

# Energies renouvelables en Région wallonne - Ressource, valorisation et impacts

Par Michel HUART (APERe asbl) et Didier MARCHAL (ValBiom asbl)  
Pour le Rapport sur l'état de l'environnement 2006 de la DGRNE du MRW  
Version du 25 août 2006

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE.....</b>	<b>3</b>
1.1. DÉFINITION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES .....	3
1.2. RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES RENOUVELABLES EN RÉGION WALLONNE.....	5
1.3. AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET ÉNERGIE.....	7
<b>2. VALORISATION DES RESSOURCES RENOUVELABLES .....</b>	<b>8</b>
2.1. PRODUCTION PRIMAIRE LOCALE.....	8
2.2. IMPORTATIONS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE PRIMAIRE.....	9
2.3. CONSOMMATION FINALE A PARTIR DE SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES .....	9
2.3.1. <i>Electricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables (E-SER)</i> .....	9
Electricité verte et marché des certificats verts .....	10
2.3.2. <i>Chaleur produite à partir de sources d'énergie renouvelables (C-SER)</i> .....	13
2.3.3. <i>Biocarburants</i> .....	13
<b>3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX, SOCIAUX ET ÉCONOMIQUES DES DIFFÉRENTES APPLICATIONS DES SER EN RÉGION WALLONNE .....</b>	<b>15</b>
3.1. ASPECTS GÉNÉRAUX .....	15
3.2. SITUATION PAR APPLICATION .....	16
3.2.1. <i>Parcs éoliens</i> .....	16
3.2.2. <i>Centrales hydroélectriques</i> .....	18
3.2.3. <i>Systèmes solaires photovoltaïques</i> .....	21
3.2.4. <i>Utilisation du bois pour produire de l'énergie</i> .....	23
Introduction.....	23
Situation en Région wallonne .....	23
Ressources en bois et objectifs du Plan wallon pour la Maîtrise durable de l'énergie .....	25
Le bois-énergie en Europe .....	25
3.2.5. <i>La biométhanisation</i> .....	25
3.2.6. <i>Systèmes solaires thermiques (chauffe eau solaires)</i> .....	27
3.2.7. <i>Pompes à chaleur</i> .....	29
<b>4. MÉCANISMES DE SOUTIEN, FACILITATEURS ET GUICHETS DE L'ÉNERGIE.....</b>	<b>31</b>

## Liste des illustrations

Schéma de synthèse : Identification des « énergies renouvelables » par source .....	4
Figure : Rayonnement solaire sur une plaque horizontale (IRM – Uccle) ; Moyenne journalière par mois (2004) (source : IRM) .....	5
Tableau : Ressources énergétiques, primaires et finales, disponibles en Région wallonne .....	7
Figure : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans la production primaire d'ER en Région wallonne 1991-2004 - Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables (source : ICEDD pour MRW-DGTRE Energie).....	8
Figure : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans la production E-SER en Région wallonne - 1991-2004- Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables (source : ICEDD pour MRW-DGTRE Energie).....	10
Figure : Schéma du mécanisme de marché de certificats verts en Région wallonne (source : CWaPE) .....	11
Figure : Evolution de l'offre et de la demande sur le marché des CV octroyés depuis 2003 (source : CWaPE) .....	12
Figure 6 : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans la production C-SER en Wallonie - 1991-2004 - Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables (source : ICEDD pour MRW-DGTRE Energie) .....	13
Figure : Schéma de fonctionnement d'une éolienne (nacelle) (source : APERE).....	16
Figure : Parc éolien de Gembloux-Sombreffe (source : APERE <sup>®</sup> ).....	17
Tableau : Parcs éoliens en activité en Région wallonne, par ordre chronologique de mise en activité (situation fin décembre 2005) (Source : Facilitateur éolien).....	18
Tableau : Production d'électricité d'origine éolienne en Région wallonne, et émissions de CO <sub>2</sub> évitées correspondantes (Source : Bilans énergétiques pour la Région wallonne – ICEDD pour la DGTRE) .....	18
Figure : Centrale au fil de l'eau (source : MRW-DGRNE).....	19
Tableau : Centrales hydroélectriques certifiées en Région wallonne (situation en juin 2005) (Source : CWaPE).....	19
Figure : Centrale hydroélectrique – Merytherm (Ourthe) (source : APERE <sup>®</sup> ) .....	20
Tableau : Production d'électricité d'origine hydroélectrique en Région wallonne, et émissions de CO <sub>2</sub> évitées correspondantes (Source : Bilans énergétiques pour la Région wallonne – ICEDD pour la DGTRE) .....	20
Figure : Schéma d'un système PV (source : www.outilssolaire.com).....	21
Figure : Schéma de principe d'une chaudière bois à alimentation automatique en milieu industriel (source : ITEBE) .....	24
Figure : Chaudière bois dans une menuiserie (150 kW) (source : ValBiom).....	24
Figure : Schéma de fonctionnement d'une unité de biométhanisation (source : ValBiom) .....	26
Figure : L'unité de biométhanisation de la ferme du Faascht (Atttert) (source : ValBiom) .....	26
Figure : Schéma d'un CES installé dans une habitation (source : APERE <sup>®</sup> ).....	28
Figure : Photo d'un CES en cours d'installation en toiture (16 m <sup>2</sup> ) (source : APERE <sup>®</sup> ) .....	28
Figure : Schéma d'une PAC qui prélève les calories dans un puits vertical dans le sol (source : APERE) .....	29

## 1. Introduction et mise en contexte

Les énergies renouvelables mettent à disposition des consommateurs une forme utile d'énergie à partir de la transformation de sources renouvelables. Couplées à une utilisation rationnelle de l'énergie<sup>1</sup>, elles permettent de réduire le recours aux systèmes énergétiques classiques basés sur des ressources d'origine fossile ou fissile<sup>2</sup>, et par conséquent les pressions environnementales et socio-économiques qui accompagnent l'utilisation de ces dernières.

Les énergies renouvelables regroupent un grand nombre de systèmes différents selon la source d'énergie valorisée et la forme d'énergie obtenue. Ces dernières années, les évolutions observées concernent aussi bien l'amélioration des rendements de conversion et la diminution du prix de revient de l'énergie utile produite que la qualité du service énergétique et un confort accru à l'exploitation.

Du côté de la ressource, le potentiel des énergies renouvelables pourrait dépasser largement nos besoins, mais leur contribution dans le bilan énergétique dépend des surfaces mises à disposition, des investissements pour leur équipement et de la réduction des consommations. Le tableau 1 sur les ressources énergétiques primaires et finales disponibles en Région wallonne présente des ordres de grandeurs par unité de surface. Une bonne gestion de l'aménagement du territoire est notamment un paramètre clé car il définit les limites de la ressource exploitable localement.

### 1.1. Définition des énergies renouvelables

Sont qualifiées d'énergies renouvelables les formes utiles<sup>3</sup> d'énergie provenant d'une source renouvelable<sup>4</sup>, c'est-à-dire dont la valorisation actuelle n'en limite pas la disponibilité future, ou en d'autres termes dont la capacité de renouvellement est supérieure à leur niveau d'exploitation. Par extension, les systèmes transformant ces sources sont aussi appelés « énergies renouvelables ».

Par opposition aux énergies fossiles et fissiles qui sont des énergies de stock, les énergies renouvelables sont des énergies de flux : elles se régénèrent en permanence au rythme du soleil et de ses dérivés (le vent, les cours d'eau, les vagues, les courants marins, la chaleur naturelle et la croissance de la biomasse<sup>5</sup>), ainsi que des marées et de la chaleur naturelle de la terre.

Les énergies renouvelables regroupent un grand nombre de systèmes différents, selon la source d'énergie valorisée et la forme d'énergie obtenue. Les principales filières d'énergies renouvelables présentes en Belgique sont reprises dans la liste ci-après :

---

<sup>1</sup> L'utilisation rationnelle de l'énergie fait le choix des solutions qui s'accompagnent de la dépense énergétique la plus petite. Il s'agit de faire la chasse aux gaspillages, d'utiliser des équipements énergétiquement efficaces, de préférer les matériaux et services ayant un faible contenu énergétique, mais aussi d'analyser l'opportunité du service induisant la dépense énergétique et d'intégrer la sobriété énergétique.

<sup>2</sup> A l'heure actuelle en Région wallonne, les sources d'énergie fossiles et fissiles (importées) représentent plus de 98 % de la consommation primaire d'énergie ; la dépendance énergétique est donc très importante.

<sup>3</sup> Par forme utile d'énergie, on entend une forme d'énergie recherchée (par exemple, de la chaleur, du froid ou une énergie mécanique) ou directement utilisable pour le consommateur final (par exemple de l'électricité, un combustible)

<sup>4</sup> L'Union européenne dans sa Directive 2001/77/CE définit les sources d'énergie renouvelables comme étant les « sources d'énergie non fossiles renouvelables (énergie éolienne, solaire, géothermique, houlomotrice, marémotrice et hydroélectrique, biomasse, gaz de décharge, gaz des stations d'épuration d'eaux usées et biogaz) ». La biomasse est définie comme « la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comprenant les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux ».

<sup>5</sup> Dans ce dernier cas, il faut veiller à ce que la forêt et les surfaces agricoles ou les déchets organiques soient gérés de façon durable et responsable. Par exemple, il ne faut pas prélever plus de bois que la forêt ne pourrait produire, ni utiliser de manière inconsidérée des intrants agricoles énergivores et polluants.

**Bâtiments énergétiquement performants**<sup>6</sup> (Architecture climatique, bâtiments basse énergie, passifs<sup>7</sup> et énergie+<sup>8</sup>) : Optimiser le bâtiment pour limiter les pertes, privilégier les apports solaires passifs utiles et valoriser les sources renouvelables locales (soleil, chaleur naturelle et bois)

**Biocarburants** (Cultures énergétiques, procédés d'extraction) : Biomasse → Carburant

**Biométhanisation** (Unités de biométhanisation, équipements de combustion ou de cogénération) : Biomasse humide → Biogaz → Chaleur utile et/ou électricité

**Chauffage à la biomasse**<sup>9</sup> (Equipements de combustion) : Biomasse → Combustible → Chaleur utile

**Electricité ou cogénération à partir de biomasse** (Equipements de cogénération) : Biomasse → Combustible → Electricité et si cogénération, chaleur utile

**Eolien** (Eoliennes sur terre et en mer) : Vent → Energie mécanique → Electricité

**Géothermie et chaleur naturelle** (Puits géothermiques ou pompes à chaleur) : Chaleur naturelle + électricité → Chaleur utile

**Hydroélectricité** (Centrales hydroélectriques) : Cours d'eau ou courants marins ou vagues → Energie mécanique → Electricité

**Solaire photovoltaïque** (Systèmes solaires photovoltaïques) : Soleil → Electricité

**Solaire thermique** (Chauffe-eau solaires pour l'eau sanitaire et/ou le chauffage et/ou les piscines ; Réfrigération solaire ; Séchage solaire) : Soleil → Chaleur utile (ou froid)

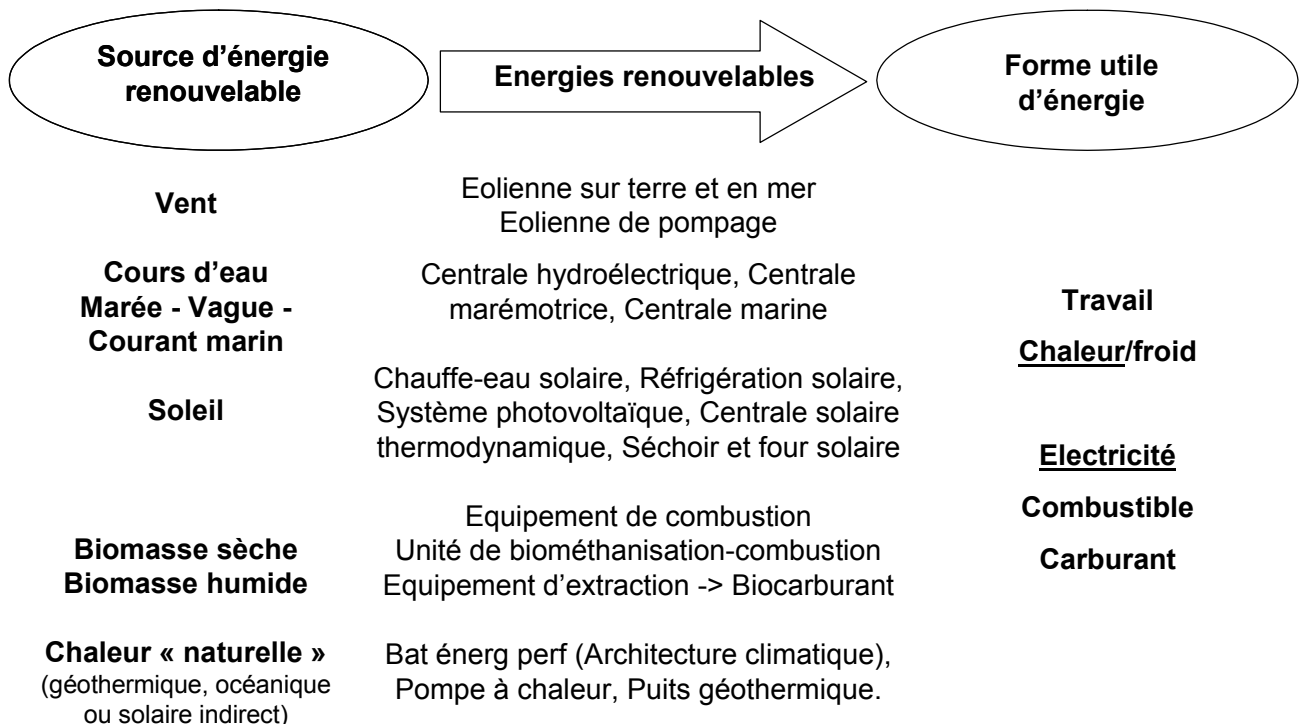


Schéma de synthèse : Identification des « énergies renouvelables » par source

<sup>6</sup> *Stricto sensu*, seule l'architecture climatique fait partie des énergies renouvelables, mais cette approche fait partie intégrante d'une conception architecturale globale visant la performance énergétique du bâtiment. Nous avons jugé utile de parler ici de performance énergétique des bâtiments, qui intègre l'architecture climatique.

