

Université Libre de Bruxelles

IGEAT

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

* * *

Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

**ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET
GÉOSTRATÉGIQUE DE L'IMPORTATION DU BOIS ÉNERGIE EN WALLONIE**

Travail de Fin d'Etudes présenté par
Thomas STORME
en vue de l'obtention du grade académique de
Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année Académique : 2004-2005

Directeurs : M. Walter Hecq et M. Michel Huart

Nous remercions Messieurs Michel Huart et Walter Hecq, professeurs au DES en Gestion de l'Environnement, d'avoir accepté de diriger ce mémoire et pour leur aide dans sa réalisation. Nos remerciements vont également au facilitateur bois énergie en région wallonne, Monsieur Didier Marchal, et à toutes les personnes qui ont accepté de répondre à nos questions. Enfin nous remercions notre famille qui nous a soutenu tout au long de la réalisation.

PARTIE 1 Titre du mémoire :

Analyse socio-économique, environnementale et géostratégique de l'importation du bois-énergie en Wallonie.

Objectif :

L'objectif du travail est d'évaluer les critères d'acceptation pour un acteur économique ou public wallon de recourir à l'importation de bois énergie. Nous nous sommes limités à étudier les étapes de la filière d'approvisionnement de granulés de bois, de la gestion des forêts à leur distribution. La conversion du combustible en énergie utile ne fait pas partie du sujet.

Résumé :

La croissance effrénée de l'offre de combustibles fossiles, pour répondre à la demande mondiale toujours croissante en énergie, engendre une série de problèmes socio-économiques, géostratégiques et environnementaux. Dans ce cadre, la Wallonie a adopté un « Plan pour la maîtrise durable de l'énergie », qui prévoit des objectifs et des incitants importants pour favoriser les énergies renouvelables et limiter les émissions de gaz à effet de serre. Le bois énergie et les granulés de bois ont un potentiel important pour répondre à ces objectifs. Les granulés de bois, ont une densité énergétique intéressante et des caractéristiques rendant leur utilisation et leur transport aisé. Leur commerce connaît un essor considérable et leurs échanges internationaux s'accroissent.

En Wallonie, les incitants mentionnés rendent l'importation de granulés économiquement viable pour la production d'électricité, même sur de longues distances. C'est moins le cas pour la production de chaleur où les prix sont compétitifs, mais où les investissements nécessaires restent trop élevés.

Les critères géostratégiques nous permettent de conclure que l'importation de granulés permettrait à la Wallonie de diversifier ses sources d'énergies et d'améliorer sa situation dans ce domaine.

Au niveau social, les échanges de granulés profiteront davantage au pays exportateur en matière de création d'emploi. Par ailleurs, il convient d'être attentif aux risques sociaux qu'ils peuvent engendrer : accidents, droits fondamentaux des travailleurs bafoués etc.

Les avantages des granulés au niveau des émissions de gaz à effet de serre sont confirmés, même pour des transports longue distance. Toutefois, l'importation pourrait être contre-indiquée lorsqu'il est globalement plus intéressant de produire de l'énergie dans le pays exportateur.

Lorsque les granulés sont faits à partir de rémanents forestiers il y a également un risque de dégradation des forêts. Malgré l'existence d'outils de certification, il convient de contrôler l'origine du bois pour garantir cette durabilité.

INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE GENERAL	2
1.1. La demande énergétique dans le monde	2
1.2. Les sources d'énergie dans le monde	4
1.3. Les impacts	5
1.4. Le protocole de Kyoto	6
1.4.1. Les acteurs	6
1.4.2. Les objectifs globaux	7
1.4.2.1. La définition d'objectifs globaux	7
1.4.2.2 . Les outils	8
1.4.3. Les objectifs européens	9
1.4.3.1. Les objectifs	9
1.4.3.2. Politiques et mesures prévues ou déjà adoptées dans le secteur de l'énergie	10
1.4.4. Les objectifs de la Belgique	10
1.4.5. Les objectifs de la Wallonie	11
1.4.5.1. Les objectifs	11
1.4.5.2 . Structure actuelle du secteur énergétique en Wallonie	11
1.4.5.3 . Mesures prises par la Région pour la lutte contre les changements climatiques	12
1.4.6. L'après Kyoto	18
2. LE BOIS ENERGIE	19
2.1. Définitions	19
2.1.1. La biomasse	19
2.1.2. Le bois et ses caractéristiques énergétiques	21
2.1.2.1. Composition chimique du bois	22
2.1.2.2. La masse volumique	23
2.1.2.3. Le pouvoir calorifique (PC)	23
2.1.2.4. La densité énergétique	25
2.1.2.5. La granulométrie	25
2.1.2.6. Quantité et type de cendres	25

2.1.2.7. Présence de polluants	26
2.1.2.8. Conclusion	26
2.1.3. Le bois ressource renouvelable	26
2.2. Les sources de bois énergie	27
2.3. Les formes de combustible	27
2.4. Utilisation du bois comme source d'énergie dans le monde	29
2.4.1. La place actuelle du bois dans l'approvisionnement énergétique du monde.	29
2.4.2. Utilisation du bois dans le monde	30
2.4.3. Le Commerce international du bois	32
2.4.4. Les emplois dans le bois.	32
2.4.5. La situation du bois-énergie dans les PED	34
2.4.6. La situation du bois-énergie dans les pays développés	36
3. L'IMPORTATION DE BE EN WALLONIE : LE CAS DES GRANULÉS	41
3.1. Situation actuelle du bois-énergie en Wallonie	41
3.2. Le potentiel du bois-énergie en Wallonie	45
3.2.1. Les sous-produits de l'industrie du bois et les déchets de bois dans le secteur de la construction et de la démolition	46
3.2.2. Les rémanents forestiers	47
3.2.3. Les taillis à très courte rotation, source potentiellement intéressante provenant du secteur agricole	48
3.2.4. Le potentiel total	48
3.3. L'intérêt des granulés	49
3.4. Les filières d'approvisionnement de bois énergie en Belgique.	50
3.4.1. Les étapes de la filière d'approvisionnement	50
3.4.1.1. La culture	50
3.4.1.2. Les opérations de collecte	51
3.4.1.3. Le transport	52
3.4.1.4. Le stockage et le séchage	53
3.4.1.5. La fabrication de granulés	53
3.4.1.6. La distribution	55

3.5. Les critères économiques	57
3.5.1. L'offre et la demande	57
3.5.1.1. En Wallonie	57
3.5.1.2. Echanges internationaux de granulés	61
3.5.2. Critères d'acceptation pour recourir à l'importation de granulés en Wallonie	65
3.5.2.1. Qualité du combustible	65
3.5.2.2. Régularité d'approvisionnement	68
3.5.2.3. Les coûts et les prix	69
3.5.2.4. La matière première	80
3.5.2.5. Image de marque et soutien aux énergies vertes	80
3.5.3. Conclusion	81
3.6. Les critères sociaux	82
3.6.1. Nombre d'emplois	83
3.6.2. Accidents de travail et santé	86
3.6.3. Qualité des emplois	88
3.6.4. Les populations autochtones	91
3.6.5. Conclusion	91
3.7. Les critères environnementaux	92
3.7.1. La culture	92
3.7.1.1. Les risques	92
3.7.1.2. La certification du bois en Wallonie	97
3.7.1.3. Les coupes illégales	99
3.7.1.4. Les règles de la CWAPE	99
3.7.2. La récolte	99
3.7.3. Le conditionnement	101
3.7.4. Le transport	102
3.7.5. Le stockage et le séchage	107
3.7.6. La fabrication de granulés	108
3.7.7. Quelques scénarios	108
3.7.8. Conclusion	110
3.8. Les critères géostratégiques	112
3.8.1. Rappel du contexte	112

