015-2020. Pourtant, il est fort probable que le nombre de telles infrastructures augmentera dans un avenir proche. Les conséquences paysagères de la multiplication d'éoliennes risquent de se marquer plus nettement dans les zones rurales semi-ouvertes où s'implantent de plus en plus de maisons individuelles. Les perturbations paysagères seront moins nuisibles dans des espaces densifiés. Cependant, ces espaces pourront accueillir moins d'éoliennes en raison des nuisances acoustiques et des règles de sécurité. C'est donc afin de minimiser les impacts que certains constructeurs développent des éoliennes à turbines dépourvues de rotor à grand diamètre. Leur silhouette est donc plus intégrée dans le paysage.

4.3.2 Potentiel énergétique issu de parcs éoliens terrestres

4.3.2.1 Les estimations existantes

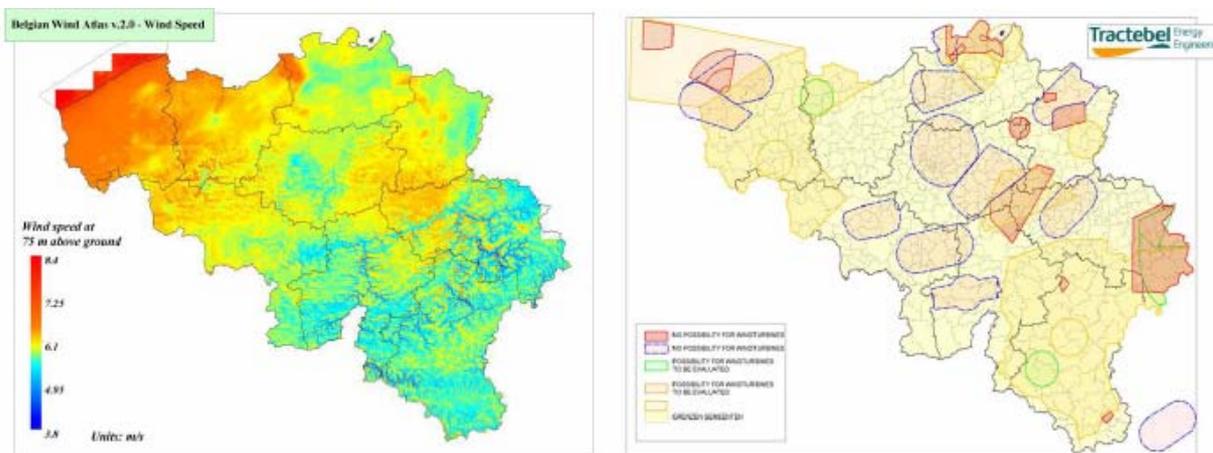
Plusieurs estimations du potentiel électrique produit à partir de parcs éoliens terrestres sont disponibles dans la littérature et synthétisées dans le tableau suivant.

Source	Puissance des éoliennes (MW)			
	2003	2009	2010	2025
Wind direction EWEA	22,6			
Mémoire pour les énergies renouvelables 2004-2009	-	400	-	-
Plan wallon pour la maîtrise de l'énergie	-	-	200	-
Project SPSP II : renewable energy evolution in Belgium 1974-2025	-	-	-	350
	-	-	-	700

Source : Tableau synthétique de l'évaluation du potentiel éolien. Les sources sont indiquées dans la première colonne du tableau.