<sup>7</sup> Le terme « maison passive » fait référence à un standard de construction qui assure une ambiance intérieure confortable tant en hiver qu'en été sans devoir faire appel ni à un système conventionnel de chauffage, ni à un conditionnement d'air. Il nécessite une demande annuelle de chauffage < 15 kWh/m<sup>2</sup>/an et une demande globale d'énergie (chauffage, eau chaude et électroménagers) < à 42 kWh/m<sup>2</sup>/an. Pour ce faire, il combine adéquatement les technologies, la conception et les matériaux.

<sup>8</sup> Une maison énergie+ est une maison dont le bilan énergétique des consommations et de la production d'énergie est positif, c'est-à-dire une maison qui produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme

<sup>9</sup> Le bois est la biomasse sèche principale, mais il y a aussi les céréales (grains et paille). Pour des raisons énergétiques et environnementales, la biomasse doit impérativement être sèche et non traitée et les équipements de combustion doivent avoir les rendements de conversion énergétique élevés (au moins 60%).

## 1.2. Ressources énergétiques renouvelables en Région wallonne

Le **soleil** a une température périphérique de l'ordre de 6 000°C. Comme tout corps noir, il émet un rayonnement dans l'univers. Une partie atteint la terre après avoir parcouru une distance d'environ 150 millions de km avec une puissance de 1 360 W/m<sup>2</sup>.<sup>10</sup> Celle-ci s'atténue en traversant l'atmosphère pour atteindre au sol<sup>11</sup> une puissance comprise entre 0 et 1 000 W/m<sup>2</sup>. L'irradiation solaire moyenne annuelle sur une surface horizontale en Belgique est de l'ordre de 1 000 kWh/m<sup>2</sup>, ce qui équivaut à l'énergie libérée par la combustion de 100 litres de mazout. Sous nos latitudes, 50% de l'énergie solaire résulte de l'ensoleillement direct et 50% du diffus c'est-à-dire de la lumière retransmise par la couverture nuageuse. Par ailleurs, cette énergie solaire est inégalement répartie sur l'année.

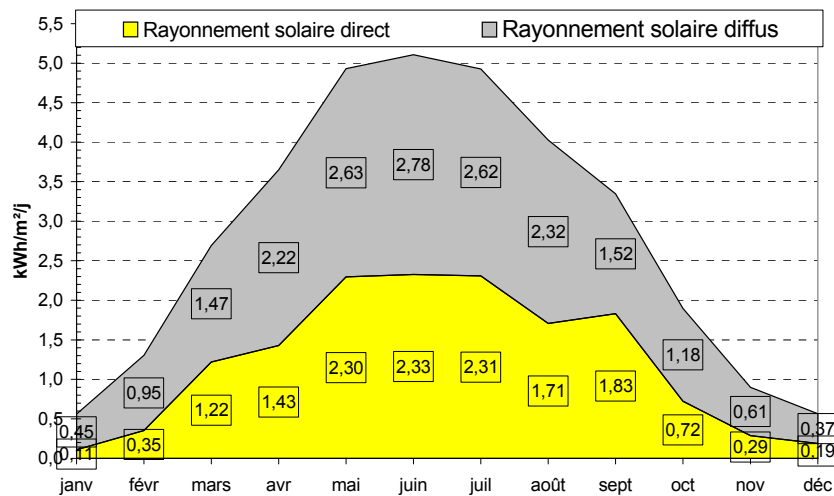


Figure : Rayonnement solaire sur une plaque horizontale (IRM – Uccle) ; Moyenne journalière par mois (2004) (source : IRM)

Le **vent** est l'expression du déplacement de masses d'air. Pratiquement, l'énergie éolienne dépend surtout de la vitesse du vent et de la surface traversée par les pales, et donc de la taille de l'éolienne. En fonction de la vitesse du vent, la puissance électrique effective développée par une éolienne est comprise entre zéro et sa puissance "nominale".<sup>12</sup> On observe que le  $h_{eq}$  annuel<sup>13</sup> des parcs éoliens terrestres en Région wallonne se situe généralement entre 1 500 heures et 2 500 heures, et en mer entre 2 800 et 3 800 heures. Avec des éoliennes de 1 à 3 MW de puissance unitaire, la densité d'installation d'un parc éolien est de 6 à 10 MW/km<sup>2</sup>.

L'énergie potentielle des **cours d'eau**<sup>14</sup> est fonction du débit et de la différence de niveau entre l'amont et l'aval de la centrale (hauteur de chute). Cette forme d'énergie est globalement bien exploitée en Région wallonne. La Région est équipée d'un parc d'une cinquantaine de centrales hydroélectriques dont la puissance installée totale est d'environ

<sup>10</sup> La puissance solaire qui atteint l'atmosphère est dite AM0 (Air Mass factor)

<sup>11</sup> Niveau de la mer, AM1,5, c'est-à-dire quand l'élévation du soleil est de 41,8°

<sup>12</sup> Pour les aspects de variation de la production électrique éolienne voir point 3.2.1.

<sup>13</sup> Le nombre d'heures équivalentes ( $h_{eq}$ ) est le nombre d'heures de fonctionnement de l'installation à sa puissance nominale qui produirait la même quantité d'énergie que celle qui est réellement produite. Dans le cas d'une installation dont le régime de travail est variable, la productivité annuelle est déterminée par l'indicateur  $h_{eq}$ , ce qui permet notamment de comparer différents systèmes entre eux. Il est compris entre 0 et 8 760 heures.

<sup>14</sup> A l'échelle de la Belgique, l'énergie issue des courants marins et des vagues en mer du Nord représente un gisement a priori important. Ces formes d'énergie ne seront néanmoins pas abordées ici.

100 MW<sup>15</sup>. La production électrique de cette filière dépend fortement du régime des précipitations. Sur la période 1997-2004, la production annuelle a été comprise entre 240 et 460 GWh<sup>16</sup>. A moyen terme, le parc hydroélectrique wallon pourrait atteindre une puissance installée de 150 MW par le biais de nouvelles centrales "au fil de l'eau"<sup>17</sup>, situées sur (1) des barrages et écluses des voies navigables non encore équipés de turbines et (2) des sites hydroénergétiques anciennement exploités. Le  $h_{\text{éq}}$  annuel des centrales hydroélectriques wallonnes varie entre 4 000 heures et 7 000 heures.

La **biomasse** est le produit de la photosynthèse des végétaux. Cette réaction photochimique transforme et stocke l'énergie solaire sous forme d'énergie chimique<sup>18</sup>. Cette transformation peut atteindre une efficacité maximum de 5%<sup>19</sup>, mais dans les conditions typiques de nos régions, la limite se situe plutôt aux alentours de 0,6%<sup>20</sup>. Il faut cependant garder à l'esprit que, outre les filières alimentaires, la valorisation sous forme d'énergie n'est pas la seule utilisation possible de la biomasse<sup>21</sup>.

La **chaleur naturelle** présente à la surface de la terre provient principalement du soleil. Cependant, la terre renferme également des gisements de chaleur, dits géothermiques, sous l'écorce terrestre. La chaleur issue de ces gisements qui atteint la surface de la terre (par conduction) est de l'ordre de 0,04 à 0,06 W/m<sup>2</sup><sup>22</sup> en Région wallonne. Par ailleurs, il est possible d'exploiter la chaleur géothermique avec des puits géothermiques. Ceux-ci vont puiser les calories dans l'écorce terrestre là où des mouvements convectifs permettent le renouvellement du réservoir de chaleur. Le potentiel d'un gisement géothermique est donc fonction de sa température<sup>23</sup> et de sa capacité de renouvellement thermique.

Le Tableau ci-après permet de calculer les ressources énergétiques primaires brutes disponibles à l'échelle locale en Région wallonne, ainsi que les quantités d'énergie finale (formes utiles) potentiellement disponibles, sur base des technologies actuelles. La mise en œuvre pratique des potentiels renouvelables est principalement fonction de la superficie qui y est consacrée<sup>24</sup>, et donc des choix en termes d'aménagement du territoire (voir section 1.3).

A noter par ailleurs que la quantité d'énergie renouvelable peut être augmentée par les importations (voir section 2.2).

<sup>15</sup> Entre 100 et 110 MW, selon les sources et selon que l'on considère la puissance développable ou la puissance installée

<sup>16</sup> « Renouveau, Revue des énergies renouvelables » n°13 p 31 – 2005

<sup>17</sup> Une centrale au fil de l'eau est une centrale sans réservoir d'accumulation d'eau (barrage de retenue de grande dimension)

<sup>18</sup> Via des liaisons C-C et C-H, dans les hydrates de carbone et les lipides

<sup>19</sup> C'est-à-dire pour 100 unités d'énergie solaire, uniquement 5 unités d'énergie pourront être transformées en énergie chimique dans les végétaux

<sup>20</sup> Soit, annuellement, 6 kWh/m<sup>2</sup> ou 12 kg de biomasse sèche par m<sup>2</sup> (Gérard SARLOS dans « Systèmes énergétiques » p 337 ; PPUR2003). En considérant une surface agricole utile (SAU) wallonne de l'ordre de 7 600 km<sup>2</sup> et une surface forestière wallonne de l'ordre de 5 500 km<sup>2</sup> (Source : TBE 2005), le potentiel énergétique brut de ces surfaces est de 78 600 GWh.

<sup>21</sup> Voir à ce sujet les synthèses publiées par l'asbl ValBiom (www.valbiom.be)

<sup>22</sup> Raymond FERNANDES dans « La chaleur de la terre » p168 ; ADEME 1998

<sup>23</sup> La valeur moyenne du gradient thermique est de 30°C/km (selon Gérard SARLOS dans « Systèmes énergétiques » p 368 ; PPUR 2003). Par exemple à Saint Ghislain, près de Mons, un puits de 2 400 mètres de profondeur fournit de l'eau à 72°C.

<sup>24</sup> En particulier pour l'énergie éolienne (parcs éoliens) et la biomasse (forêts et cultures énergétiques)

Source d'énergie	Ressource énergétique annuelle primaire brute	Ressource énergétique annuelle sous forme utile sur base des technologies actuelles
Soleil	1 000 GWh/km <sup>2</sup>	Chaleur : 390 GWh <sub>th</sub> /km <sup>2</sup> (rendement de conversion moyen annuel de 39% <sup>25</sup> pour les applications thermiques)  Electricité : 100 GWh <sub>e</sub> /km <sup>2</sup> (rendement de conversion moyen annuel de 10% <sup>26</sup> par des systèmes photovoltaïques)
Vent (terre)	Non déterminé	Electricité : 9 à 25 GWh <sub>e</sub> /km <sup>2</sup>
Vent (mer)	Non déterminé	Electricité : 17 à 39 GWh <sub>e</sub> /km <sup>2</sup>
Cours d'eau	Non déterminé	Electricité : 400 à 700 GWh <sub>e</sub> (parc de 110 à 150 MW)
Courants marins et vagues	Non déterminé	Dépend des surfaces exploitées, vitesses du flux et amplitudes des vagues
Biomasse	6 GWh/km <sup>2</sup> (Energie chimique stockée par la photosynthèse, dans les conditions climatiques moyennes en Belgique)	Chaleur : 3 à 4,8 GWh <sub>th</sub> /km <sup>2</sup> (rendement de conversion en chaleur de 50 à 80%)  Electricité : 0,6 à 1,8 GWh <sub>e</sub> /km <sup>2</sup> (rendement de conversion en électricité de 10 à 30%)
Chaleur naturelle	Non déterminé	Dépend de la t° et de la capacité de renouvellement de la source

*Tableau : Ressources énergétiques, primaires et finales, disponibles en Région wallonne<sup>27</sup>*

### 1.3. Aménagement du territoire et énergie

Théoriquement, la ressource énergétique primaire correspondant à l'ensemble des sources renouvelables dépasse largement les besoins de notre société<sup>28</sup>. Cependant, leur exploitation à grande échelle requiert de l'espace là où la ressource est disponible. De ce point de vue, la Région wallonne est tributaire d'une densité de population importante et surtout d'un habitat fortement dispersé<sup>29</sup>, deux éléments contraignants qui limitent les possibilités de valorisation des ressources locales en énergie. Une « bonne » gestion de l'aménagement du territoire est donc un paramètre-clé pour pouvoir exploiter au mieux les ressources énergétiques renouvelables locales.

Mais au delà de la possibilité d'exploiter les ressources énergétiques, le « bon » aménagement du territoire est aussi celui qui minimise les besoins énergétiques qu'il engendrera pour les habitants (logement, déplacements), et ce d'autant plus qu'il concerne une longue période<sup>30</sup>. Par exemple, un habitat dispersé augmente les besoins en déplacements, tout en rendant moins efficaces les transports en commun. D'autre part, il augmente les besoins en infrastructures<sup>31</sup>, leur coût, ainsi que les dépenses énergétiques de fonctionnement qui y sont liées<sup>32</sup>.

Enfin, les réseaux électriques actuels mériteraient d'être étendus vers les zones à potentiel d'exploitation des ressources locales en énergie et de stockage énergétique (par exemple, nouvelles unités de pompage/turbinage), afin de faciliter leur développement. Ils devront par ailleurs être adaptés et gérés de façon à pouvoir valoriser les productions décentralisées (énergies renouvelables et unités de cogénération).