3.8.2. Critères importants	115
3.8.3. Importation de granulés et sécurité d’approvisionnement	116
4. ALTERNATIVES À L’IMPORTATION PHYSIQUE	117
4.1. Le cas du commerce international de granulés	117
4.2. Le cas du commerce international d’électricité	118
4.3. Le cas du commerce international de certificats verts	118
4.4. Le cas du commerce international de crédits d’émissions	118
4.5. Application en Wallonie	119
CONCLUSION	120
BIBLIOGRAPHIE	124
LISTE DES PRINCIPAUX ACRONYMES UTILISES	130
ANNEXES	131

INTRODUCTION

1. Motivation

Lors de la recherche d'un sujet de mémoire, notre intérêt s'est porté sur le secteur des énergies renouvelables. L'énergie est un sujet crucial pour le devenir de l'humanité. Sans énergie, l'Homme n'aurait jamais connu un stade de développement aussi avancé. Mais les sources d'énergies qu'il a choisi ne sont pas éternelles et menacent jusqu'à son existence et celle de la planète telle que nous la connaissons. Après avoir demandé conseil à monsieur Michel Huart, celui-ci nous a proposé de traiter comme sujet, le bois énergie. Le bois énergie n'est pas un concept neuf, mais dans le contexte actuel, on assiste à un retour à cette forme d'énergie dont on redécouvre les caractéristiques avantageuses.

2. Objectifs

Ce travail a pour objectif d'analyser les critères socio-économiques, environnementaux et géostratégiques pouvant influencer un agent économique ou public à importer des granulés de bois pour la production d'énergie en Wallonie.

Nous nous sommes pour cela limité à analyser la filière d'approvisionnement de combustible, sans prendre en compte la transformation de ce combustible en énergie utile.

3. Méthodologie

La réalisation du travail est basée sur le recueil de documentation récoltée dans des bibliothèques (ULB, ICHEC) et sur internet. Celle-ci a été complétée par des informations fournies lors de rencontres avec des spécialistes du sujet. Ainsi nous avons obtenu des données principalement de la part de Monsieur Didier Marchal (asbl Valbiom-facilitateur bois énergie), de Monsieur Grégory Reinbold (Chargé de mission Certification Forestière PEFC), de Monsieur Yves Ryckmans (Laborelec-Sustainable Process Technology), de Monsieur Jean-Louis Lams (Electrabel- gestion Exploitation et Logistique) et de Monsieur André Bodarwé (Exinor).

Le travail est composé de 4 parties. La première partie est consacrée à la description du contexte général dans lequel s'inscrit le bois énergie. La deuxième partie donne une définition de ce qu'est vraiment le bois énergie. La troisième partie constitue le cœur du travail et analyse les critères d'influence pour l'importation de granulés. Enfin certaines pistes alternatives à l'importation de granulés sont présentées.

1. CONTEXTE GENERAL

Avant d'entamer l'étude du bois énergie, il convient de rappeler le contexte dans lequel nous nous trouvons.

L'énergie est une ressource indispensable pour assurer la qualité de la vie de l'homme. Sans énergie, difficile de se chauffer, s'éclairer, se déplacer, se nourrir, avoir un emploi. Toutefois, les sources d'énergies que nous avons développées ne sont pas éternelles. Et la demande mondiale ne cesse de grimper avec des conséquences de plus en plus évidentes et inquiétantes au point de vue économique, géostratégique et environnemental.

Face à cela, le monde commence à réagir. Il faut développer des sources d'énergies propres et renouvelables. Nous tenterons de souligner les plus importantes mesures prises par l'Europe et la Wallonie pour la promotion du bois énergie, qui possède des avantages et un potentiel important dans le monde entier.

1.1. La demande énergétique dans le monde

La planète compte aujourd'hui à peu près six milliards d'êtres humains. Les prévisions indiquent que ce chiffre augmentera de 50 % et atteindra les 9 milliards d'habitants en 2050.

La consommation énergétique constitue un bon indicateur de croissance et de développement économique. Celle-ci a été multipliée par treize, reflétant le dynamisme économique de certaines parties du monde.

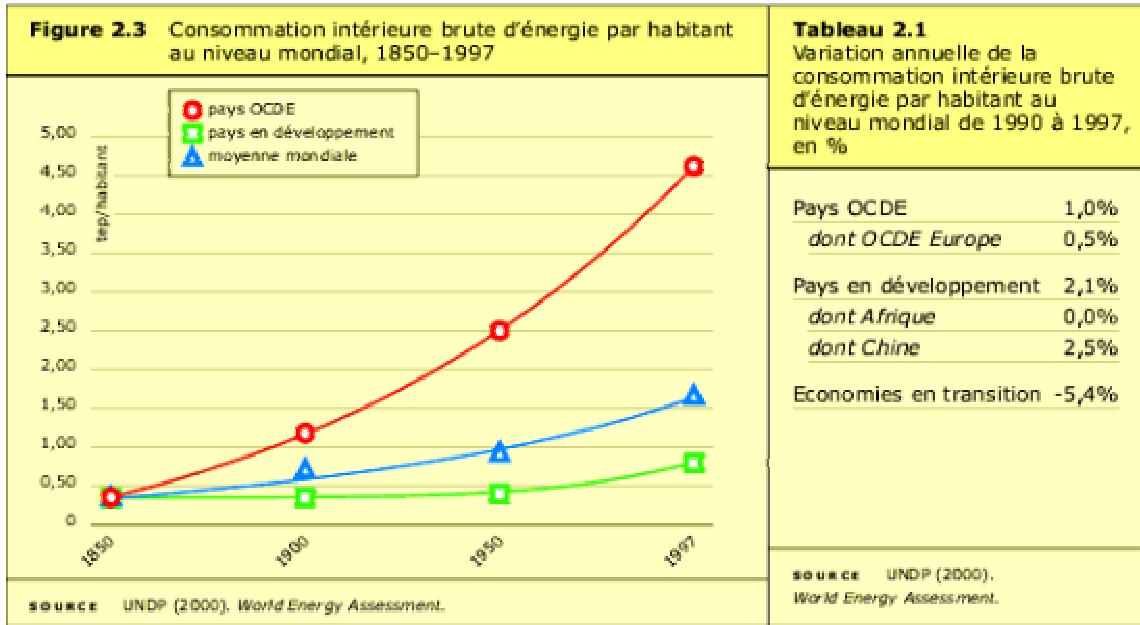
En 2002, la consommation annuelle mondiale d'énergie dépassait l'équivalent de 9 400 millions de tonnes de pétrole.

Chaque être humain sur terre consomme en moyenne 1,5 tep¹ par an, mais les écarts peuvent être importants selon l'endroit où l'on est né : l'américain, plus gros consommateur mondial de pétrole, est à 8 tep/an, l'européen à 4 tep/an alors qu'un indien n'en est qu'à 0,4 tep/an.

¹ tonnes équivalent pétrole

La figure ci-dessous fournit la consommation intérieure brute par tête en tep (tonnes équivalent pétrole).

Figure 1 : Consommation intérieure brute d'énergie par habitant au niveau mondial



Source : Bureau fédéral du plan (2003), Rapport fédéral sur le développement durable 2002.