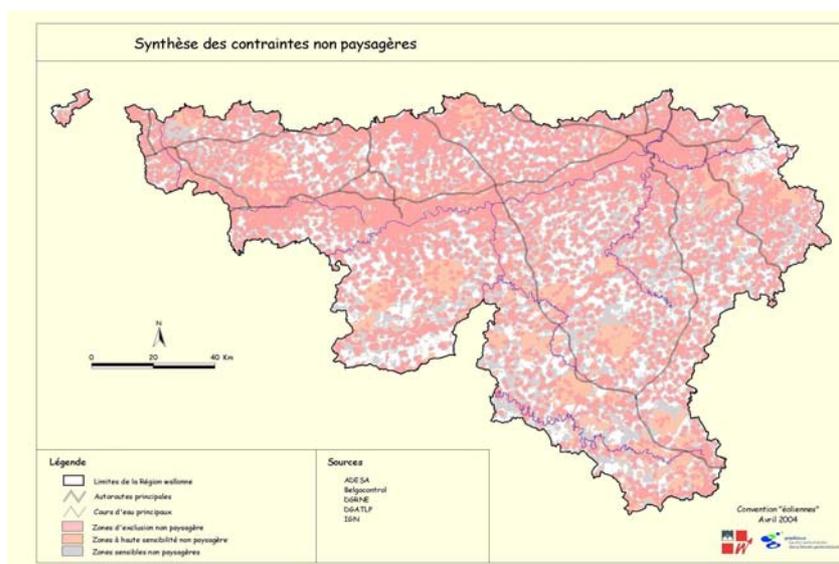
4.3.2.2 Planification cartographique pour l'installation d'éoliennes

Tractebel, avec le soutien de la Région wallonne, a établi une carte des vents et une carte des contraintes majeures afin d'identifier des sites potentiels d'installation d'éoliennes.

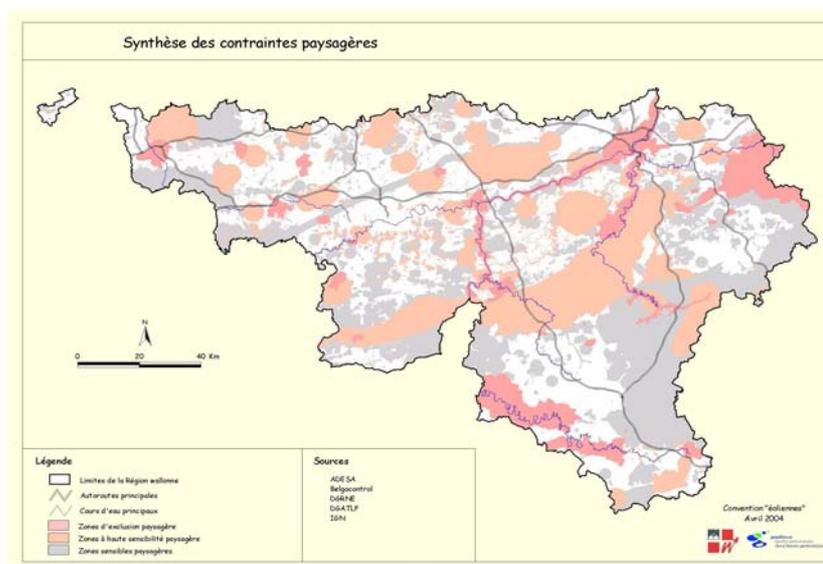


Source : Tractebel Energy Engineering. Disponible sur : <http://www.sciences.be/eoliennes.htm>

En outre, la Région wallonne a confié aux facultés universitaires de Gembloux (Equipe de Mr. FELTZ) l'élaboration d'une carte des contraintes paysagères et non paysagères à l'installation d'éoliennes. Cette carte n'a pas de valeur réglementaire mais constitue une base d'appréciation préalable. Elle identifie des zones d'exclusion absolue, des zones de haute sensibilité, des zones sensible à l'installation d'éoliennes et enfin des zones sans contraintes. L'analyse de cette carte révèle que 5 % du territoire wallon se retrouve en zone sans contrainte, soit 856 km². Bien que des études plus précises doivent être effectuées au sein de ces zones sans contraintes, une estimation approximative permet de montrer que ces espaces subviennent largement à la réalisation des différents scénarios évoqués.



Source : Convention « Eoliennes », Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Région wallonne. Avril 2004.