<sup>25</sup> « Bilan énergétique wallon 2003 – Energies renouvelables » ; ICEDD pour MRW, DGTRE

<sup>26</sup> 800kWh/kWc et 125 Wc/m<sup>2</sup>

<sup>27</sup> Ne tient pas compte des importations (il s'agit de la « production primaire wallonne »). Les valeurs sont exprimées en multiples de Wh (Watheure). 1 Wh = puissance d'1 W pendant une durée d'1 heure = 3600 J (Joules). Les Wh peuvent être thermiques (Wh<sub>th</sub>) ou électriques (Wh<sub>e</sub>).

<sup>28</sup> Sur base du Tableau et en considérant une superficie de 16 844 km<sup>2</sup> pour la Région wallonne

<sup>29</sup> Un habitat dispersé est doublement pénalisant : d'une part, il augmente les besoins d'énergie (déplacements et infrastructure) et d'autre part, il réduit l'espace disponible pour l'exploitation des sources renouvelables

<sup>30</sup> Quelques idées de durées : le choix d'un équipement individuel de type électroménager ou chaudière concerne une période de 5 à 15 ans, une habitation de 30 à 100 ans et l'aménagement du territoire d'une région de plus de 100 ans

<sup>31</sup> Réseau d'eau, d'égout, d'énergie, routes ...

<sup>32</sup> Déplacement et pertes de distribution

## 2. Valorisation des ressources renouvelables

### 2.1. Production primaire locale

En Région wallonne, les sources primaires d'énergie renouvelable s'élevaient à 440 ktep<sup>33</sup> en 2004, soit 2 % de la consommation intérieure brute (CIB) totale d'énergie de la Région (la moyenne européenne est de 6 %).

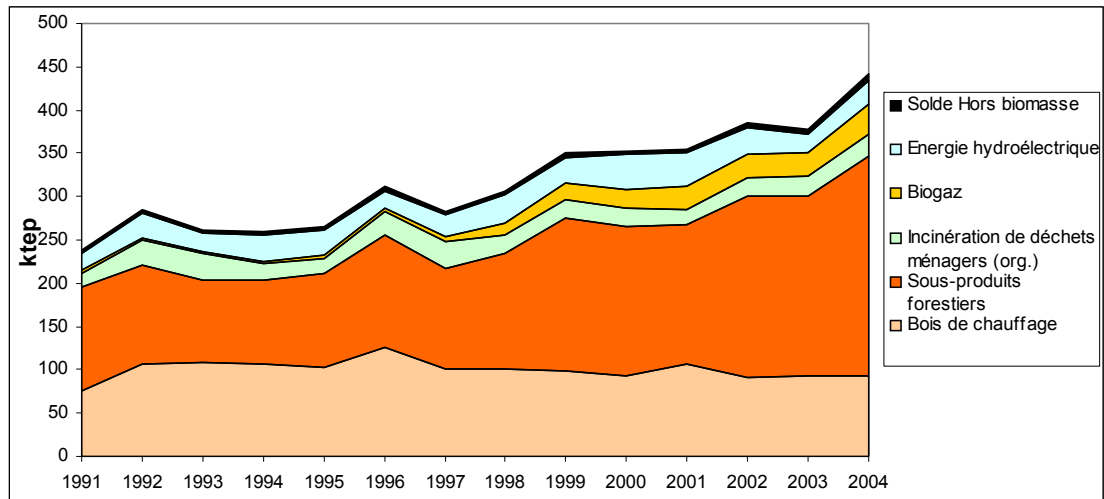


Figure : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans la production primaire d'ER en Région wallonne 1991-2004 - Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables (source : ICEDD pour MRW-DGTRE Energie)

La biomasse constitue la principale ressource (93 %), dont le bois et les sous-produits forestiers fournissent à eux seuls 79 %. Un tiers du bois est utilisé pour le chauffage résidentiel, le reste étant valorisé pour des processus énergétiques dans l'industrie. La production d'électricité dans les centrales hydroélectriques représente quant à lui 5,6 % de l'apport primaire renouvelable.

Notons que les données statistiques relatives aux énergies renouvelables ne reflètent pas la contribution de l'énergie solaire via les apports passifs aux bâtiments. Ainsi, une conception climatique qui valorise les apports solaires passifs pour le chauffage et l'éclairage n'apparaît pas directement dans les statistiques de production d'énergie, alors qu'en pratique elle diminue la demande en énergie liée à l'usage des bâtiments.

Par ailleurs, les productions de chaleur renouvelable sont estimées avec une grande marge d'erreur, liée à la difficulté de disposer d'un relevé complet de la production de l'ensemble des équipements, en particulier pour les nombreux petits équipements individuels : chauffe-eau solaires, pompes à chaleur et chauffages au bois. A défaut d'un relevé quantitatif à la production, il ne faut pas oublier que ces apports renouvelables permettent de réduire les consommations des formes d'énergie auxquels ils se substituent. En d'autres termes, il faut garder à l'esprit que même s'ils n'apparaissent pas directement dans le bilan, ils influencent (à la baisse) la consommation finale du secteur résidentiel.

<sup>33</sup> 1 tep = 1 tonne équivalent-pétrole = énergie thermique développée lors de la combustion d'1 tonne de pétrole = 11600 kWh = 41,86 GJ



## 2.2. Importations d'énergie renouvelable primaire

Seules les formes « carburants » (huiles végétales et dérivés, bioéthanol, biodiesel, biogaz), « combustibles » (bois sous la forme de bûches, granulés ou plaquettes) et l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables (E-SER) peuvent être importées.

En 2004, la quantité importée d'énergie d'origine renouvelable a été relativement importante (188,3 ktep - 43 % du total des SER). Il s'agissait principalement de bois provenant de pays voisins à destination de l'industrie papetière. Les quantités de bois issu de la gestion des déchets d'emballage et de construction, ainsi que de sous-produits de l'industrie alimentaire, étaient marginales.

A l'avenir, les importations en énergies renouvelables pourraient s'accroître. Les produits d'importation attendus prochainement sont les biocarburants ou les productions agricoles énergétiques brutes, les granulés de bois<sup>34</sup> et l'E-SER.

## 2.3. Consommation finale à partir de sources d'énergie renouvelables

Pour pouvoir être utilisées, les sources renouvelables d'énergie doivent préalablement être converties en une forme utile. Dans le cas de la biomasse, la ressource est d'abord conditionnée sous forme de combustible (bois séché sous forme de bûches, plaquettes ou granulés, biogaz, gaz de synthèse, huiles, alcools). Généralement on distingue les trois principales formes d'énergie suivantes : électricité (E-SER), chaleur (y compris combustible) (C-SER) et carburant (biocarburant).

### 2.3.1. Electricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables (E-SER)

Tout comme les centrales classiques de production d'électricité, la biomasse est transformée en électricité par un cycle thermique<sup>35</sup>. Il n'en va par contre pas de même avec les éoliennes, les centrales hydroélectriques et les systèmes solaires photovoltaïques. Les éoliennes et les turbines hydrauliques transforment directement en électricité, l'énergie mécanique<sup>36</sup> produite par la force du vent ou du flux d'eau sur une hélice. De leur côté, les systèmes solaires photovoltaïques transforment directement l'irradiation solaire en courant continu<sup>37</sup>.

Le parc wallon de production électrique à partir de sources d'énergie renouvelables est composé de centrales hydroélectriques, de centrales électriques et de cogénération à partir de biomasse (bois, biogaz, huiles/grasses végétales/animales), d'éoliennes et de systèmes solaires photovoltaïques.

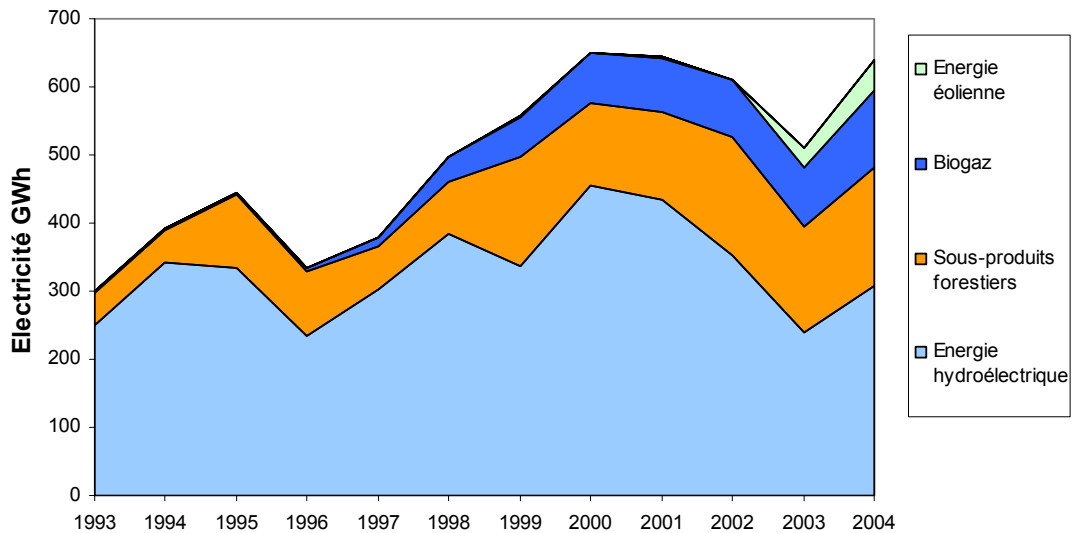
En 2004 en Région wallonne, les sources renouvelables utilisées pour la production d'électricité étaient principalement les cours d'eau, la biomasse et le vent. Par contre, les applications solaires photovoltaïques sont toujours marginales à l'heure actuelle, et la chaleur naturelle de la terre n'est pas utilisée pour produire de l'électricité.

<sup>34</sup> Depuis novembre 2005, la centrale électrique des Awirs-4 (province de Liège) transforme des granulés de bois (provenant de forêts canadiennes ou polonaises gérées durablement) en électricité. La consommation annuelle de granulés est évaluée à environ 400 000 tonnes pour produire 615 GWh électrique (l'équivalent de la consommation électrique de 200 000 ménages).

<sup>35</sup> Voir chapitre spécifique (Electricité)

<sup>36</sup> Cette énergie mécanique est le produit du couple et de la vitesse de rotation d'un axe

<sup>37</sup> Par effet photoélectrique, phénomène physique qui peut être généré dans des matériaux semi-conducteurs. Dans ce cas, la production d'électricité se produit sans qu'il y ait d'élément mécanique (turbine) en mouvement.



*Figure : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans la production E-SER en Région wallonne - 1991-2004- Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables (source : ICEDD pour MRW-DGTRE Energie)*

## Electricité verte et marché des certificats verts

En Région wallonne, l'électricité est dite « verte » quand elle est produite à partir de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération de qualité, dont la filière de production électrique génère un taux minimum de 10% d'économie d'émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par rapport aux émissions d'installations modernes de référence<sup>38</sup>.

Afin de promouvoir la production d'électricité verte, le mécanisme de marché des certificats verts (CV) a été mis en place en Région wallonne en 2002. L'objectif est d'une part de contribuer à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, dans le cadre des engagements du protocole de Kyoto et, d'autre part, de préparer l'avenir en développant un parc de production électrique à partir de sources renouvelables (voir section 3.).

Le mécanisme de CV doit par conséquent être considéré comme un instrument destiné à rencontrer de multiples objectifs et non comme un instrument de politique environnementale stricte. Il s'agit d'un véritable outil de développement économique avant tout destiné à permettre à l'économie wallonne de se défaire progressivement de sa dépendance vis-à-vis du pétrole tout en stimulant des investissements et des activités nouvelles dans des secteurs présentant des taux de croissance élevés en Europe depuis de nombreuses années.

<sup>38</sup> Pour la production d'électricité, il s'agit de turbines gaz-vapeur (TGV) alimentées au gaz naturel

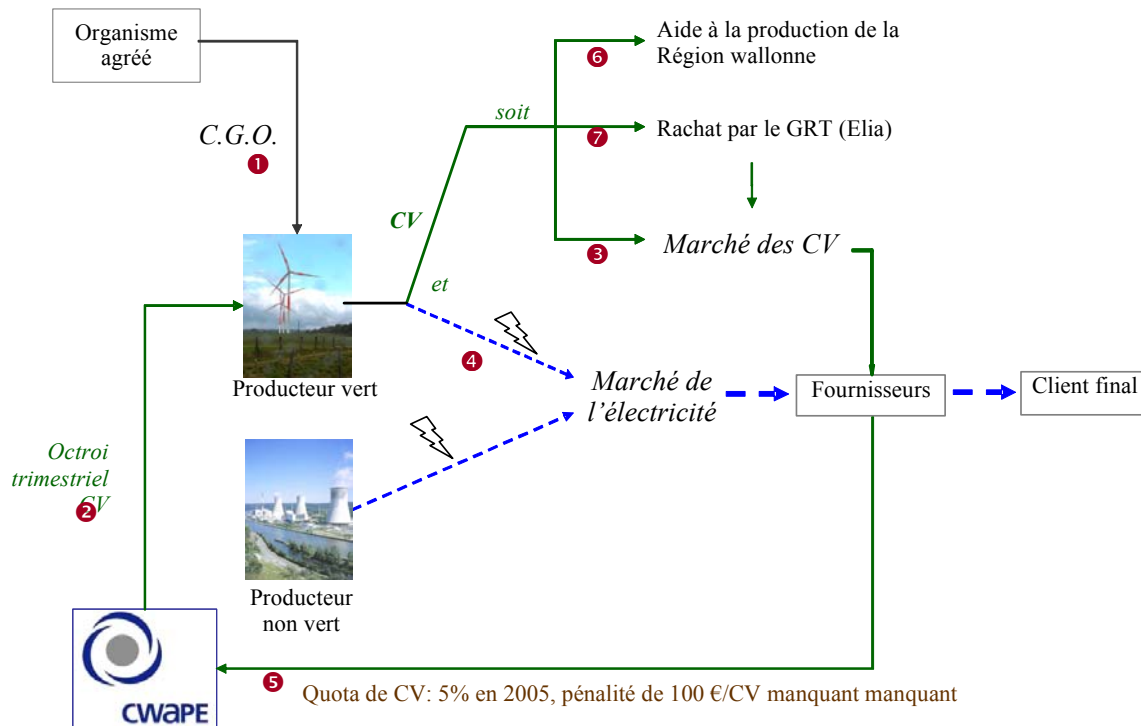


Figure : Schéma du mécanisme de marché de certificats verts en Région wallonne (source : CWaPE)