La consommation intérieure brute d'énergie est définie comme la somme de la production primaire (toute extraction d'énergie puisée dans la nature) et de l'importation nette d'énergie (importations-exportations).

Au vu des prévisions démographiques et du développement des pays du tiers monde, on pourrait penser que la demande d'énergie devrait encore augmenter sensiblement. La plupart des experts s'accordent à dire que la consommation énergétique des pays du sud devrait croître considérablement au cours des 50 prochaines années.

Notamment dans certains pays asiatiques, dont la Chine, qui adoptent progressivement les modes de consommation des pays de l'OCDE.

Toutefois, l'Afrique, par exemple, a stabilisé sa consommation par tête d'habitant depuis 1990. Ceci montre en réalité son faible développement économique.

Du fait de l'adoption par les pays émergents de techniques modernes énergétiquement plus efficaces, certains pensent que la hausse de leur ratio consommation énergétique/PIB sera atténuée. Mais toutes les prévisions s'accordent sur le fait que les pays d'Asie (principalement la Chine et l'Inde) contribueront de façon prépondérante à l'augmentation de la consommation mondiale d'énergie.

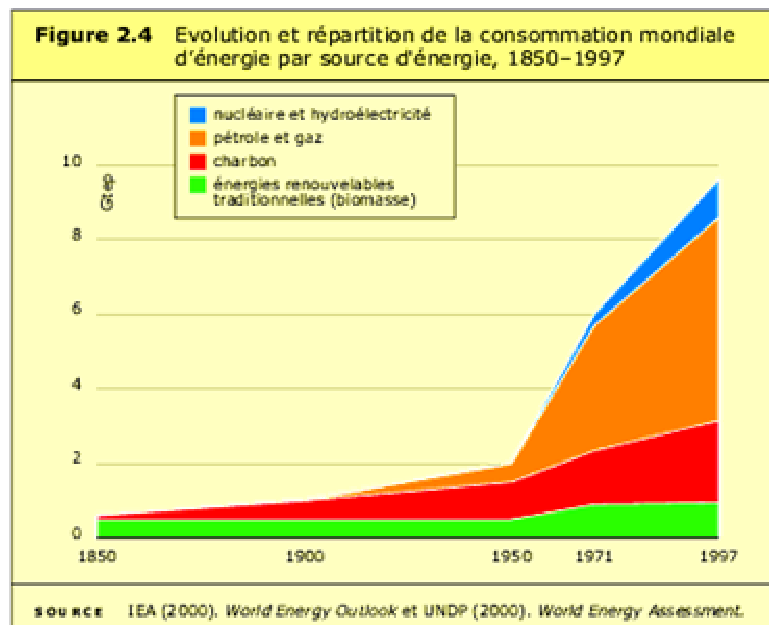
Notons encore que l'électricité représente, selon les pays, entre 30 et 40% de l'énergie consommée. En Afrique, moins de 10 % de la population subsaharienne a accès à l'électricité. De grosses différences existent donc dans le monde en ce qui concerne l'accès à l'énergie, source indispensable au développement.

De plus, les pays les plus pauvres ont des problèmes énergétiques propres. La faible performance énergétique de leurs équipements entraîne la perte d'une bonne partie de l'énergie achetée par ces pays. Le poids économique de ce gaspillage est d'autant plus important que beaucoup de ces pays consacrent près de la moitié des revenus de leurs exportations à l'achat d'énergie.

1.2. Les sources d'énergie dans le monde

Pour répondre à la demande toujours plus importante, l'Homme utilise aujourd'hui principalement des sources d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz). Celles-ci fournissent environ 80% de l'énergie mondiale. Le nucléaire y contribue à 6,5 %, l'hydraulique et les énergies renouvelables à près de 8 %.

Figure 2 Evolution et répartition de la consommation mondiale d'énergie par source d'énergie



Source : Bureau fédéral du plan (2003), Rapport fédéral sur le développement durable 2002.

1.3. Les impacts

L'évolution de la demande mondiale d'énergie ainsi que la manière dont on y répond actuellement sont la source d'une série d'inquiétudes.

Il y a d'abord la question de l'épuisement des ressources en énergies fossiles. Ce débat existe depuis quelques décennies déjà et continue d'alimenter les conversations.

Le problème des coûts externes liés à la consommation et à la production d'énergie est également préoccupant.

Il y a d'une part les coûts géopolitiques liés à la dépendance de certains pays envers certaines sources d'énergie. On peut citer à titre d'exemple la récente guerre en Irak.

Le risque d'un choc pétrolier comme en 1973 et 1988 n'est pas à écarter si les pressions sur la consommation continuent.

Une forte dépendance énergétique de l'Union Européenne est souligné par la Commission dans son livre vert intitulé « Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique ». D'après cet ouvrage, l'UE dépend à 50 % d'importations pour ses besoins en énergie. Cette dépendance passera en 2030 à 70 %, avec une part toujours plus grande du pétrole et du gaz.

Toujours selon la Commission, cette situation comporte de nombreux risques économiques, politiques et environnementaux, et dans ce contexte, l'UE a un rôle à jouer en favorisant le développement des énergies renouvelables.

D'autre part, les problèmes environnementaux constituent une limite sur nos consommations d'énergie en imposant des contraintes sur l'offre. Dans ce cadre, la problématique du changement climatique a pris une dimension majeure. Les coûts croissants du changement climatique en termes humains et matériels sont de plus en plus inquiétants. Les grandes compagnies de réassurance estimant leurs coûts à plus de 500 milliards d'euros entre 1990 et 1999 et la tendance est à la hausse.

Table 1 : Croissance et coûts des catastrophes naturelles liées au climat

Decade	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Number	20	27	47	63	89
Costs in Billion €	32,7	58,7	105,6	164	505,6

Source: Muenchner Rueckversicherungsgruppe

Source: EREC (2005), joint declaration for a European Directive to promote renewable heating and cooling

Les énergies fossiles sont à l'origine de plus de 60 % des émissions de gaz carbonique, qui est le principal GES responsable du changement climatique. Depuis 1965, les émissions de CO2 émanant des combustibles fossiles ont plus que doublé.

Afin de répondre à ces inquiétudes environnementales le protocole de Kyoto représente un premier pas important dans la bonne direction.

Dans la partie qui suit, nous décrivons les objectifs et les outils mis en place par le Protocole de Kyoto et par l'Europe pour lutter contre ces problèmes. Ceci aura une influence sur le bois énergie.

1.4. Le Protocole de Kyoto

La Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) entrée en vigueur en mars 1994 a mis en place un cadre global de l'effort intergouvernemental pour faire face au défi posé par les changements climatiques. Elle y reconnaît que le système climatique est une ressource partagée dont la stabilité peut être affectée par les émissions anthropiques de gaz carbonique ainsi que les autres gaz à effet de serre.

L'objectif ultime de la CCNUCC est cité dans l'article 2 de la Convention Climat: « stabiliser (...) les concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. »²

En adoptant cette Convention, les gouvernements savaient que leurs engagements ne seraient pas suffisants pour faire face aux changements climatiques.

Ils ont donc entamé des négociations afin de décider d'engagements plus solides et plus détaillés pour les pays industrialisés.

Après des années d'intenses négociations, le Protocole de Kyoto est adopté, le 11 décembre 1997.

Le Protocole de Kyoto partage le même objectif que la Convention, de même que ses principes et institutions, mais renforce de manière significative la Convention en engageant les pays industrialisés à des objectifs individuels, légalement contraignants, de réduction ou de limitation de leurs émissions de gaz à effet de serre³.