Source : Convention « Eoliennes », Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Région wallonne. Avril 2004.

Un outil cartographique intégrant les contraintes d'aménagement du territoire pourrait s'avérer utile dans l'aide à la décision pour la planification et la programmation des parcs éoliens. Néanmoins, ce projet à l'échelle de la Région wallonne a été écarté par le Gouvernement en raison d'expériences insatisfaisantes dans les pays voisins¹⁷. Les dispositions du CWATUP et le cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes dont il est fait question plus haut sont actuellement les seuls outils d'aide à la décision pour le choix d'implantation d'éoliennes en Région wallonne. Ces outils conduisent manifestement à l'implantation de petits groupes d'éoliennes. Il convient dès lors de définir (entre autres pour des raisons paysagères) s'il est plus opportun d'encourager la dispersion de petits projets éoliens ou au contraire regrouper les éoliennes au sein de quelques grands parcs en région wallonne.



Source : CREAT-UCL, 2006

¹⁷ Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en région wallonne, 1998, p.9.

5. LE SOLAIRE

5.1 PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE

La source d'énergie solaire peut être valorisée au travers de deux technologies distinctes : les cellules photovoltaïques qui produisent de l'électricité et les capteurs thermiques qui produisent de la chaleur.

On estime qu'une cellule photovoltaïque, composée de silicium, aura une durée de vie de 25 ans et produira en Belgique environ 5 fois l'énergie électrique nécessaire à sa fabrication. Dans de bonnes conditions, on estime qu'un capteur photovoltaïque produit environ 1 kW/m². Aujourd'hui, l'énergie photovoltaïque apparaît comme l'énergie renouvelable dont le prix de revient est le plus élevé du marché, notamment du fait du coût de la matière première, le silicium. Toutefois, le potentiel à long terme est aussi considéré comme le plus grand, même en Belgique, du fait de l'apparition de nouveaux matériaux moins onéreux.

Le solaire thermique consiste à produire de l'eau chaude utilisable dans des bâtiments (chauffage, sanitaire) ou permettant d'actionner des turbines pour produire de l'électricité. L'usage de capteurs solaires pour produire de l'eau chaude sanitaire ou de chauffage a suscité un certain intérêt depuis les années '70, mais il a fallu attendre le programme Soltherm en région wallonne pour voir un développement sensible de cette technologie.

Les principaux freins à l'utilisation de cette énergie sont la disponibilité de la puissance fournie qui contraint au stockage de l'électricité ou de la chaleur pour une utilisation autonome ou encore à l'utilisation de solutions énergétiques complémentaires, d'une part, et de la compétitivité économique liée au coût d'installation d'autre part.

5.2 DISPONIBILITE DES RESSOURCES

La disponibilité de la ressource solaire dépend des conditions climatiques, de l'orientation et des conditions d'implantation dans un site.

On peut montrer que, quel que soit le lieu d'installation en Wallonie, la ressource est suffisamment disponible pour autoriser l'installation d'un système de production d'électricité ou de chaleur.

On dispose d'ailleurs en Wallonie d'un réseau d'installateurs et de producteur de matériel thermique. Cela n'est pas le cas pour les installations photovoltaïques pour lesquelles la Wallonie accuse un réel retard par rapport aux régions voisines.

5.3 AVANCEE TECHNOLOGIQUE ET FAISABILITE

La croissance du marché photovoltaïque a permis d'améliorer sensiblement la technologie, de développer de nouvelles inventions et d'améliorer la filière de production et installation de cette technologie. Le recours à des cellules multi-cristalines, quoique moins performantes, permettra bientôt une réduction de 50 à 70% des coûts.

L'application à grande échelle de cette technologie dans les états de l'Union montre à suffisance la faisabilité et la rentabilité à terme de cette énergie renouvelable.