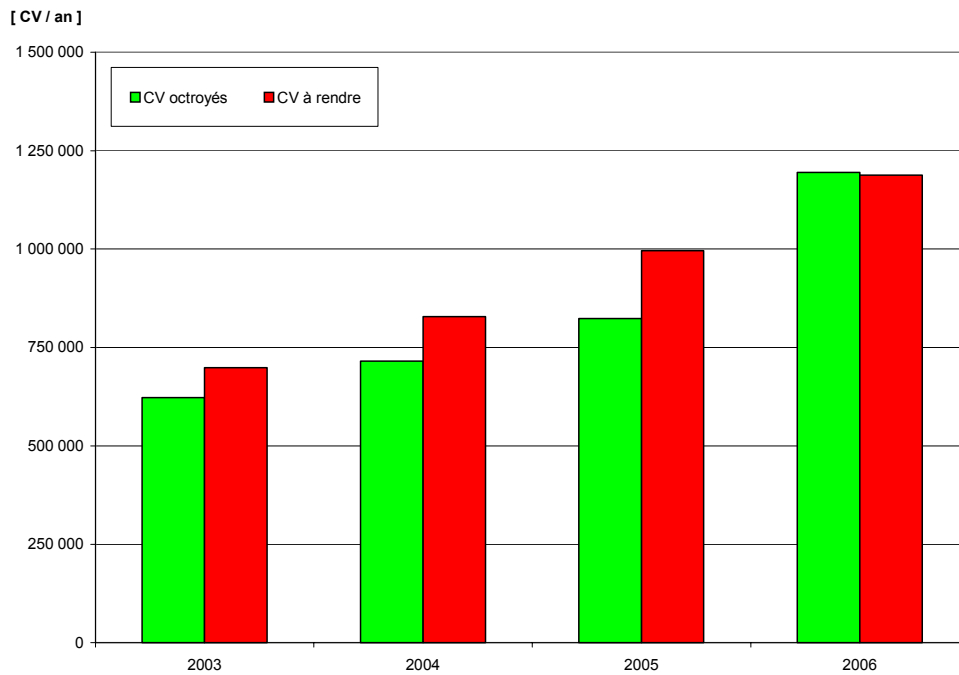
En pratique, d'une part, tout producteur d'électricité certifié<sup>39</sup> se voit octroyer un nombre de certificats verts sur base de la quantité d'électricité verte produite, la base de calcul étant la quantité de CO<sub>2</sub> économisée par rapport à la filière de référence (1 certificat équivaut à 456 kg de CO<sub>2</sub> économisés, ce qui correspond aux émissions de CO<sub>2</sub> de la filière de référence pour produire 1 MWh<sup>40</sup>). D'autre part, tout fournisseur d'électricité en Région wallonne doit justifier l'acquisition d'un quota de CV auprès de producteurs d'électricité verte. Ce quota augmente progressivement au fil des années, de 3 % en 2003 à 7 % en 2007<sup>41</sup>. Un système d'amendes (100 euros/CV) est prévu en cas de non-respect des quotas par un fournisseur. La Région wallonne, via un mécanisme d'aide à la production, garantit également le rachat des certificats à 65 euros avec les producteurs ayant signé une convention avec le Ministre de l'énergie. Dans ce cadre, le prix se situe entre 65 et 100 euros<sup>42</sup>, sauf pour les productions solaires photovoltaïques qui peuvent revendre les CV à Elia à 150 euros/CV.

<sup>39</sup> Pour plus d'informations concernant la certification, voir le site de la CWaPE ([www.cwape.be](http://www.cwape.be))

<sup>40</sup> En d'autres termes, cela revient à considérer que tout MWh produit à partir de sources d'énergie renouvelables a permis d'éviter de devoir produire l'équivalent par le biais de la filière de référence (TGV alimentée au gaz naturel).

<sup>41</sup> En avril 2006, le Gouvernement wallon a décidé de poursuivre cette augmentation de quotas d'électricité verte de 1% par an jusqu'en 2012, assortie d'un certain nombre de mesures d'adaptations sur les conditions d'attribution des certificats verts aux productions vertes et sur des réductions de quotas pour les grands consommateurs s'engageant dans un accord de branche.

<sup>42</sup> De 2004 à 2006, le prix du marché était aux alentours de 92 euros par CV



*Figure : Evolution de l'offre et de la demande sur le marché des CV octroyés depuis 2003  
(source : CWaPE)*

#### **Certification des unités de productions vertes par la CWaPE**

Pour pouvoir recevoir les certificats verts équivalents à leur production électrique, les centrales hydroélectriques wallonnes doivent, dans un premier temps, se faire certifier par des organismes de contrôle agréés par la CWaPE. Cette certification de garantie d'origine atteste le caractère renouvelable de l'installation. Ensuite, selon un code de comptage, les certificats verts seront octroyés en fonction des quantités d'électricité produites et de l'économie de CO<sub>2</sub> réalisée.

La démarche de certification se fait en deux étapes : une demande préalable de certification et la certification de garantie d'origine. La CWaPE présente sur son site ([www.cwape.be](http://www.cwape.be)) la liste des sites de production verte disposant d'un certificat de garantie d'origine et la liste des installations en attente de reconnaissance de production verte.

### 2.3.2. Chaleur produite à partir de sources d'énergie renouvelables (C-SER)

En 2004 en Région wallonne, la source renouvelable principale utilisée pour la production de chaleur était la biomasse, et en particulier le bois. La contribution des autres sources (le soleil avec les chauffe-eau solaires, la chaleur naturelle dérivée du soleil par les pompes à chaleur et celle dérivée de la terre par les puits géothermiques) était par contre négligeable.

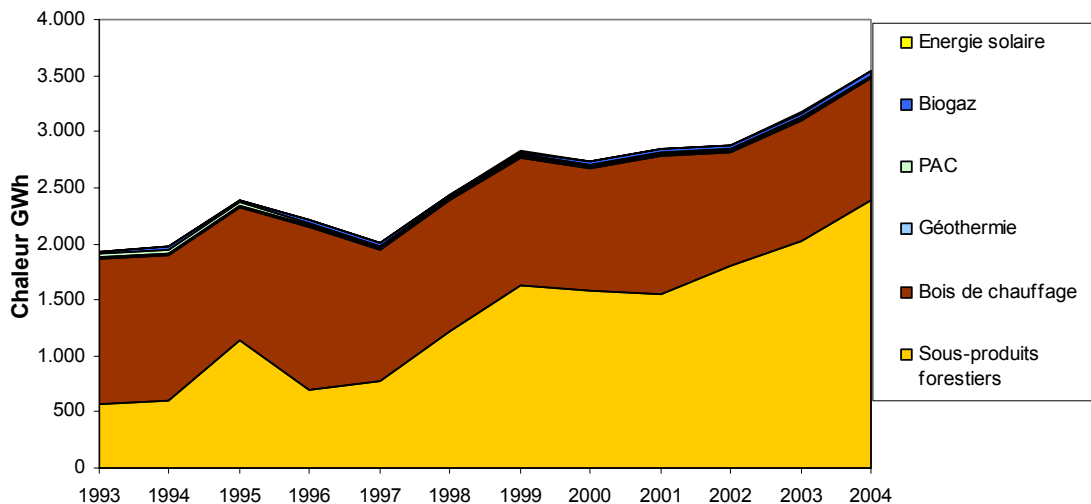


Figure 6 : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans la production C-SER en Wallonie - 1991-2004 - Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables (source : ICEDD pour MRW-DGTRE Energie)

### 2.3.3. Biocarburants

En Région wallonne, la production de biocarburants est marginale à l'heure actuelle (2005), mais cela devrait changer dans les années à venir étant donné l'évolution récente de la législation à ce sujet<sup>43</sup>. Au niveau agricole, le potentiel de production est limité pour le colza mais bien réel en ce qui concerne la betterave et le froment. Les biocarburants constituent même une alternative intéressante à la valorisation alimentaire des produits de récolte pour les agriculteurs, dans le cadre de la dernière réforme de la Politique Agricole Commune (PAC). De plus, des recherches sont actuellement menées dans le but de produire des biocarburants d'origine lignocellulosique (bois, végétaux) par des procédés enzymatiques (bioéthanol) ou thermiques (gaz de synthèse).

Parmi les biocarburants dont les filières de production sont techniquement au point, on distingue essentiellement trois filières<sup>44</sup> :

- éthanol ou ETBE : des matières premières sucrées ou amylacées (provenant de la betterave, du froment, voire du sorgho en Région wallonne) sont fermentées pour obtenir de l'éthanol. L'éthanol peut être utilisé soit en faible proportion dans l'essence (5 à 20%), soit en plus forte proportion (85%), ou encore à l'état pur (95 à 100%) dans des moteurs adaptés. L'éthanol peut également subir une transformation en ETBE (éthyl

<sup>43</sup> La Directive européenne 2003/30 incitant les états membres de l'Union à incorporer des biocarburants dans les carburants d'origine fossile est d'application en Belgique depuis 2005 (Arrêté Royal du 4 mars 2005, reprenant les objectifs fixés par la Commission, soit 2% de biocarburants en 2005 et 5,75% en 2010, sur l'ensemble de l'essence et du gasoil vendus pour le transport). Par ailleurs, l'Arrêté Royal autorisant l'exemption fiscale de l'huile de colza carburant produite en filière courte a été publié le 20 mars 2006 au Moniteur Belge. L'exemption fiscale est entrée en vigueur le 3 avril 2006.

<sup>44</sup> Source : [www.valbiom.be](http://www.valbiom.be)

- tertio butyl ether), qui est ajouté à hauteur de 15% à l'essence pour augmenter son indice d'octane ;
- biodiesel : des graines oléagineuses sont triturées dans des unités industrielles pour en extraire de l'huile végétale qui est raffinée. L'huile subit ensuite une transestérification pour former de l'ester méthylique ou biodiesel. Celui-ci peut être utilisé (pur ou en mélange avec du diesel) dans les moteurs diesel, moyennant dans certains cas une adaptation des moteurs. Le biodiesel à 5% en mélange avec du diesel ne nécessite quant à lui aucune adaptation du moteur ;
  - huile de colza : la graine de colza est triturée dans de petites unités et l'huile produite est filtrée. Celle-ci est utilisée directement comme carburant, soit en mélange avec le gazole, soit pure dans des moteurs diesel modifiés.

L'entrée du biodiesel sur le marché belge est prévue pour fin 2006 et celle du bioéthanol pour fin 2007. A titre d'information, on signalera que la Raffinerie Tirlemontoise et le groupe allemand Südzucker vont construire une usine de bioéthanol à Wanze. L'usine disposera, dès son lancement prévu pour la fin de l'année 2007, d'une capacité annuelle de production de 300 millions de litres. Les matières premières utilisées seront du froment et des betteraves issus des meilleures zones betteravières et céréalières de Région wallonne (Hesbaye). En ce qui concerne le biodiesel, la production devrait démarrer en août 2006 à l'usine Neochim de Feluy. La production annoncée est de 200 millions de litres, à partir d'huile de colza. L'huile de colza pure est déjà défiscalisée et en vente directe chez le producteur depuis le 3 avril 2006.

### **3. Impacts environnementaux, sociaux et économiques des différentes applications des SER en Région wallonne**

#### **3.1. Aspects généraux**

Les énergies renouvelables sont une composante importante du développement durable. En effet, couplées à une utilisation rationnelle de l'énergie, elles réduisent le recours aux systèmes énergétiques classiques basés sur des ressources d'origine fossile ou fissile, et donc par conséquent les pressions environnementales et socio-économiques qui accompagnent l'utilisation de ces dernières.

D'un point de vue environnemental, les énergies renouvelables contribuent à la réduction des émissions des gaz à effet de serre<sup>45</sup>, réduisent la pollution de l'air, de l'eau, du sol et de la biosphère, limitent le risque d'accident (marées noires, explosions ...), et préservent les stocks de ressources naturelles<sup>46</sup>. Cependant elles peuvent avoir des impacts environnementaux locaux spécifiques à chaque application et au lieu d'implantation (occupation du sol, paysage, bruit, modification de l'écosystème). Dans la plupart des cas cependant, une évaluation environnementale locale permet de mettre en œuvre des solutions appropriées.

D'un point de vue économique, les énergies renouvelables garantissent un prix stable de l'énergie, nettement moins sensible aux fluctuations du marché des combustibles fossiles, et diminuent notre dépendance énergétique<sup>47</sup>. Par ailleurs, elles renforcent l'économie locale via les entreprises actives dans le secteur (fabricants, installateurs, équipementiers, ou encore entreprises chargées de l'exploitation, l'entretien ou la maintenance des installations). Dans les conditions actuelles, le prix de revient des énergies renouvelables peut cependant être plus élevé que celui des énergies fossiles<sup>48</sup>. En appliquant le principe du « pollueur-payeur », ce « surcoût » peut être réparti sur les consommateurs<sup>49</sup>, mais pour les entreprises dont la facture énergétique représente une part significative de leurs charges, ce surcoût, aussi minime soit-il, peut constituer une perte de compétitivité sur le marché international. Pour les pouvoirs publics, il est important de garder à l'esprit que le développement des énergies renouvelables est favorable au développement économique local dans la mesure où la totalité des dépenses concernent du matériel ou des services européens (et donc de l'emploi)<sup>50</sup>. Au contraire des systèmes classiques utilisant des combustibles fossiles, où jusqu'aux  $\frac{3}{4}$  du prix de revient résultent de l'achat de combustibles importés (gaz naturel, produits pétroliers ou charbon).