1.4.1. Les acteurs

Le protocole divise les pays signataires en 3 grands groupes (appelés annexes) ayant des obligations différentes.

Le groupe Annexe I comprend les pays qui étaient membres de l'OCDE en 1992, ainsi que les pays à 'économie en transition' (EET), à savoir la Fédération de Russie, les pays Baltes et plusieurs pays d'Europe Centrale et de l'Est.

Le groupe Annexe II comprend les pays membres de l'OCDE en 1992 sans les EET.

² Article 2 de la Convention climat

³ Les gaz à effet de serre (GES) pris en compte dans le protocole sont : Le Dioxyde de carbone (CO₂), le Méthane (CH₄), l'Oxyde nitreux (N₂O), l'Hydrofluorocarbure (HFCs), l'Hydrocarbure perfluoré (PFCs), l'Hexafluorure de soufre (SF₆)

Ils doivent fournir une aide financière devant aider les pays en voie de développement (PED) à diminuer leurs émissions dans le cadre de la Convention et à s'armer contre les effets probables du changement climatique. (**Voir Annexe A**)

De plus ils doivent prendre toutes les mesures possibles pour favoriser le développement et le transfert de technologies plus écologiques vers les pays EET et PED.

Les parties non-Annexe I sont les PED.

1.4.2. Les objectifs globaux

1.4.2.1. La définition d'objectifs globaux

Pour atteindre l'objectif ultime de la CCNUCC il faut faire baisser drastiquement les émissions de GES (gaz à effets de serre) par rapport aux niveaux de l'année 1990. Cela représente un coût énorme pour nos sociétés.

Des études ont montré que les coûts varient en fonction de l'objectif de stabilisation, de la distribution des efforts de réduction au cours du temps, des politiques et mesures employées, des hypothèses financières adoptées etc.

Le problème soulève des questions d'équité quant aux efforts des uns et des autres à réaliser. Historiquement, certains pays sont plus responsables que d'autres dans l'état actuel de la situation, mais il faut aussi tenir compte des projections d'émissions futures de certains pays.

Les capacités financières et techniques différentes entre pays ainsi que les freins socioculturels et politiques entrent également en ligne de compte.

On l'aura compris, se mettre d'accord sur des objectifs contraignants au niveau mondial relève de l'exploit.

A ce titre, le traité de Kyoto, malgré des objectifs très limités, représente un réel espoir dans la lutte entamée contre le changement climatique.

Les objectifs individuels des Parties Annexe I sont listés dans l'Annexe B du Protocole de Kyoto (**voir annexe B**). Ces objectifs consistent en une réduction totale d'émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % par rapport aux niveaux de 1990 durant la période d'engagement 2008-2012.

La cible de 5,2 % n'est pas un objectif mondial, mais s'applique comme objectif d'ensemble pour les pays de l'Annexe B du protocole.

Certains pays de cette liste, pourront augmenter leurs émissions de façons variables allant jusqu'à 10 %. Quelques pays, parmi lesquels le Canada, les pays de l'Union européenne et le Japon devront réduire leurs émissions d'un niveau allant jusqu'à 8 %.

Si certains pays n'atteignent pas leur objectif de réduction des émissions, le protocole prévoit notamment qu'ils devront rattraper la différence au cours de la deuxième période d'engagement (après 2012), avec une pénalité de 30% de réduction supplémentaire.

Il n'y a pas de limite pour les PED parmi lesquels la Chine, l'Inde, le Brésil, le Mexique, l'Indonésie, le Niger, etc., pour lesquels la consommation de combustibles fossiles par personne est encore relativement basse.

Toutefois, les PED doivent respecter la mise en place de politiques de réductions, de mesures de leurs émissions et de leur reporting.

1.4.2.2. Les outils

Pour atteindre ces objectifs, le protocole propose une série de moyens:

La priorité doit être donnée au renforcement ou à la mise en place des politiques nationales de réduction des émissions (accroissement de l'efficacité énergétique, promotion de formes d'agriculture durables, développement de sources d'énergies renouvelables ...). Ensuite, les Etats se doivent de coopérer avec les autres parties contractantes.

Le protocole a innové en définissant 3 instruments de flexibilité permettant d'atteindre les objectifs à un moindre coût.

L'idée est que, les GES constituant un problème global, l'endroit où les réductions ont lieu est secondaire. Ainsi les réductions peuvent être réalisées là où les coûts sont les moins élevés, du moins pendant la phase initiale de la lutte contre le changement climatique.

Ces mécanismes permettent donc des investissements dans les pays où les coûts de réduction des émissions de GES ou de diminution de la teneur en carbone dans l'atmosphère sont les moins élevés.

Chacun de ces instruments est décrit dans l'un des articles du Protocole.

1) Article 17 : **le système de Permis d'Emissions Négociables (PEN)**

Considéré avec ironie en Europe comme système de "permis de polluer", il permettra aux pays de l'Annexe I de convertir tout ou partie de leurs Quantités Attribuées (QA) en permis d'émissions qu'ils pourront échanger sur un marché ouvert, contribuant ainsi à réaliser l'efficacité économique à un niveau international.

Comme pour tout marché, le principe est de rendre le permis d'émissions rare mais négociable, pour aboutir à la formation d'un prix, alors qu'aujourd'hui les émissions sont abondantes et gratuites.

2) Article 12 : **le Mécanisme de Développement Propre.**

Si les pays de l'Annexe I ou une entité juridique distincte (une firme ou un Etat) aident à financer des projets de réduction des émissions dans des pays hors-Annexe I ils se voient attribuer des unités de réduction d'émissions certifiées (REC). Ces REC ajoutées aux QA augmentent ainsi un droit à émettre.

3) Article 6 : **la Mise en Œuvre Conjointe (MOC).**

Les pays de l'Annexe I peuvent aider à réaliser des projets de réduction des émissions dans les pays dits à EET et bénéficier d'unités de réduction d'émissions déductibles des QA des EET et ajoutables aux QA du pays financeur.

Bien que similaire au "mécanisme de développement propre", la mise en oeuvre conjointe se rapporte à l'échange des unités de réduction des émissions parmi les parties visées à l'Annexe I (généralement les pays industrialisés), alors que les mécanismes pour un développement propre permettent aux parties visées à l'Annexe I d'en bénéficier (c'est-à-dire acquérir des unités de réduction d'émissions) par le biais de projets de réduction des émissions effectués par les compagnies de pays n'appartenant pas à l'Annexe I.

Toutefois, le recours aux mécanismes du protocole de Kyoto doit rester complémentaire par rapport aux efforts entrepris au niveau interne.

Pour contrôler tout ceci, et faire office de gendarme, le Protocole prévoit la mise sur pied d'un organe de surveillance. Son efficacité sera évidemment d'une importance capitale pour le bon fonctionnement de l'ensemble.

1.4.3. Les objectifs européens

1.4.3.1. Les objectifs

Le 31 mai 2002, l'Union européenne (UE) a ratifié le protocole de Kyoto.

Les États membres de l'Union européenne ont accepté de réduire collectivement leurs émissions de gaz à effet de serre de 8% entre 2008 et 2012.

Cet objectif commun ne s'applique qu'aux 15 Etats membres faisant partie de l'UE lors de la ratification.

Les 10 pays qui ont adhéré en mai 2004 ont tous ratifié le protocole de Kyoto et se sont vus à ce titre attribuer à chacun un objectif - suivant les pays, la réduction imposée varie entre 6% et 8%.