Depuis 2000, on observe une forte croissance du solaire thermique qui temps à s'imposer même aux entreprises traditionnelles du secteur du bâtiment. L'énergie solaire thermique se combine avec d'autres sources d'énergie renouvelables (pellets de bois...) et s'inscrit dans une conception architecturale qui intègre les apports solaires passifs. Toutefois, les prévisions économiques indiquent un risque de stagnation de cette technologie thermique, due partiellement à la percée prévue du solaire photovoltaïque.

5.4 POTENTIALITES DES MARCHES

En 2003, la puissance installée de panneaux photovoltaïques en Wallonie est de 17,2 kWc pour une production correspondante de 12,9 MWh (ICEDD, 2005). En Flandre, c'est plus de 320 kWc qui ont été installés en 2002, portant la puissance installée à 840 kWc. Selon l'EurObser'ER, l'Union a maintenu ces dernières années un rythme de progression élevé dominé par l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Italie et l'Espagne. On peut donc s'attendre à une forte progression de l'énergie photovoltaïque en Wallonie.

L'estimation de la part de marché attendue à l'horizon 2025 est en cours sur base de études économiques récentes.

La surface des capteurs solaires thermiques installés est en constante augmentation depuis quelques années. L'ICEDD estime en 2003 une surface fonctionnelle installée d'environ 21.000 m² pour une production estimée à 10.500 MWh ou 907 tep (ICEDD, 2005). La production d'énergie thermique de la région participe pour 40% dans la production belge. Néanmoins, la Belgique est nettement en retard sur ses voisins européens dans ce domaine. Il faut donc s'attendre à une poursuite du développement de cette technologie dans les années à venir, poussée par les politiques publiques favorables. Comme pour le solaire photovoltaïque, l'estimation de la part de marché attendue à l'horizon 2025 est en cours sur base de simulations économiques récentes.

6. LA GEOTHERMIE ET LES POMPES A CHALEUR

6.1 PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE

Le concept de la géothermie est de capter le flux thermique que constitue la chaleur de la terre et de la transporter jusqu'à la surface terrestre. Une filière consiste à exploiter l'énergie transmise par le manteau terrestre et transmise par conduction vers la surface : on estime que la température s'accroît de 3° C par 100 mètres de profondeur. La géothermie à haute température (150-300° C) consiste à pomper cette chaleur, à produire de la vapeur via des échangeurs pour alimenter des centrales thermiques classiques – produisant généralement de l'énergie électrique - impliquant un réseau de distribution collectif. Une autre filière consiste à exploiter l'énergie captée par la surface de la terre sous l'influence du soleil, de la pluie et du vent. Cette ressource énergétique à basse température (inférieure à 100° C) est valorisée par des pompes à chaleur pour des besoins de chauffage individuel principalement. Une troisième filière consiste à exploiter la capacité de stockage du sol en stockant à grande profondeur la chaleur solaire captée en été puis en la recaptant en hiver. Le bilan énergétique final est, dans certaines conditions, favorable mais il faut être attentif à ce que les puits d'énergie géothermique n'épuisent pas la ressource par refroidissement. Cette énergie est stable pour autant que l'on ne capte pas plus d'énergie qu'elle n'en a besoin pour se régénérer. Le coût – qui apparaît élevé actuellement et peu rentable – dépend de la profondeur du puits, de la chaleur du gisement et de la taille de l'installation qui peut être développée.

Les expériences de chauffage collectif par géothermie remontent déjà à quelques décennies et les concepts n'ont guère évolué depuis les années '70 . La première application de la géothermie en Wallonie a débuté à Saint-Ghislain en 1985 et concerne essentiellement le chauffage urbain de bâtiments scolaires et sportifs ainsi que de logements sociaux. Le puits de Douvain participe au chauffage d'un hôpital à Baudour.