Ainsi, les mécanismes de soutien financier aux énergies renouvelables sont un juste rééquilibrage économique dans un marché libéralisé qui n'intègre ni les externalités de la production énergétique classique, c'est-à-dire le coût des effets indirects sur l'environnement et la santé (gaz à effets de serre, marées noires, déchets dangereux), ni les aides indirectes accordées au secteur de l'énergie (recherche et développement, infrastructures, remise en état de sites), ni les bénéfices indirects pour la société liés au développement des énergies renouvelables (indépendance énergétique, renforcement économique local, emplois).

Les énergies renouvelables renforcent l'économie locale dans la mesure où il n'y a pas de dépense pour des combustibles fossiles importés. Par exemple,  $\frac{3}{4}$  du prix de revient de la production d'électricité par une TGV sont l'achat de gaz naturel, alors que 100% du prix de revient d'un parc éolien concerne l'achat d'équipements, de la main d'œuvre et des frais financiers.

<sup>45</sup> Par rapport à une source fossile d'énergie, et à quantité équivalente d'énergie consommée

<sup>46</sup> A condition toutefois que ces dernières soient gérées de façon "durable"

<sup>47</sup> En tout cas pour les sources locales d'énergies renouvelables (solaire, éolien ...), à l'exclusion des importations de bois ou de biocarburants par exemple

<sup>48</sup> Sauf s'il est tenu compte des externalités négatives (principalement les coûts indirects sur l'environnement et la santé) et positives (renforcement de l'économie locale).

<sup>49</sup> Répartition du surcoût sur le prix de vente, comme c'est le cas avec le mécanisme de marché des CV

<sup>50</sup> Le budget « Aide » est récupéré indirectement par les entrées fiscales associées aux activités locales générées (Impôt, TVA) et la réduction des dépenses pour la sécurité sociale (nombre d'emplois plus important)

D'un point de vue social, les énergies renouvelables s'accompagnent généralement de la création d'emplois durables et peu sensibles aux délocalisations. Leur caractère décentralisé permet par ailleurs aux sociétés locales de s'approprier la production d'énergie nécessaire à leurs besoins, tout en offrant un potentiel de réorientation de l'activité économique. Ainsi par exemple, la biomasse-énergie constitue une possibilité de diversification pour les secteurs agricole et sylvicole. Dans le domaine du bois-énergie, par exemple, on a montré que les filières bois peuvent générer de 10 à 28 fois plus d'emplois directs qu'une filière fuel, en fonction de leur degré de mécanisation<sup>51</sup>.

Localement, la visibilité et l'implication d'acteurs proches dans les énergies renouvelables constituent également un excellent vecteur d'éducation à l'utilisation rationnelle de l'énergie. A grande échelle, l'indépendance énergétique réduit les tensions internationales et permet la solidarité entre les peuples.

## 3.2. Situation par application

### 3.2.1. Parcs éoliens

Les éoliennes produisent de l'électricité, qu'elles injectent sur le réseau électrique auquel sont connectés les consommateurs.

D'un point de vue technique, les pales des éoliennes transforment l'énergie du flux d'air en une énergie mécanique de rotation. Celle-ci actionne l'axe d'une génératrice électrique et, comme c'est le cas avec la dynamo d'un vélo par exemple, le mouvement tournant du rotor crée un couple électromagnétique, qui produit de l'électricité.

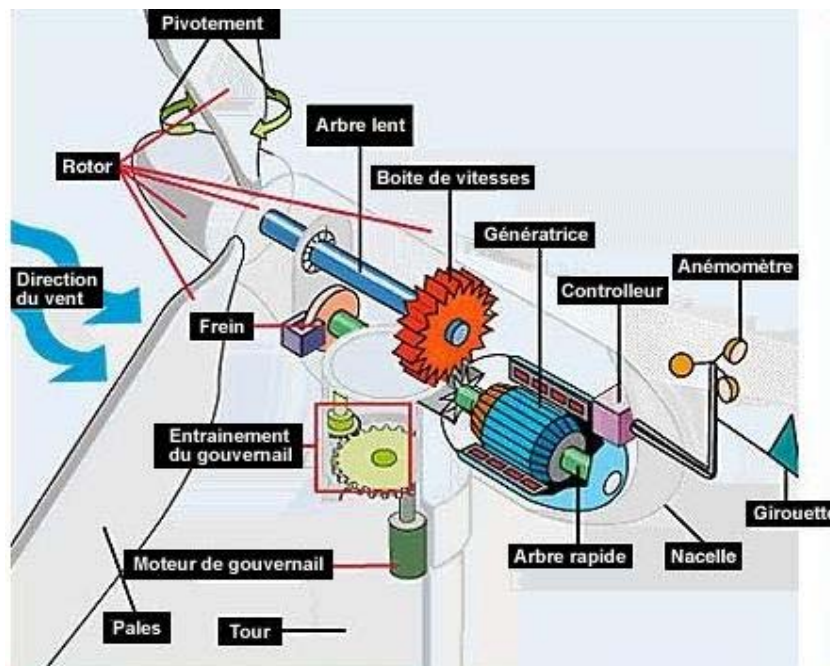


Figure : Schéma de fonctionnement d'une éolienne (nacelle)

En pratique, la production électrique dépend du vent, elle est donc fluctuante et seulement partiellement prévisible, et donc pas nécessairement compatible avec la puissance appelée par les consommateurs, qui varie elle aussi. Le fait qu'un parc éolien dénombre plusieurs éoliennes et/ou qu'une région dispose de plusieurs parcs éoliens permet néanmoins

<sup>51</sup> Schenkel Y., Temmerman M., Marchal D., Schaar C. [2005]. Une analyse comparative de l'impact sur l'emploi d'une installation de chauffage au bois. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2005 9 (1), 53-64



d'atténuer l'impact de ces variations locales. L'Agence Internationale de l'Energie confirme par ailleurs que les réseaux électriques européens disposent des capacités pour absorber les productions électriques des éoliennes<sup>52</sup>.



*Figure : Parc éolien de Gembloux-Sombreffe (source : APERE®)*

Dans le paysage, les éoliennes des parcs installés à l'heure actuelle en Région wallonne se composent d'un mât de 60 à 100 mètres de hauteur, d'une nacelle, et d'un rotor de 3 pales dont le diamètre de rotation peut atteindre 80 mètres. Comme déjà mentionné plus haut, la puissance des éoliennes est directement proportionnelle à la surface balayée par le rotor, et donc à la longueur des pales. C'est pourquoi les nouvelles éoliennes sont aujourd'hui près de 2 fois plus hautes qu'il y a 5 ans, pour des puissances 3 à 4 fois plus élevées. En dehors de leur visibilité, l'impact des éoliennes est très local. Le cadre réglementaire d'implantation des éoliennes en Région wallonne tient compte des impacts sonores, des ombres portées et des éventuels risques pour l'avifaune par le respect de distances minimales vis-à-vis des habitations et des couloirs de migration<sup>53</sup>.

Fin décembre 2005, on dénombrait 35 éoliennes connectées au réseau électrique en Région wallonne, réparties en 10 parcs pour une puissance installée totale de 49 MW. Exprimé en termes de densité surfacique, cela correspond à 2,9 kW installés par km<sup>2</sup>. La production annuelle d'électricité est estimée à plus de 103 GWh, soit l'équivalent de la consommation annuelle de 30 000 ménages<sup>54</sup>. En 2005, la production électrique des éoliennes a par ailleurs permis d'éviter l'émission de près de 47 000 tonnes de CO<sub>2</sub> (voir plus haut, section 2.3.1.).

<sup>52</sup> « Variability of wind power and other renewables – Management options and strategies », disponible sur [www.iea.org](http://www.iea.org)

<sup>53</sup> « Des éoliennes en Région wallonne », Publication du Facilitateur éolien (<http://energie.wallonie.be>)

<sup>54</sup> Et même davantage, à partir du moment où des choix URE sont adoptés (voir problématique spécifique : Introduction générale du chapitre Energie)

Société	Ville / Commune	Prov	Nombre turbines	P.I. unit (MW)	P.I. totale (MW)	Prod. an estimée (MWh/an)	Date de mise en route
ENERGIE 2030	Saint-Vith	Lg	1	0,5	0,5	1.000	01-déc-98
ASPIRAVI	Perwez	BW	1	0,6	0,6	1.200	01-déc-00
RPC	Sainte-Ode	Lx	6	1,25	7,5	15.750	03-mai-03
Electrabel	Bütgenbach	Lg	4	2	8,0	17.600	02-juin-03
Les Vents de l'Ornoi	Sombreffe	Na	4	1,5	6,0	12.600	31-oct-03
Vents d'Houyets	Mesnil-Eglise	Na	1	0,6	0,6	1.200	15-mai-04
SPE	Villers-le-Bouillet	Lg	6	1,5	9,0	18.900	01-févr-05
SPE	Walcourt	Na	6	1,5	9,0	18.900	14-févr-05
Les vents de Perwez	Perwez	BW	5	1,5	7,5	15.750	04-mars-05
Verlac	Alleur	Lg	1	0,3	0,3	650	30-juin-05
<b>Total</b>					<b>49,0</b>	<b>103.550,0</b>	

*Tableau : Parcs éoliens en activité en Région wallonne, par ordre chronologique de mise en activité (situation fin décembre 2005) (Source : Facilitateur éolien)*

	PI (MW)	Nbre éoliennes	Production (GWh)	CO2 évité (tonnes)
<b>1998</b>	0,5	1	1,2	547
<b>1999</b>	0,5	1	1,3	593
<b>2000</b>	1,1	2	2,0	912
<b>2001</b>	1,1	2	2,0	894
<b>2002</b>	1,1	2	2,0	912
<b>2003</b>	22,6	16	28,5	12.996
<b>2004</b>	23,2	17	46,7	21.295
<b>2005</b>	49,1	35		

*Tableau : Production d'électricité d'origine éolienne en Région wallonne, et émissions de CO<sub>2</sub> évitées correspondantes (Source : Bilans énergétiques pour la Région wallonne – ICEDD pour la DGTRE)*

Fin 2005, la puissance installée (PI) en éoliennes en Europe (UE-25) a dépassé 40 000 MW, et 70 000 MW sont attendus pour 2010. Sur base de la PI par km<sup>2</sup>, les 5 pays européens qui se démarquent sont le Danemark (72,6 kW/km<sup>2</sup>), l'Allemagne (51,6 kW/km<sup>2</sup>), les Pays-Bas (29,4 kW/km<sup>2</sup>), l'Espagne (19,9 kW/km<sup>2</sup>), et le Luxembourg (13,7 kW/km<sup>2</sup>)<sup>55</sup>.

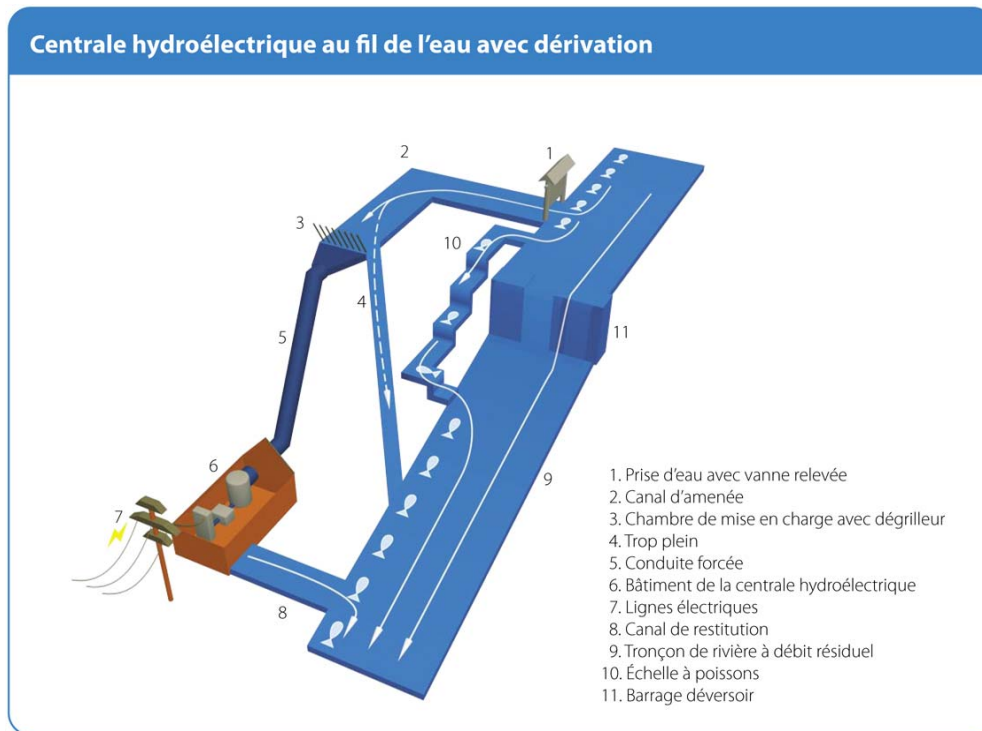
### **3.2.2. Centrales hydroélectriques**

Tout comme les éoliennes, les centrales hydroélectriques produisent de l'électricité qu'elles injectent sur le réseau électrique auquel sont connectés les consommateurs.

D'un point de vue technique, les pales de la turbine transforment l'énergie du flux d'eau en une énergie mécanique de rotation. Celle-ci actionne l'axe d'une génératrice électrique et, comme c'est le cas avec la dynamo d'un vélo par exemple, le mouvement tournant du rotor crée un couple électromagnétique, qui produit de l'électricité.