L'Union européenne s'est fixé comme objectif global de limiter l'augmentation de température à 2°C par rapport à la période pré-industrielle, ce qui équivaut à atteindre une concentration de 550ppm. Il s'agit d'un objectif extrêmement ambitieux qui ne se reflète pas dans les objectifs du PK.

1.4.3.2. Politiques et mesures prévues ou déjà adoptées dans le secteur de l'énergie

Voici les mesures déjà adoptées ou en cours de réalisation :

- Le système européen d'échange de quotas d'émission (directive, 2003). Nous en reparlerons dans la partie « Les objectifs de la Wallonie » ;
- La promotion de la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables (directive, 2001). Nous en reparlerons dans la partie « Les objectifs de la Wallonie »;
- La promotion de la cogénération de chaleur et d'électricité (Directive 2004) ;
- La promotion des appareils ayant un bon rendement énergétique (diverses directives) ;
- Amélioration de la performance énergétique des bâtiments (directive, 2002) ;
- Amélioration de l'efficacité énergétique dans les grandes installations industrielles (directive IPPC) ;

1.4.4. Les objectifs de la Belgique

Conformément au « Burden Sharing Agreement »⁴ entre les Etats membres européens, convenu en exécution de l'article 4 du Protocole de Kyoto, la Belgique s'est engagée à opérer, de 2008 à 2012, un objectif de réduction de 7,5 % par rapport aux niveaux de 1990. En Belgique, ce sont les régions qui sont compétentes en matière d'environnement. L'objectif belge a donc été distribué suite à un accord intervenu entre les entités fédérées de la façon suivante :

- Région wallonne: les émissions de 1990 réduites de 7,5 %, soit estimées aujourd'hui à 50,23 mio ton CO2-equi⁵.
- Région flamande: les émissions de 1990 réduites de 5,2 %, soit estimées aujourd'hui à 83,37 mio ton CO2-equi
- Région de Bruxelles-Capitale: les émissions de 1990 majorées de 3,475 %, soit estimé aujourd'hui à 4,13 mio ton CO2-equi.

⁴ Accord de répartition de la charge entre les pays européens pour baisser les émissions de GES

⁵ Millions de tonnes de CO2 équivalent.

Par cette répartition, la quantité des droits d'émission attribués aux régions sous le Protocole de Kyoto est supérieure à celle dont dispose la Belgique selon son Assigned Amount (ou quantité attribuée). Cette différence est comblée par l'acquisition, par l'autorité fédérale, de droits d'émission via les mécanismes flexibles sous le Protocole de Kyoto. Ces droits d'émission sont ensuite répartis entre les régions selon les critères prévus.

1.4.5. Les objectifs de la Wallonie

1.4.5.1. Les objectifs

Comme vu précédemment, la Wallonie a un objectif de réduction de ses émissions de 7,5 %, soit environ 50,23 mio ton CO₂-equi.

1.4.5.2. Structure actuelle du secteur énergétique en Wallonie

En 2000, la Wallonie importait 97 % de son énergie sous diverses formes telles que le charbon, le gaz, le pétrole ou l'uranium. Cette proportion est en augmentation car en 1984 on en était à 95%. Pour ce qui est des 3% restant, ils proviennent d'un peu d'hydroélectricité, de biomasse et de combustibles récupérés sur les terrils wallons.

Le secteur de transformation le plus important de ces énergies primaires est celui de la production d'électricité. En " intrants " les centrales électriques utilisent du charbon, des gaz dérivés, du gaz naturel, des produits pétroliers, du combustible nucléaire et des énergies renouvelables.

La Wallonie est largement exportatrice d'électricité⁶, principalement vers la Flandre, du fait de son parc nucléaire surdimensionné par rapport à ses besoins propres.

Début 2002, le Gouvernement fédéral a pris la décision d'arrêter les différentes centrales nucléaires dès qu'elles auront atteint l'âge de 40 ans, soit entre 2015 et 2025.

Ceci pose des problèmes si on met cela en perspective, avec, d'une part, la hausse constante de la consommation électrique⁷ et d'autre part, la nécessité de diminuer l'utilisation de combustibles fossiles dans le cadre du problème du réchauffement climatique.

Il est utopique de croire que les énergies renouvelables pourront répondre à elles seules aux besoins énergétiques de la Wallonie.

⁶ La production électrique wallonne s'établit en 2000 à 33.200 GWh, alors que sa consommation s'élève à 23.400 GWh.

⁷ Selon les sources, on s'attend à une hausse de la consommation électrique entre 1,5% (Bureau du Plan) et 1,9% (CREG) par an. Le Plan wallon de l'air table sur une croissance de la production d'électricité centralisée de 1,64% par an (hors autoproduction) .

Toutefois, la décision d'abandonner l'énergie nucléaire est encore un élément qui permettra de porter l'attention de tous vers la nécessité de développer d'autres sources d'énergies, plus particulièrement les sources renouvelables.

1.4.5.3. Mesures prises par la Région pour la lutte contre les changements climatiques

Nous avons vu précédemment que l'Union européenne avait prévu des outils afin de s'armer dans la lutte contre les changements climatiques. Ceux-ci s'insèrent dans le programme européen relatif aux changements climatiques.

Les directives incluses dans le programme et ayant un impact important sur le bois énergie sont :

- Le système européen d'échange de quotas d'émission⁸;
- La promotion de la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables⁹ ;
- Un projet de directive en vue de promouvoir la cogénération au sein du marché intérieur de l'énergie.

Ces Directives s'appliquent à la Belgique en tant que membre de l'UE et également à la Wallonie puisqu'en Belgique, les Régions ont des compétences en matière d'énergie (**Annexe C**).

a) Le système d'échange de quotas d'émission

Nous avons vu plus haut qu'un des outils du Protocole de Kyoto était le système de Permis d'Emissions Négociables (PEN).

Les objectifs d'émissions du Protocole de Kyoto attribuent à chaque pays une quantité fixe de gaz à effet de serre (quota) qui peut être rejetée annuellement par celui-ci dans la période 2008-2012. La Belgique a obtenu quant à elle un quota équivalent aux émissions de 1990 diminuées de 7,5 %.

Si le pays surpasse cet objectif, il aura un surplus de droit d'émissions. Ce surplus pourra être vendu, par exemple, à un autre pays européen n'ayant pu atteindre son propre objectif. C'est ce qu'on appelle un système d'échange de quota d'émissions.

Ce système a pour objectif d'atteindre une réduction totale d'émissions à un moindre coût.

8 Directive 2003/87/CE

9 Directive 2001/77/CE

Ainsi, les pays réalisant un surplus en réduisant leurs émissions à un moindre coût pourront vendre leur surplus à des pays qui n'ont pu réduire leurs émissions car leurs coûts de réduction d'émissions sont beaucoup plus élevés.

Le 1er janvier 2005, un système d'échange de quotas d'émission de CO₂ a été lancé anticipativement dans l'UE. Celui-ci découle du PEN, mais n'est pas lié à l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto.

Deux phases sont prévues :

- la première, du 1^{er} janvier 2005 au 31 décembre 2007,
- la seconde débutera le 1^{er} janvier 2008 et s'achèvera le 31 décembre 2012 (il s'agit en fait de la période qui correspond aux objectifs du Protocole de Kyoto).