La pompe à chaleur est considérée comme énergie renouvelable dans la mesure où elle prélève des calories dans l'ambiance réchauffée par le soleil ; cependant, elle nécessite l'apport conséquent d'électricité qui en fait donc un système hybride. La technologie de la pompe à chaleur – qui est donc plutôt un « multiplicateur » d'énergie électrique plus que la valorisation d'une source d'énergie renouvelable (la géothermie) – s'est améliorée dans le même laps de temps et retrouve aujourd'hui un regain d'intérêt pour le chauffage individuel. On estime qu'une pompe à chaleur n'est énergétiquement intéressante que lorsqu'elle rend environ fois l'énergie consommée par son fonctionnement.

Sur le plan institutionnel, les acteurs traditionnels (gouvernement fédéral, régions, intercommunales) ne développent pas d'initiatives dans ce domaine, malgré un accord international au sein de l'Agence Internationale de l'Energie portant sur la géothermie.

6.2 DISPONIBILITE DES RESSOURCES

Les études portant sur la disponibilité de la ressource en région wallonne n'ont pas été poursuivies au-delà des premières expériences.

La capacité de production d'électricité à partir d'installations géothermiques actuellement installées dans l'Union européenne s'élève à environ 1 GWel, soit 2 pour mille de la puissance électrique totale installée, et ce principalement en Italie.

6.3 AVANCEE TECHNOLOGIQUE ET FAISABILITE

Depuis les années '70, les investissements en R&D dans le domaine de l'énergie géothermique n'ont pas été poursuivis notamment parce que les perspectives de rentabilité à long terme dans le marché de l'énergie n'étaient pas favorables. La faisabilité de ce type d'installation reste à analyser au cas par cas, du fait notamment des coûts importants liés au forage et à la maintenance.

Par contre, la technologie de la pompe à chaleur répondant à une utilisation individuelle de l'énergie géothermale a connu d'importantes avancées et devrait encore s'améliorer dans les années à venir. La Wallonie dispose d'un réseau de fabricants et d'installateurs expérimentés.

6.4 POTENTIALITES DES MARCHES

Les deux sites géothermiques wallons fournissent en 2003 quelques 20,6 GWh ou 1770 tep, soit une augmentation de 50% par rapport à 1993 (ICEDD, 2005). Cependant, cela est nettement moins que d'autres pays comme l'Italie (1959 GWh), la France (1512 GWh) ou l'Autriche (116 GWh).

En Europe, l'utilisation de l'énergie géothermique est en forte hausse depuis quelques années, du fait des aides accordées par les Etats et par l'Union européenne. Le Comité économique et social européen estime d'ailleurs, dans un avis d'initiative sur l'utilisation de l'énergie géothermique (CESE 122/2005), que cette politique mérite d'être soutenue dans le but d'expérimenter et de perfectionner différentes technologies.

On estime que les coûts du kWhel d'énergie géothermique sont aujourd'hui deux fois moins élevés que ceux de l'énergie solaire et deux fois plus élevés que ceux de l'énergie éolienne. C'est pourquoi le Comité souligne que l'utilisation de l'énergie géothermique à haute température (forage de 4 à 5 km de profondeur) représente un potentiel considérable, qui peut être largement modulé en fonction des besoins, en mesure de contribuer de manière significative à un approvisionnement énergétique durable et non préjudiciable à l'environnement.

Etant donné les opportunités qu'offre la géothermie en matière de production combinée de chaleur et d'électricité, il s'agit aussi d'envisager des mesures nécessaires pour développer des réseaux de chauffage appropriés à l'utilisation de la chaleur.

En 2001, quelques 960 logements étaient équipés de systèmes de pompe à chaleur. Dans le secteur résidentiel, les gains énergétiques étaient estimés à 9,0 GWh ou 776 tep ; dans le secteur tertiaire, les gains étaient estimés à 3,8 GWh ou 324 tep. Les principaux pays de l'Union impliqués dans la géothermie à très basse énergie (PAC) sont la Suède (1270 MWth), l'Allemagne (675 MWth) et la Flandre (670 MWth).