Le parc hydroélectrique existant en Région wallonne est essentiellement composé de centrales au fil de l'eau, c'est-à-dire sans réservoir d'accumulation d'eau (barrage créant un lac artificiel). Il n'a donc pas engendré la création de lacs de retenue de grandes dimensions.

<sup>55</sup> Source : Le baromètre éolien – janv-févr 2006 - EurObserv'ER – [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)



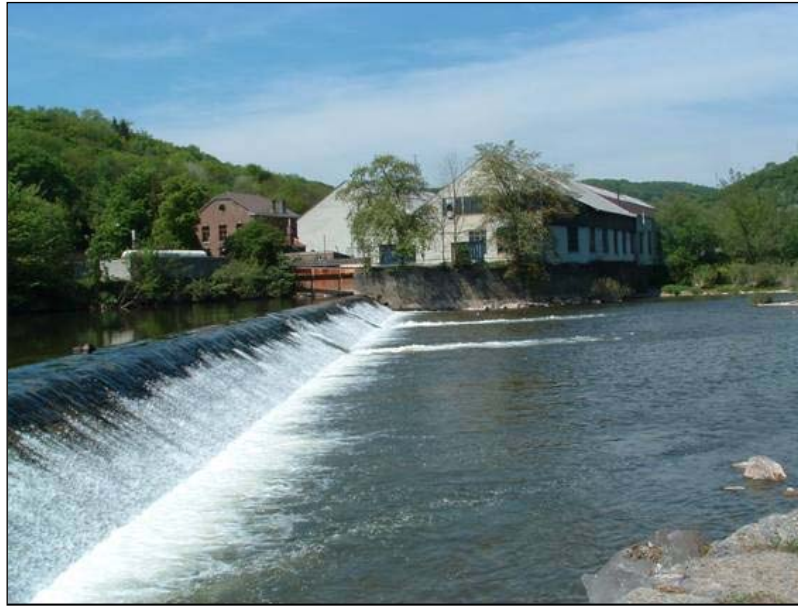
*Figure : Centrale au fil de l'eau (source : MRW-DGRNE)*

<b>Centrales hydroélectriques en Wallonie certifiées par la CWaPE, juin 2005</b>		
<b>Sous-bassin</b>	<b>Puissance (kW)</b>	<b>Nombre</b>
Amblève	20.697	12
Vesdre	2.450	8
Lesse	671	8
Meuse aval	74.296	7
Sambre	3.513	4
Ourthe	1.379	4
Semois-Chiers	2.038	3
Senne	2.400	1
Moselle	169	1
<b>Total</b>	<b>107.613</b>	<b>48</b>

*Tableau : Centrales hydroélectriques certifiées en Région wallonne (situation en juin 2005) (Source : CWaPE)*

En juin 2005, on dénombrait 48 centrales hydroélectriques installées le long des cours d'eau en Région wallonne, pour une puissance installée d'un peu plus de 107 MW<sup>56</sup>. La production électrique annuelle dépend du régime des pluies ; la moyenne annuelle au cours des 5 dernières années a été de 360 GWh.

<sup>56</sup> « Centrales hydroélectriques en Wallonie » Renouveau n°13, page 32



*Figure : Centrale hydroélectrique – Merytherm (Ourthe) (source : APERE<sup>©</sup>)*

L'activité hydroélectrique constitue une ressource énergétique renouvelable, qui contribue donc à réduire la pollution liée aux sources d'énergie fossiles<sup>57</sup> (notamment l'effet de serre), tout en présentant un intérêt socio-économique pour la production d'électricité. Par ailleurs, l'impact de l'hydroélectricité sur l'environnement local (eaux de surface) peut être fortement réduit par la mise en place d'aménagements spécifiques (échelles à poissons, grilles de protection) ainsi que par le respect des règles d'exploitation (débit réservé à la rivière)<sup>58</sup>.

Ces 5 dernières années, le parc hydroélectrique wallon a permis de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 165.000 tonnes en moyenne, par rapport à une centrale électrique de référence<sup>59</sup>.

	<b>Hydro (GWh)</b>	<b>CO<sub>2</sub> évité (tonnes)</b>
<b>1990</b>	<b>263,1</b>	119.974
<b>1991</b>	<b>226,1</b>	103.102
<b>1992</b>	<b>337,8</b>	154.037
<b>1993</b>	<b>251,0</b>	114.456
<b>1994</b>	<b>343,0</b>	156.408
<b>1995</b>	<b>333,4</b>	152.030
<b>1996</b>	<b>234,3</b>	106.841
<b>1997</b>	<b>301,5</b>	137.484
<b>1998</b>	<b>384,3</b>	175.241
<b>1999</b>	<b>337,4</b>	153.854
<b>2000</b>	<b>454,1</b>	207.070
<b>2001</b>	<b>433,6</b>	197.722
<b>2002</b>	<b>353,1</b>	161.014
<b>2003</b>	<b>240,5</b>	109.668
<b>2004</b>	<b>308,0</b>	140.448

*Tableau : Production d'électricité d'origine hydroélectrique en Région wallonne, et émissions de CO<sub>2</sub> évitées correspondantes (Source : Bilans énergétiques pour la Région wallonne – ICEDD pour la DGTRE)*

<sup>57</sup> Voir problématique spécifique (Combustibles fossiles)

<sup>58</sup> Voir problématique spécifique (Eaux de surface)

<sup>59</sup> Voir plus haut, les calculs des économies de CO<sub>2</sub> dans le cas de l'électricité d'origine éolienne

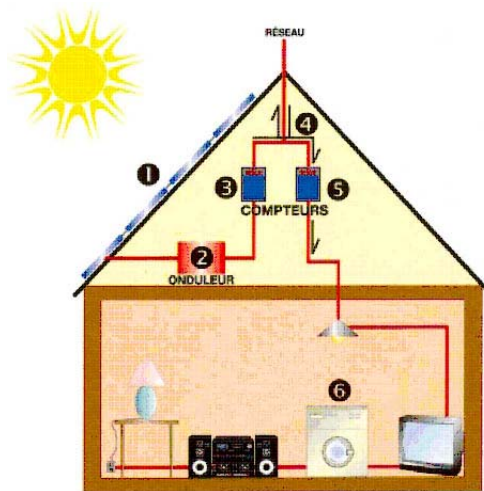
Les perspectives de développement de l'énergie hydroélectrique visent à une meilleure exploitation des ressources renouvelables régionales par l'équipement de nouveaux sites, mais aussi par le maintien et l'amélioration de la productivité de sites existants. Ce dernier aspect est notamment favorisé par la mise en place du marché des certificats verts, qui constitue un incitant économique efficace pour faciliter les investissements dans des travaux améliorant la productivité des sites (voir plus haut).

Sans que de nouveaux barrages de retenue soient construits, de nouvelles centrales hydroélectriques au fil de l'eau pourraient voir le jour sur des anciens sites à vocation hydroénergétique (comme les moulins à eau par exemple) ou à hauteur d'ouvrages hydrauliques non encore équipés de turbines (écluses de la Haute Meuse et de la Sambre). La Région wallonne pourrait de cette façon disposer d'un parc hydroélectrique d'une centaine de centrales, pour une puissance installée globale de 150 MW<sup>60</sup> et une production annuelle de 400 à 700 GWh<sup>61</sup>.

Selon EurObserv'ER<sup>62</sup>, fin 2004, la capacité des microcentrales (<10 MW) de ce type installées dans l'Union Européenne était estimée à 11 598 MW. L'objectif européen exprimé par le Livre blanc de la Commission<sup>63</sup> est de 14 000 MW en 2010.

### 3.2.3. Systèmes solaires photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques transforment directement la lumière du soleil en électricité, et ce silencieusement et sans pièce mécanique en mouvement. Ils peuvent ainsi alimenter de petits équipements portables (montres, calculatrices, ...), des applications en site isolé (habitations éloignées du réseau électrique, appareils isolés à faible consommation<sup>64</sup>), ou être raccordées au réseau électrique. En Europe, 95% de la puissance installée est raccordée au réseau électrique<sup>65</sup>, c'est-à-dire que la production est fournie au réseau électrique et ensuite consommée par les équipements qui y sont connectés.



*Figure : Schéma d'un système PV dans une habitation*

<sup>60</sup> Selon les estimations de l'APERe

<sup>61</sup> Selon le Facilitateur hydroénergie de la Région wallonne. La fourchette de valeurs est liée à la prise en compte des variations annuelles du régime des pluies.

<sup>62</sup> Le baromètre européen des énergies renouvelables – 5<sup>ème</sup> bilan – Décembre 2005 – EurObserv'ER – [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)

<sup>63</sup> Commission Européenne – Livre Blanc relatif aux sources d'énergies renouvelables » - Com (97) 599

<sup>64</sup> Par exemple : parcmètres, bornes lumineuses le long des routes ou chemins, équipements télécom, appareils d'aération pour plan d'eau ...

<sup>65</sup> Source : Le baromètre photovoltaïque – Avril 2006 - EurObserv'ER – [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)

Un système photovoltaïque se compose de modules (capteurs solaires formés de cellules photovoltaïques) et, selon les applications, d'un ensemble d'appareils électroniques pour le stockage de l'énergie (batteries), la conversion de l'électricité (onduleur)<sup>66</sup>, la protection ou le contrôle des différents éléments (régulateurs et adaptateurs de charge) et le comptage de l'électricité produite (compteur électrique).

La simplicité de l'installation, la facilité d'exploitation et le caractère silencieux de la production électrique sont des atouts considérables pour des applications dans le bâtiment.

Les cellules solaires utilisent une caractéristique physique des matériaux semi-conducteurs comme le silicium cristallin. Elles transforment l'énergie solaire en un courant électrique continu<sup>67</sup>. Celui-ci est soit stocké dans des batteries, soit consommé tel quel, soit transformé en courant alternatif avant d'être consommé ou injecté dans le réseau.

Dans les conditions d'ensoleillement rencontrées en Région wallonne, les systèmes photovoltaïques au silicium cristallin raccordés au réseau (capteur solaire + onduleur) ont une productivité moyenne de 800 kWh/kWc, soit environ 100 kWh/m<sup>2</sup>. Le coût des systèmes se situe entre 5 et 7,5 €/Wc. Dans ces conditions, sur base d'un emprunt avec un taux d'intérêt de 4 %, pas de prime et une durée de vie de 30 ans, le prix de revient du kWh électrique se situe entre 34 et 51 c€/kWh<sup>68</sup>.

Le **Wc** est l'unité de puissance électrique d'un module photovoltaïque lorsqu'il est soumis à un ensoleillement standard équivalent à celui d'un ciel serein dont le rayonnement est perpendiculaire à la surface du capteur. En d'autres termes, un module d'une puissance de 80 Wc peut produire un courant électrique de 80 W quand il est placé face au soleil en condition de ciel serein.

Bien qu'actuellement, la production d'électricité photovoltaïque soit quasiment absente des statistiques énergétiques en Région wallonne, le potentiel de développement de ces systèmes sur les toitures libres est considérable. Il s'agit d'une technologie qui permet de produire de l'électricité sans impact environnemental négatif local. Son impact sur l'environnement résulte de son mode de production, à savoir l'énergie de fabrication et les matériaux et produits utilisés. Un système photovoltaïque placé sur une toiture en Région wallonne rembourse sa dette énergétique<sup>69</sup> en 3,2 ans de fonctionnement<sup>70</sup>. D'autre part, les modules photovoltaïques au silicium utilisent des matériaux sans conséquence sur la santé ni l'environnement<sup>71</sup>.

Ces 10 dernières années, à l'échelle mondiale, le taux de croissance moyen annuel de fabrication de cellules photovoltaïques a été de 35,5 %. Les industries les plus actives dans ce secteur étaient japonaises (48 %), européennes (26 %, principalement allemandes), chinoises (12 %) et américaines (9 %).

Fin 2005, la puissance installée en Europe-25 a atteint 1,8 GWc<sup>72</sup>, ce qui correspond à une surface installée de 18 km<sup>2</sup>. L'Allemagne est sans conteste le marché d'installation le plus développé, avec 80 % de la surface totale installée en Europe, mais en terme d'installation par habitant, le pays leader est le Luxembourg, qui dispose de 52 Wc/hab, suivi de l'Allemagne (19 Wc/hab).

<sup>66</sup> L'onduleur transforme la production en courant continu des modules photovoltaïques en courant alternatif

<sup>67</sup> Les cellules au silicium cristallin, qui représentent 95 % du marché, ont généralement des rendements de conversion (lumière -> électricité) qui atteignent 16 %, voire 25 % en laboratoire

<sup>68</sup> Renouvelable n°15 page 17 – 1 TRIM 2006

<sup>69</sup> Il s'agit de l'énergie qui a été utilisée pour la fabrication des capteurs

<sup>70</sup> Component assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities" – April 2006 – EPIA – [www.epia.org](http://www.epia.org) et [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)

<sup>71</sup> Des nouvelles technologies sont à l'étude, notamment dans le domaine des cellules à couches minces dont l'impact environnemental doit être estimé au cas par cas

<sup>72</sup> Source : Le baromètre photovoltaïque – Avril 2006 - EurObserv'ER – [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)



### **3.2.4. Utilisation du bois pour produire de l'énergie**

#### **Introduction**

Il existe de nombreuses sources de biomasse ligneuse en Région wallonne. Une partie seulement est utilisée, que ce soit en valorisation matière (constructions en bois, fabrication de panneaux de particules ...) ou pour la production d'énergie (chaleur et/ou électricité). Le bois est utilisé de façon traditionnelle dans des systèmes de chauffage central à bûches, des poêles à bûches ou des feux ouverts, mais des appareils modernes de chauffage au bois font également progressivement leur apparition sur le marché (chaudières à alimentation automatique, poêles à pellets ...). Le bois joue par ailleurs un rôle important dans le secteur industriel, que ce soit dans le domaine de la filière bois<sup>73</sup> ou dans d'autres secteurs d'activités.