Il est prévu de faire en sorte qu'il y ait reconnaissance mutuelle entre les quotas d'émissions du programme européen et ceux existant dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Pendant la première phase, le système s'applique uniquement à des installations de combustion dans les secteurs suivants :

- la production d'électricité (plus précisément les installations de combustion d'une puissance calorifique de combustion supérieure à 20 MW),
- les raffineries,
- l'industrie de l'acier,
- la production de verre,
- la production de ciment,

Toujours pour cette première phase seul le dioxyde de carbone est considéré.

La deuxième phase verra le système s'élargir à d'autres secteurs économiques et aux autres GES.

Ainsi, la Belgique fédérale et les 3 régions ont adopté un plan d'allocation d'émissions de CO₂. Chaque installation (une entreprise pouvant avoir plusieurs installations) qui rejette du CO₂, s'est vu attribuée une quantité de droits d'émission annuelle pour la période 2005-2007.

Le Gouvernement wallon a officiellement adopté le 27 janvier 2005 le plan wallon d'allocation des quotas.

Tous les ans, chaque installation doit restituer le nombre de quota correspondant à ses émissions. Si l'installation dépasse son quota, elle devra racheter des droits d'émissions à d'autres ou subir une pénalité.

Les pénalités en cas de non-restitution de quotas sont fixées à 40 € par tonne d'équivalent CO₂ excédentaire pendant la première phase et à 100 € par tonne pendant la seconde phase du système d'échange.

Quant au prix des quotas sur le marché, il dépendra de l'offre et de la demande.

Le total des quotas à allouer aux installations couvertes par la Directive ET (Émission Trading) prévoit qu'elles diminuent en moyenne leurs émissions de CO₂, au cours de la période 2005-2007, de 11 % par rapport à leurs émissions en 1990, soit 3 % par rapport à leurs émissions en 2000.

b) Plan pour la maîtrise durable de l'énergie

La directive 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables (SER) sur le marché intérieur de l'électricité fixe des objectifs ambitieux.

Ces objectifs indicatifs sont définis comme suit en 2010:

- 12 % de la consommation européenne intérieure brute d'énergie et ;
- 22 % de la consommation européenne totale d'électricité devraient provenir de sources d'énergie renouvelables.

La directive européenne fixe également des objectifs indicatifs pour chaque Etat membre pour la part des énergies renouvelables dans la consommation d'électricité en 2010. Pour la Belgique, cet objectif est de 6 %.

Dans ce contexte la Région wallonne, a adopté un « **Plan pour la maîtrise durable de l'énergie** » le 18 décembre 2003 dans lequel elle fixe l'objectif de diminuer la consommation finale de 6 % entre 2000 et 2010.

Le Plan prévoit également d'atteindre une part de 8 % de la production d'électricité à partir de SER d'ici 2010, contre 2.6% en 2000.

Pour la cogénération, l'objectif est de produire 15% de la consommation d'électricité en 2010, contre 3.4% en 2000. Enfin, le Plan veut atteindre 9% de la consommation finale thermique (chauffage, eau chaude sanitaire, applications à basse température dans l'industrie) à partir de sources d'énergie renouvelables.

Il anticipe en ce sens une directive européenne en préparation concernant la promotion de la production de chaleur à base de sources renouvelables.

Le Plan prévoit que l'énergie renouvelable sera tirée principalement vers le haut par la biomasse d'une part et l'éolien d'autre part. La cogénération devrait aussi connaître un boom dans le secteur industriel et le tertiaire.

La réalisation des ambitions belges et wallonnes requiert d'importantes mesures de promotion des SER et de la cogénération.

La Wallonie a donc prévu des mécanismes de soutien à l'énergie verte

Nous ne développerons ci-dessous que les mécanismes ayant un impact important sur le bois-énergie.

- **L'éligibilité**

Il s'agit de permettre pour les clients finaux qui se fourniront exclusivement auprès de fournisseurs verts, de choisir librement leur fournisseur et ce bien avant la date prévue de libéralisation complète du marché électrique wallon.

- **Le système de certificats verts**

Des systèmes de certificats verts sont actuellement opérationnels dans les régions flamande et wallonne.

Dans le système belge des certificats verts, le producteur d'électricité reçoit un certificat vert pour chaque MWh vert produit. Ce MWh produit correspond à une économie de 456 kg de CO₂ qui serait émis s'il avait été produit par une centrale électrique de référence.

Les sources d'énergie renouvelables qui entrent en ligne de compte pour un certificat vert sont : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, l'énergie des marées et des courants, la géothermie, le biogaz et la biomasse.

En Wallonie, l'électricité produite dans des installations de cogénération est également prise en considération pour les certificats verts.

Pour pouvoir bénéficier de certificats verts, l'installation de cogénération doit permettre une économie de minimum 10 % d'émissions de CO₂ sur l'ensemble de la filière de production (préparation du combustible et combustion éventuelle lors de la production d'électricité) par rapport à une technologie de référence. Le nombre de certificats attribués est calculé sur base des quantités de CO₂ évitées.

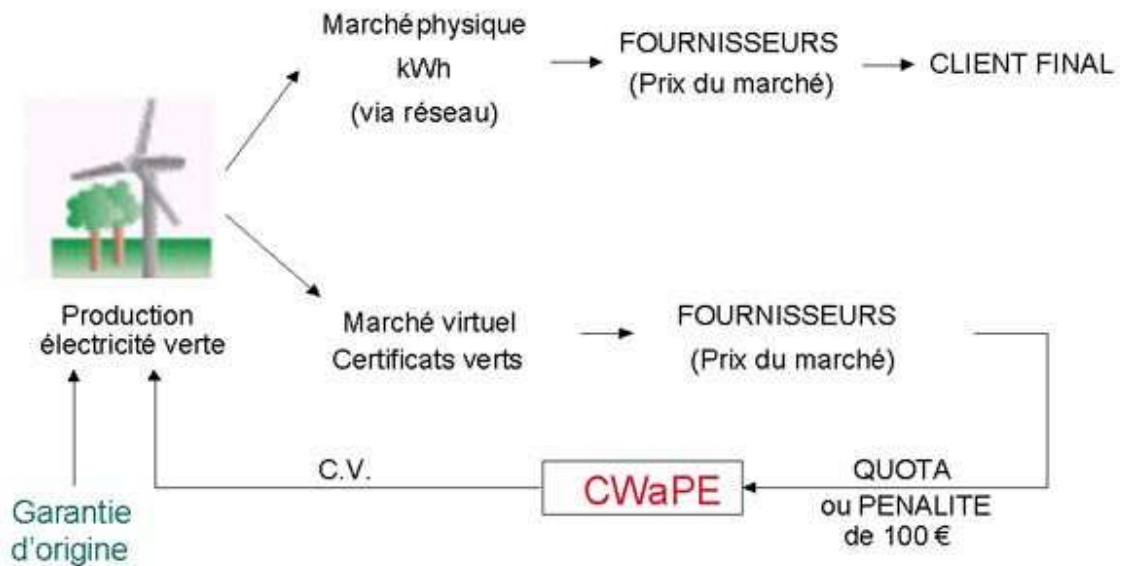
Actuellement, seules les unités de production situées sur le territoire belge et dans les eaux territoriales belges entrent en ligne de compte pour l'obtention de certificats verts.

Le producteur vend donc son énergie à base de SER au prix du marché et peut compenser les coûts plus élevés de cette production en vendant ses certificats.

Toujours dans le système belge, les fournisseurs d'électricité et les gestionnaires de réseaux sont tenus de remettre chaque année un certain nombre de certificats verts aux régulateurs régionaux (CWAPE en région Wallonne), certificats qu'ils auront acquis sur le marché des certificats verts.