Le Plan pour une maîtrise durable de l'énergie (2003) indique un objectif de 20 GWh en 2005 et 50 GWh en 2010, par rapport aux 13 GWh actuellement valorisés. Le potentiel de développement est donc important et sera estimé sur base des projections économiques récentes..

7. REFERENCES

- AMPERE (2000) « Rapport de la Commission pour l'Analyse des Modes de Production de l'Électricité et le Redéploiement des Énergies (AMPERE) au Secrétaire d'État à l'Énergie et au Développement durable », RAPPORT FINAL
- APERe & Ministère de la Région wallonne (2003), Vade-mecum non-technologique du candidat à la réhabilitation d'un site hydroénergétique, 41 pp.
- APERe (2004), Memorandum pour les énergies renouvelables 2004-2009, 14 avril 2004
- CONCAWE – Eucar : Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. 2004. European Commission
- CWAPE (2005), *proposition sur les nouveaux quotas applicables à partir du 1er janvier 2008*, Commission wallonne pour l'énergie, 11 juillet 2005
- DESGAIN X. (2006), *Jusqu'où soutenir les biocarburants*, ETOPIA, février 2006
- EREC (2004), *Renewable energy Target for Europe – 20% by 2020*, European Renewable Energy Council, janvier 2004
- Ecobilan : *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France*. 2002.
- ESHA, Petite hydroélectricité: Guide Technique pour la Réalisation de Projet, Réseau thématique pour la petite hydroélectricité, (www.esha.be), 2005
- European Small Hydropower Association, 2006. State of the Art of Small Hydropower in EU-25, 20 pp.
- Gusbin D. et Hoonart B. (2004) « Perspectives Energétiques pour la Belgique à l'horizon 2030 », *Bureau Fédéral du Plan*
- ICEDD (2004), Atlas énergétique de Wallonie, <http://www.icedd.be/atlasenergie/>
- ISO. ISO 14040 : *Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre*. 1997. ISO.
- ISO. ISO 14041 : *Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire*. 1997. ISO.
- ISO. ISO 14042 : *Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Evaluation de l'impact du cycle de vie*. 1997. ISO.
- ISO. ISO 14043 : *Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Interprétation du cycle de vie*. 1997. ISO.
- MARCHAL D., GRULOIS C., VANKERKOVE R., (2003), *Inventaire des sources de biomasse ligneuse en Région wallonne (pour la production d'énergie)*, ERBE- Agence Régionale Biomasse Energie
- MINISTERE FRANCAIS DE L'ECONOMIE (2005), *Rapport sur l'optimisation du dispositif de soutien à la filière biocarburants*, 20 septembre 2005
- PARLEMENT EUROPEEN (2005), *Rapport sur la part des sources d'énergies renouvelables dans l'Union européenne et les propositions d'actions concrètes*, Commission de l'industrie, de la recherche et de l'énergie, rapport final A6-0227/2005 du 6/7/2005
- Phillippart et Sony (2002), Vers une production d'hydroélectricité plus respectueuse du milieu aquatique et de sa faune, *Tribune de l'eau*, 619-620, 155-165.

RW (2003), *Plan 2003 pour la maîtrise durable de l'énergie à l'horizon 2010*, Namur, Ministère de la Région wallonne, DGTRE

RW (2006), *Energies renouvelables : quel espace pour des filières industrielles wallonnes ?*, *REactif n°34*, décembre 2005-janvier/février 2006

SPSD (2004), *Renewable Energy Evolution in Belgium 1974-2025, Scientific support plan for a sustainable development policy, project CP/23*, Final Report, june 2004

YORDI Beatriz (2006), *Le cadre européen des régimes de soutien aux énergies renouvelables*, CE, Direction générale de l'énergie et des transports, Présentation Power Point du 12 janvier 2006 lors du séminaire organisé par AGORIA, Bruxelles