L'utilisation du bois comme source d'énergie permet de valoriser une ressource locale, renouvelable de surcroît. Par ailleurs, c'est surtout l'emploi local qui est mis à contribution pour produire ce type de combustible (bûches, bois déchiqueté, granulés de bois).

#### **Situation en Région wallonne**

A l'heure actuelle, plusieurs dizaines d'entreprises ont installé des systèmes bois-énergie en Région wallonne. A l'origine, les premières réalisations ont assez logiquement vu le jour dans les entreprises de la filière bois, qui ont été confrontées à un double problème : d'une part l'obligation de se défaire de quantités importantes de produits connexes résultant de la fabrication des produits finis (sciures, écorces, chutes diverses) et, d'autre part, une hausse des factures énergétiques, liée entre autres à l'augmentation des prix des combustibles fossiles. Dans ce contexte, les systèmes bois-énergie ont permis de valoriser un "déchet"<sup>74</sup>, tout en diminuant la facture énergétique et en réduisant les impacts sur l'environnement (les émissions de CO<sub>2</sub> notamment). Dans certains cas, les ressources propres en bois des entreprises leur permettent d'être autosuffisantes en termes de production d'énergie ; dans d'autres cas, il est nécessaire de trouver un complément ailleurs, ou au contraire, de trouver un débouché pour les excédents. Un des plus grands producteurs d'électricité verte à partir de biomasse est la Cellulose des Ardennes (Harnoncourt).

Une autre utilisation possible du bois-énergie est la mise en œuvre de petits réseaux de chaleur, alimentés par une chaudière automatique au bois, en milieu rural. Plusieurs projets sont actuellement à l'étude, et certains d'entre eux devraient bientôt se concrétiser. A titre d'exemple, on peut citer les communes de Tenneville, Hotton, Sivry ou Gedinne, dont les projets vont bientôt aboutir. D'autres réalisations – hors réseau de chaleur – sont déjà fonctionnelles dans le domaine public, comme à Chimay (école, piscine, hall sportif) ou Amblève (école).

Le développement des systèmes bois-énergie a également engendré une certaine activité dans le domaine de la préparation du combustible. Des petites entreprises se positionnent notamment en tant que producteurs de plaquettes ou de granulés de bois. A noter qu'il s'agit là de la valorisation d'un produit local, constitué de bois ou de produits connexes qui n'ont pas d'autres utilisations rentables<sup>75</sup>.

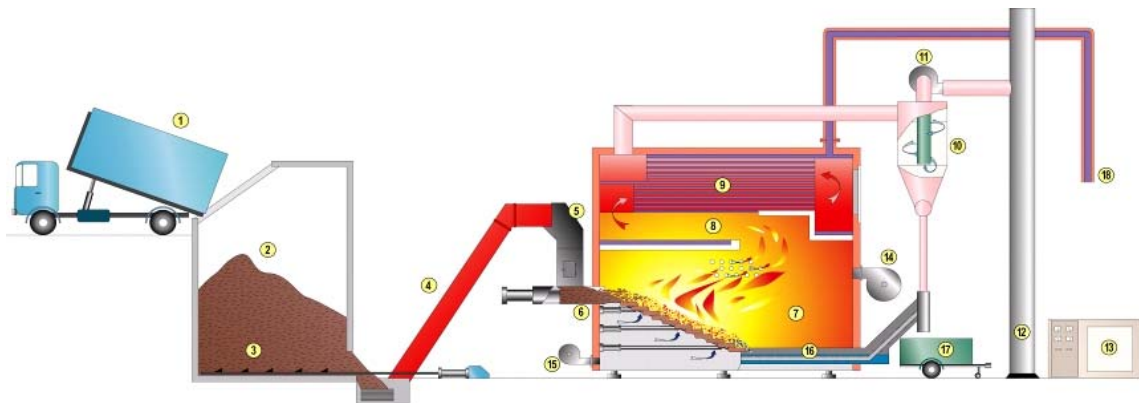
Du côté des ménages, l'augmentation récente des prix des produits pétroliers et leur maintien à des niveaux assez élevés ont provoqué un regain d'intérêt pour le chauffage au

<sup>73</sup> Classiquement, la filière bois regroupe l'ensemble des activités liées à la transformation du bois. Le point de départ de cette filière est l'arbre sur pied, le dernier maillon étant le produit fini (planche, porte, panneau, papier ...). Plusieurs entreprises de cette filière ont déjà installé des systèmes de valorisation énergétique (chaudière, gazogène...) leur permettant d'utiliser comme combustible les sous-produits de leur activité (chutes de bois, plaquettes, sciure ...) pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité.

<sup>74</sup> Plutôt que le terme « déchet », on préfère utiliser le vocable « produits connexes »

<sup>75</sup> De très gros projets utilisant des quantités importantes de biomasse ligneuse (plaquettes, sciures ...) pourraient cependant avoir un impact négatif sur les utilisations matière de ces produits (panneaux, pâte à papier)

bois. Outre les moyens traditionnels (comme les poêles à bûches), les nouveaux types d'appareils connaissent un grand succès, particulièrement les systèmes automatiques alimentés par des granulés de bois. A titre indicatif, le nombre de poêles à pellets utilisés en Région wallonne est passé d'environ 320 unités fin 2004 à plus de 1 600 fin 2005. Sur la même période, le nombre de chaudières à pellets est passé de 60 à 270<sup>76</sup>. Dans ce cas, c'est surtout le confort d'utilisation et la grande autonomie qui guident le candidat investisseur. Le prix d'achat reste par contre encore élevé par rapport aux chaudières alimentées au gaz ou au mazout, même si des appareils moins coûteux, dont certains modèles sont fabriqués en Région wallonne, font progressivement leur apparition sur le marché. Le secteur du logement (immeubles à appartements, par exemple), enfin, semble réunir de bonnes conditions pour la mise en place d'un système de chauffage au bois (niveau de consommation élevé, espace disponible). Plusieurs réalisations sont d'ores et déjà fonctionnelles.



**Figure :** Schéma de principe d'une chaudière bois à alimentation automatique en milieu industriel (source : ITEBE)

Nos 1 à 6 : stockage du combustible (plaquettes) et système d'alimentation automatique  
Nos 7 à 18 : chaudière et périphériques (système de traitement des fumées, collecte des cendres, ...)



**Figure :** Chaudière bois dans une menuiserie (150 kW) (source : ValBiom)

<sup>76</sup> D'après une enquête menée par ValBiom



## Ressources en bois et objectifs du Plan wallon pour la Maîtrise durable de l'énergie

Dans l'état actuel des connaissances, il semble que les ressources ligneuses wallonnes ne soient pas suffisantes pour atteindre les objectifs du Plan wallon pour la Maîtrise durable de l'énergie relatifs à la production de chaleur et d'électricité à partir de biomasse. Même si le bois n'est pas la seule source possible de biomasse, c'est actuellement lui qui représente la plus grande part de la biomasse utilisée à des fins énergétiques. Pour atteindre les objectifs fixés par le Plan, plusieurs solutions sont envisageables : recours accru aux cultures énergétiques (ligneuses ou non), amélioration du rendement des appareils de conversion énergétique (chaleur et/ou électricité), augmentation du potentiel mobilisable (mise en place de techniques permettant de mieux récolter les résidus d'exploitation forestière<sup>77</sup> ou les produits de taille d'entretien des bords de route, par exemple).

### Le bois-énergie en Europe

D'après le dernier Baromètre du bois-énergie<sup>78</sup>, le volume de bois disponible pour la filière bois-énergie à l'échelle européenne était équivalent à 55,4 millions de tep<sup>79</sup> en 2004. La part du bois-énergie dans la consommation totale d'énergie primaire à l'échelle européenne (UE-25) était de 3,2 % en 2004 (contre 3 % en 2003). L'utilisation du bois-énergie est généralement plus importante dans les grands pays forestiers (Suède, Finlande ou Autriche par exemple), ainsi que dans les régions boisées d'autres pays. A titre indicatif, on notera que, en 2004, la consommation d'énergie primaire provenant du bois-énergie était évaluée à 0,04 tep par habitant pour la Belgique, contre 0,15 pour la France et 1,39 pour la Finlande. La moyenne européenne (25 pays) se situe à 0,12 tep par habitant.

#### 3.2.5. La biométhanisation

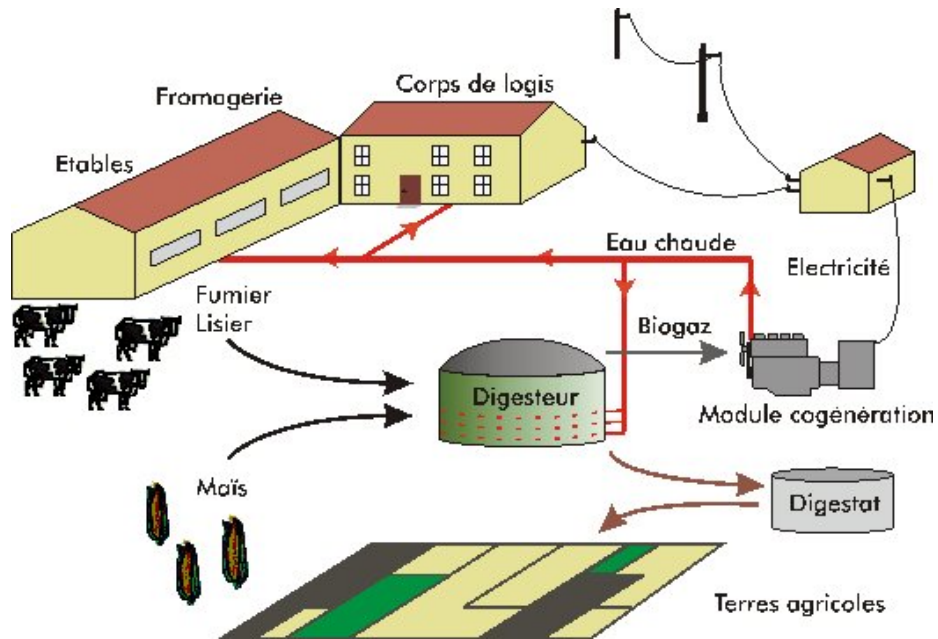
La biométhanisation est un processus de dégradation de la matière organique qui se produit en absence d'oxygène (milieu anaérobie) et à l'abri de la lumière. Grâce à l'action combinée de micro-organismes, la matière subit une série de transformations successives conduisant à la production d'un gaz riche en méthane (CH<sub>4</sub>), appelé « biogaz ». La teneur en méthane dépend du type de matière que l'on incorpore dans le digesteur.

La matière organique valorisable par biométhanisation peut avoir plusieurs origines, les principales étant les co-produits des industries agro-alimentaires, la fraction organique des déchets ménagers, les boues de stations d'épuration, les fumiers et lisiers. On peut également ajouter du maïs (ou d'autres éléments issus de cultures énergétiques) pour augmenter la quantité de biogaz produit dans l'unité. Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'unités de biométhanisation, on peut également récupérer les gaz provenant de la décomposition des ordures ménagères placées en décharge.

<sup>77</sup> Dans ce cas, il faudra cependant veiller à éviter l'appauvrissement des sols forestiers en assurant le retour, via les litières, des organes les plus jeunes (rameaux, feuilles, aiguilles ...) riches en nutriments

<sup>78</sup> Systèmes solaires n°169, octobre 2005

<sup>79</sup> tep = tonne équivalent pétrole (voir plus haut)



*Figure : Schéma de fonctionnement d'une unité de biométhanisation (source : ValBiom)*



*Figure : L'unité de biométhanisation de la ferme du Faascht (Attart) (source : ValBiom)*

De manière simplifiée, on peut considérer que la majorité des installations de biométhanisation sont constituées des éléments suivants :

- une préfosse de stockage (mélange éventuel de différents substrats) ;
- un digesteur où a lieu la fermentation anaérobie. Il est équipé d'une trappe d'alimentation pour l'incorporation des substrats solides, d'un système de brassage pour homogénéiser le produit, d'un système de chauffage et d'un système d'évacuation du digestat ;
- un réservoir pour stocker le biogaz ;
- une cuve de stockage final pour stocker le digestat ;
- un local technique insonorisé pour le module de cogénération (moteur), qui produit de l'électricité à partir du biogaz.

Le biogaz produit peut être valorisé de diverses manières : production de chaleur (valorisation thermique), production d'électricité, combinée ou non à la production de chaleur (dans ce dernier cas, on parle de cogénération<sup>80</sup>). A titre indicatif, le biogaz peut également être valorisé sous forme de biocarburants<sup>81</sup>, ou encore être injecté dans les réseaux de distribution de gaz naturel (aux Pays-Bas, par exemple). Le produit résiduel de la biométhanisation, le digestat, peut être valorisé comme amendement organique sur les terres agricoles.

Parmi les avantages de la biométhanisation, on retiendra la réduction des émissions de gaz à effet de serre<sup>82</sup> (le méthane notamment), la diminution des nuisances olfactives (par rapport à un simple stockage des effluents d'élevage par exemple), l'amélioration de la valeur agronomique de la biomasse agricole par son passage dans le digesteur (le traitement par digestion anaérobie d'un effluent d'élevage permet de réduire sensiblement sa charge polluante et donc aussi les risques de pollution lors de son rejet en milieu naturel)<sup>83</sup>, la valorisation de la fraction organique des déchets ménagers ...

En Région wallonne, les installations de biométhanisation, relativement peu nombreuses par rapport à certains autres pays européens, se retrouvent principalement dans les centres d'enfouissement technique (CET), les stations d'épuration, les industries agro-alimentaires, et le secteur de l'agriculture. D'après la CWaPE<sup>84</sup>, les différentes installations fournissaient fin mai 2006 une puissance électrique totale d'environ 30 MWe.