Les quotas augmentent de 1 % par an : en 2005, ils devraient représenter 5 % des livraisons d'électricité en Région wallonne (2 % en Région flamande). En 2010, ces quotas devraient atteindre 10 % des livraisons.

Figure 3 Le système des certificats verts en Région wallonne



Source: CWAPE (2005)

Le législateur a prévu des amendes pour tout certificat manquant et a ainsi fixé un prix plafond pour le certificat. En Région wallonne, l'amende s'élève à 100 €, par certificat manquant.

- **Prix minimum garantis**

Par ailleurs, les autorités fédérales ont introduit des mesures en vue d'assurer l'écoulement sur le marché d'un volume minimal d'électricité verte à un prix minimal. Ainsi l'arrêté royal du 16 juillet 2002 garantit au producteur d'électricité verte un prix minimum pour son certificat vert, qui est fonction de la technologie et de la source d'énergie renouvelable :

- Énergie éolienne off-shore : 90 €/mwh
- Énergie éolienne on-shore : 50 €/mwh
- Énergie hydraulique : 50 €/mwh
- Énergie solaire : 150 €/mwh
- Autres (dont biomasse) : 20 €/mwh

D'après la CWAPE, le prix moyen des certificats verts au 1^{er} trimestre 2005 était de 91,84 €. Ce prix est relativement stable depuis 1 an.

Le nombre de transaction aurait atteint 89 107, ce chiffre étant en augmentation régulière depuis le début.

- **L'aide à la production en Région wallonne**

Mis en place depuis novembre 2003, l'aide à la production est un système qui permet aux producteurs d'électricité verte de signer une convention avec la Région leur garantissant une aide de 65 EUR par certificat vert.

Ceci doit permettre de compenser le surcoût de production pendant la durée d'amortissement de l'installation, avec un maximum de 10 ans suivant la mise en service de l'installation.

Les producteurs peuvent donc choisir de négocier la vente de leurs certificats verts en fonction de la loi de l'offre et de la demande ou bien de s'assurer d'un prix plancher garanti pendant 10 ans par la Région wallonne.

- **Le Plan Bois-Energie et Développement Rural (PBE&DR)**

Ce plan est destiné à promouvoir le bois énergie. Il est destiné aux communes rurales et autres collectivités pour les inciter à choisir les sous-produits forestiers et ceux issus de la première transformation du bois comme combustible pour chauffer leurs bâtiments.

Dans ce cadre, la FRW (Fondation Rurale de Wallonie) est chargée d'encadrer, d'informer, de sensibiliser les collectivités dans la mise en œuvre de projets.

- **Les facilitateurs**

Pour chaque filière de l'énergie verte (biomasse, éolien etc.) des « facilitateurs » ont été désignés.

Ils ont un rôle d'information, de sensibilisation et de structuration de leur filière. Ils constituent un lien entre les divers acteurs de la filière et mettent leur expérience au service de ceux-ci.

Ainsi, pour la filière bois énergie, l'asbl Valbiom a été désignée comme facilitateur pour le secteur privé et le secteur public.

- **Les Guichets de l'Energie**

Il s'agit d'un service public, gratuit et indépendant dont les missions et le financement sont régionaux. Il a pour but d'informer, de sensibiliser et d'aider les particuliers sur les matières liées à l'énergie.

- **Les primes et les aides disponibles pour les particuliers**

Dans le cadre de la libéralisation du marché de l'électricité et du gaz, la Région wallonne gère un « Fonds Energie » destiné à dynamiser le recours à l'utilisation rationnelle de l'énergie et aux sources d'énergie renouvelables.

Pour les particuliers, deux primes de 1500 Euros existent, relatives à des systèmes de chauffage central au bois à alimentation automatique et aux poêles de masse. De plus, une réduction fiscale de 15% du montant d'installation d'une chaudière au bois (avec un plafond de 600 Euros) est également octroyée à certaines conditions.

1.4.6. L'après Kyoto

Le Protocole de Kyoto prévoit l'ouverture formelle de négociations en 2005 pour de nouveaux engagements de réduction à partir de 2013.

Comme vu précédemment, les objectifs de Kyoto pour 2012 sont assez limités, que ce soit en terme d'objectifs chiffrés de réduction d'émissions, qu'en terme de pays soumis à des obligations contraignantes. Surtout si l'on tient compte l'ampleur de la tâche qu'il reste à accomplir.

Rappelons que la concentration en CO2 enregistrée en 2000 était de 368 ppm alors qu'elle était de 280 ppm environ pour la période préindustrielle.

Selon certains experts, afin de stabiliser les concentrations atmosphériques en GES, il faudrait réduire les émissions de plus de 50% par rapport au niveau de 1990 et encore davantage pour tendre vers l'objectif ultime de la CCNUCC.

A terme, pour atteindre une concentration de 550 ppm, une diminution de 60 à 80 % par rapport au niveau actuel d'ici 2100 sera nécessaire.

L'Europe, qui a toujours été un moteur dans les négociations, lors du Conseil Européen de Bruxelles les 22 et 23 mars 2005, a d'ores et déjà proposé de nouveaux objectifs chiffrés.

Selon les propositions des dirigeants européens, le groupe des pays développés devrait envisager des profils de réduction d'émissions de 15 à 30 % d'ici à 2020 par rapport au niveau de 1990. Les conclusions de la présidence stipulent également qu'« il conviendra d'examiner les moyens d'associer efficacement les pays grands consommateurs d'énergie, y compris ceux appartenant aux pays émergents et en développement ».¹⁰

Référence est faite aux Etats-Unis et à l'Australie, seuls pays industrialisés à ne pas avoir ratifié le PK et comptant ensemble pour un tiers des émissions de gaz à effet de serre.

L'Amérique de Georges Bush, plus gros pollueur mondial, estime que le PK nuirait à son économie et conditionne sa participation entre autres à l'application d'objectifs pour certains PED tels que la Chine, le Brésil et l'Inde (respectivement 2^{ième}, 6^{ième} et 14^{ième} plus gros émetteurs de CO2 au monde).

Ces derniers sont des Parties non-Annexe I dont la consommation énergétique et donc les émissions de GES vont s'accroître durant les années à venir. L'Asie du Sud pourrait représenter 40 % des rejets en 2050 contre 8 % pour l'UE et 12 % pour l'Amérique du Nord.

¹⁰ Conseil Européen de Bruxelles 22 et 23 MARS 2005 CONCLUSIONS DE LA PRÉSIDENTCE 7619/05

2. LE BOIS ENERGIE

Nous avons vu l'importance et l'urgence de développer les énergies renouvelables, et plus particulièrement le bois-énergie.

Dans cette partie, nous commencerons par définir certaines notions importantes liées au bois énergie. Ensuite nous ferons le point sur le bois-énergie dans le monde. Nous verrons d'où il peut provenir, sous quelle forme il est utilisé et quelle est sa place dans l'approvisionnement énergétique mondial.

2.1. Définitions

2.1.1. La biomasse

La biomasse est l'ensemble de toutes les matières organiques d'origine végétale ou animale destinées à des utilisations non alimentaires.

La biomasse se présente sous diverses formes. On peut la diviser en 2 types de ressources :

- Les ressources agricoles qui sont à l'origine de produits tels que des huiles, des sucres, des fibres et des molécules. On y trouve également des co-produits tels que le lisier et la paille ;
- Les ressources forestières qui incluent les rémanents forestiers ainsi que les co-produits des industries du bois (sciure, copeaux...).