D'après le dernier Baromètre du biogaz<sup>85</sup>, la production brute de biogaz en Europe (25 pays) était de 4,3 millions de tep en 2004, contre 3,9 millions en 2003. En 2004, la production d'électricité à partir de biogaz représentait les 3/4 de la production totale d'énergie à partir de biogaz. Il apparaît cependant que seulement un peu plus de la moitié du biogaz produit en Europe est valorisée, le reste étant brûlé en torchère. La Grande-Bretagne et l'Allemagne sont les plus gros producteurs d'électricité et de chaleur à partir de biogaz.

### **3.2.6. Systèmes solaires thermiques (chauffe eau solaires)**

Les capteurs solaires thermiques utilisent directement l'énergie solaire pour chauffer de l'eau. En Région wallonne, le solaire thermique est utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire (chauffe-eau solaire) et pour le chauffage des habitations<sup>86</sup>. Les rendements de conversion des capteurs solaires varient entre 0 et 90 %, selon les conditions de fonctionnement (température extérieure, température de l'eau et irradiation solaire). Sous le climat de la Belgique et avec des systèmes bien dimensionnés, la productivité moyenne est de l'ordre de 390 kWh/m<sup>2</sup>. Le prix de revient du kWh thermique se situe aux environs de 4 c€/kWh<sup>87</sup> (en tenant compte des primes<sup>88</sup> et de la réduction d'impôt<sup>89</sup> accessibles à l'heure actuelle).

<sup>80</sup> Voir chapitre spécifique (Cogénération)

<sup>81</sup> Des expériences sont actuellement menées dans ce sens en France et en Suède, notamment

<sup>82</sup> Lorsque la matière organique se décompose, elle émet notamment de grandes quantités de méthane, gaz ayant un effet de serre encore plus important que le CO<sub>2</sub>. La valorisation de ce gaz pour produire de l'énergie permet non seulement d'éviter son émission « incontrôlée » dans l'atmosphère, mais aussi de l'utiliser à la place d'une source fossile d'énergie.

<sup>83</sup> A titre informatif, on notera également que l'azote des effluents d'élevage change de forme pendant le processus de biométhanisation : présent sous forme d'azote organique dans les déjections fraîches, il se retrouve sous forme d'ion ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans l'effluent. L'ammonium est une forme d'azote plus facilement assimilable par les plantes mais il est très volatil. Dans la mesure du possible, on veillera donc à couvrir la fosse de stockage des effluents méthanisés, et à enfouir rapidement le biodigestat après l'épandage au champ.

<sup>84</sup> [www.cwape.be](http://www.cwape.be), consulté le 12.06.2006

<sup>85</sup> Systèmes solaires n°167, juin 2005

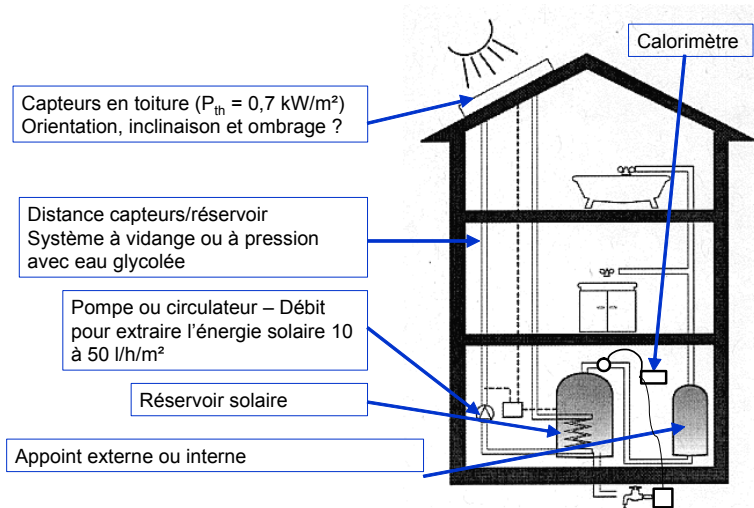
<sup>86</sup> Dans ce cas, uniquement avec un système de distribution de la chaleur basse température

<sup>87</sup> Source : Renouveau n° 16, revue trimestrielle

<sup>88</sup> Pour les renseignements sur les primes : <http://energie.wallonie.be/xml/doc.html?IDD=5352>

<sup>89</sup> Pour les renseignements sur la réduction d'impôt :

[http://mineco.fgov.be/energy/rational\\_energy\\_use/tax\\_reductions/home\\_fr.htm](http://mineco.fgov.be/energy/rational_energy_use/tax_reductions/home_fr.htm)



*Figure : Schéma d'un CES installé dans une habitation (source : APERE<sup>©</sup>)*



*Figure : Photo d'un CES en cours d'installation en toiture (16 m<sup>2</sup>) (source : APERE<sup>©</sup>)*

En 2003 et 2004, entre 5 000 et 6 000 m<sup>2</sup> de capteurs solaires ont été installés annuellement. L'équipement standard pour la production de l'eau chaude sanitaire d'un ménage<sup>90</sup> se compose d'une surface de 4 à 7 m<sup>2</sup> de capteurs et d'un réservoir solaire de 200 à 500 litres. Certains équipements de plus grandes dimensions peuvent aussi être installés pour le chauffage du bâtiment lui-même.

Fin 2004, la surface totale de capteurs solaires thermiques installée en Région wallonne était d'environ 27 440 m<sup>2</sup><sup>91</sup>. La chaleur produite correspondante est estimée à 10 934 MWh/an<sup>92</sup>, et les émissions de CO<sub>2</sub> évitées de 3 050 à 3 720 tCO<sub>2</sub>/an<sup>93</sup>.

<sup>90</sup> 2 à 6 personnes

<sup>91</sup> Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables – MRW DGTRE, mars 2006

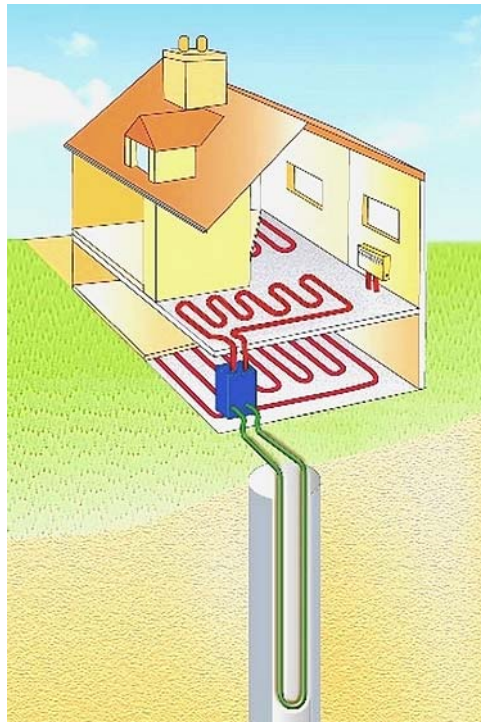
<sup>92</sup> 390 kWh/m<sup>2</sup> pour une année moyenne de 980 kWh/m<sup>2</sup> d'irradiation solaire. Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables du MRW – p19

Avec une progression annuelle (données 2004) de 1,7 millions m<sup>2</sup>/an, l'UE-25 disposait fin 2004 d'une surface installée de 15,4 millions de m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques. Ce parc équivaut à une puissance thermique installée de 10 753 MW<sup>94</sup>. L'objectif européen fixé par le Livre Blanc<sup>95</sup> à l'Horizon 2010 est quant à lui de 100 millions de m<sup>2</sup> (70 000 MW)<sup>96</sup>.

En comparant les surfaces installées par rapport au nombre d'habitants, les pays les mieux équipés sont Chypre (582,4 m<sup>2</sup>/1000 hab), l'Autriche (297 m<sup>2</sup>/1000 hab), la Grèce (264 m<sup>2</sup>/1000 hab), l'Allemagne (74,8 m<sup>2</sup>/1000 hab) et le Danemark (60,8 m<sup>2</sup>/1000 hab). Par comparaison, la densité en Région wallonne est de 7,9 m<sup>2</sup>/ 1000 hab.

### 3.2.7. Pompes à chaleur

Une pompe à chaleur (PAC) est une machine thermodynamique destinée à assurer le chauffage d'un local à partir d'une source de chaleur externe dont la température est inférieure à celle du local à chauffer. Il s'agit donc d'un système qui transfère des calories d'un milieu à bas niveau de température vers un milieu à niveau de température plus élevé. Pour ce faire, la PAC utilise généralement un cycle frigorifique à compression, qui nécessite donc une consommation d'électricité.



*Figure : Schéma d'une PAC qui prélève les calories dans un puits vertical dans le sol*

Les PAC sont considérées comme une technologie « énergie renouvelable » dans la mesure où les calories produites sont issues de la chaleur naturelle de l'air, de l'eau (étang, nappe phréatique) ou du sol (échangeur horizontal ou puits vertical). Ces calories proviennent indirectement du rayonnement solaire, source renouvelable.

<sup>93</sup> La référence est soit une chaudière au gaz naturel de 90% de rendement (279 kgCO<sub>2</sub>/MWh), soit une chaudière au mazout de 90% de rendement (340 kgCO<sub>2</sub>/MWh) (références utilisées par la CWaPE pour le régime des certificats verts (juin 2003), [www.cwape.be](http://www.cwape.be))

<sup>94</sup> L'IEA-SHC (International Energy Agency – Solar Heating and Cooling Program) donne le facteur de conversion 0,7 kW<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>

<sup>95</sup> Commission Européenne – Livre Blanc relatif aux sources d'énergies renouvelables » - Com (97) 599

<sup>96</sup> Source : Le baromètre solaire thermique– Août 2005 - EurObserv'ER – [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)



L'avantage énergétique net dépend néanmoins de la consommation électrique associée<sup>97</sup>. Celui-ci est caractérisé par un coefficient de performance (COP). Le COP correspond au rapport entre la chaleur fournie et l'énergie électrique consommée. Il dépend de l'équipement (localisation et performances des échangeurs de chaleur, compresseur) et de ses conditions d'utilisation (températures de la source et du milieu à chauffer). Comme le COP dépend de la différence de température entre la source et le milieu à chauffer, il varie selon les saisons d'autant plus que la température de la source varie. On considère généralement que le système n'est énergétiquement intéressant que si le COP annuel est supérieur à trois<sup>98</sup>.

En 2004 en Région wallonne, on estime le parc installé dans les secteurs résidentiel et tertiaire à un millier de PAC. Le gain énergétique correspondant est estimé à 12,9 GWh<sup>99</sup>, ce qui permet une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 3600 à 4400 tCO<sub>2</sub>/an<sup>100</sup>.

D'après EurObserv'ER, la puissance totale cumulée en 2003 en Europe (UE-25) des pompes à chaleur représente 4 531 MWth. Les pays les mieux équipés sont la Suède (1 700 MWth), l'Allemagne (633 MWth), l'Autriche (611 MWth) et la France (549 MWth)<sup>101</sup>.

---

<sup>97</sup> Et du rendement de conversion des centrales électriques conventionnelles.

<sup>98</sup> Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables du MRW – p25

<sup>99</sup> Bilan énergétique wallon 2004 – Energies renouvelables du MRW – p25

<sup>100</sup> La référence est soit une chaudière au gaz naturel de 90% de rendement (279 kgCO<sub>2</sub>/MWh), soit une chaudière au mazout de 90% de rendement (340 kgCO<sub>2</sub>/MWh). Selon les références utilisées par la CWaPE pour le régime des certificats verts (juin 2003). ([www.cwape.be](http://www.cwape.be))

<sup>101</sup> Le baromètre européen des énergies renouvelables – 5<sup>ème</sup> bilan – Décembre 2005 – EurObserv'ER – [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)

#### 4. Mécanismes de soutien, Facilitateurs et Guichets de l'énergie

Le Plan wallon pour la Maîtrise durable de l'Energie (PMDE)<sup>102</sup> définit deux piliers d'actions : réduire la consommation finale (CF) d'énergie, et augmenter la contribution relative des énergies renouvelables et de la cogénération de qualité dans le bilan énergétique. Selon ce plan, il est possible de réduire la CF d'énergie de 9 % à l'horizon 2010, par rapport à un scénario à politique inchangée.

Les leviers mis en œuvre sont la sensibilisation des acteurs, la formation, la réglementation, des mécanismes financiers (par exemple les primes, mais aussi les aides à l'investissement et le marché des certificats verts) et l'accompagnement par des « Facilitateurs ». Ces derniers sont spécialisés dans différentes filières (bois-énergie, biocarburant, biométhanisation, éolien, hydroénergie, cogénération) et différents secteurs (tertiaire, industrie). Leur rôle est de sensibiliser le public et de conseiller les porteurs de projets dans leurs démarches. Ils doivent attirer l'attention de l'Administration sur les problèmes qu'ils rencontrent et qui sont de nature à freiner le développement de la filière dans laquelle ils sont impliqués. A noter qu'un programme spécifique (Soltherm) a été mis en œuvre pour encadrer le développement du marché des chauffe-eau solaires.

Dans l'industrie, des accords de branche visant la réduction des consommations d'énergie ont par ailleurs été signés entre les fédérations industrielles et la Région wallonne<sup>103</sup>.

De leur côté, les Guichets de l'énergie sont un service d'information destiné à conseiller les particuliers sur tout ce qui concerne l'énergie dans le logement : rénover ou construire, isoler, se chauffer, s'éclairer, choisir un appareil électroménager, combattre la condensation, profiter des énergies renouvelables<sup>104</sup>.

---

<sup>102</sup> Présenté au Gouvernement wallon le 18 décembre 2003 - <http://energie.wallonie.be/xml/doc.html?IDD=6921>

<sup>103</sup> <http://energie.wallonie.be/xml/doc-IDD-7781-.html>

<sup>104</sup> Dépliant de présentation du réseau des Guichets de l'énergie + leurs coordonnées complètes sur <http://energie.wallonie.be/xml/doc.html?IDD=6817>