On retrouve également de la biomasse dans les déchets ménagers et industriels, les parcs à conteneurs, les boues d'épuration. Cependant, cette biomasse est souvent mélangée avec des déchets non valorisables susceptibles de la polluer, la rendant alors moins avantageuse et plus difficilement exploitable.

Dans la littérature on rencontre beaucoup de classifications différentes de diverses sources de biomasse. Il n'est donc pas toujours facile de comparer les chiffres issus de différentes études.

Une étude réalisée par BTG biomass technology group BV sur le rôle de la bio-énergie en Europe, donne une classification des diverses sources potentielles de bio-énergie.

Cette classification fait bien la distinction entre des sources « commercialisables » et « non commercialisables ». Ces dernières ne peuvent être commercialisées car elles sont considérées comme des déchets contaminés nécessitant des traitements spécifiques.

La législation (dans l'UE en tout cas) qui s'y applique est donc très différente des autres. Les dynamiques de marché classique ne s'y appliquent donc pas, contrairement aux autres sources.

Table 2 Classification des sources de bio-énergie

Supply sector	Type	Example	Utilisation sector
Agriculture	Dry lignocellulosic agricultural residues	Straw	Tradeable, electricity and heat
	Dry lignocellulosic energy crops	Short-rotation wood, miscanthus	Tradeable, electricity and heat
	Livestock waste	Manure	Non-tradeable, waste
	Oil, sugar and starch energy crops	Oil seeds for methylesters	Tradeable, transportation
Sugar/starch crops for ethanol		Tradeable, transportation	
Forestry	Forestry byproducts	Wood blocks, wood chips from thinnings	Tradeable, electricity and heat
Industry	Industrial residues	Industrial waste wood	Tradeable, electricity and heat
		Fibrous vegetable waste from virgin pulp production and from production of paper from pulp, including black liquor	Non-tradeable, waste
		Wet cellulosic industrial residues and slaughter house waste	Omitted
	Industrial products	Pellets, bio-oil (pyrolysis oil), ethanol, biodiesel	Tradeable, electricity and heat, transportation
Waste	Parks and gardens	Prunings, grass	Tradeable, electricity and heat
	Contaminated waste	Demolition wood	Non-tradeable, waste
		Biodegradable municipal waste	Non-tradeable, waste
		Biodegradable landfilled waste, landfill gas	Non-tradeable, waste
		Sewage sludge	Non-tradeable, waste

Source : BTG (2004), Bio-energy's role in the EU energy market A view of developments until 2020

La même étude classe les sources de combustible biomasse commercialisable pour la production de chaleur et d'électricité de la manière suivante :

Table 3 Classification des sources de combustible biomasse commercialisable pour la production de chaleur et d'électricité

Supply sector	Type	Example
Agriculture	Dry ligocelulosic agricultural residues	Straw
	Dry lignocellulosic energy crops	Short-rotation wood, miscanthus
Forestry	Forestry byproducts	Wood blocks, wood chips from thinnings
Industry	Industrial residues	Industrial waste wood, exception: fibrous vegetable waste from virgin pulp production and from production of paper from pulp
		Not included: Wet cellulosic industrial residues
	Industrial products (imported)	Pellets, bio-oil (pyrolysis oil), ethanol, biodiesel
Waste	Parks and gardens (clean wastes)	Prunings, grass

Source : BTG (2004), Bio-energy's role in the EU energy market A view of developments until 2020

2.1.2. Le bois et ses caractéristiques énergétiques

Le bois énergie ou dendroénergie n'est pas un concept neuf. C'est la forme de biomasse la plus utilisée pour la génération d'énergie. Depuis les débuts de la civilisation, le bois a été utilisé pour se chauffer et cuire les aliments. Il joua le premier un rôle en tant que source d'énergie au début de la révolution industrielle avant d'être remplacé par le charbon et le pétrole. Ceux-ci étant devenus moins onéreux, plus aisés à manipuler et ayant un contenu énergétique plus élevé.

Pour comprendre les réactions dans les procédés de valorisation énergétique de bois, il est nécessaire de préciser l'origine, la composition et la structure du bois.

C'est un matériau naturel produit par les arbres à partir d'eau, de CO₂ et de soleil au travers du processus de photosynthèse. La production photosynthétique est décrite sommairement par l'équation suivante :



« Le bois est la matière ligneuse et compacte, plus ou moins dure, formée par les vaisseaux transporteurs de sève, aux parois riches en cellulose et en lignine et qui constitue le tronc, les racines et les branches des plantes ligneuses. »

La lignine est une substance organique complexe, constituant principal du bois qui imprègne les cellules, les fibres et les vaisseaux conducteurs, les rendant imperméables, inextensibles et rigides.

2.1.2.1. Composition chimique du bois

La composition élémentaire du combustible va déterminer le pouvoir calorifique et les conditions dans lesquelles doit s'effectuer sa combustion.

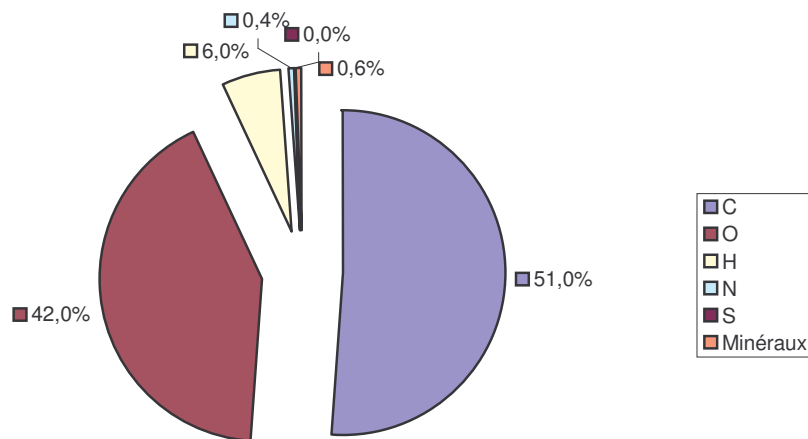
Le bois se compose généralement d'environ 50% de carbone, 42% d'oxygène, 6% d'hydrogène, 1% d'azote et 1% d'éléments divers. On retrouve parmi ces principaux constituants organiques la cellulose (50%) et la lignine (20%).

Table 4 : Répartition des différents constituants du bois

Constituants du bois	%
Cellulose	de 40 à 50 %
Hémi-cellulose	de 10 à 30 %
Lignine	de 15 à 30 %
Matières organiques et minérales	de 0,5 à 2 %

Source : ITEBE (2003)

Figure 4 Composition chimique du bois



Source: ITEBE (2003)

L'énergie stockée dans le bois est restituable en grande partie sous forme de chaleur et/ou d'électricité avec les techniques modernes.

Le comportement effectif des combustibles bois n'est pas seulement régi par les caractéristiques thermiques de la substance organique constituante. Les propriétés physiques et chimiques du combustible jouent un rôle important dans le processus de combustion : humidité, granulométrie, masse volumique apparente, spécificité de la surface, taux de cendres, composition et propriétés des substances inorganiques (matières minérales, métaux, halogènes, etc.).

2.1.2.2. La masse volumique

La masse volumique représente la masse par unité de volume. Elle s'exprime en kg/m³.

La masse volumique varie d'une essence à l'autre

Par exemple, 1 mètre cube de hêtre pèse 1 tonne alors que 1 mètre cube d'épicéa pèse 760 kg (en bois frais).

On distingue la masse volumique réelle de la masse volumique apparente.

Dans le premier cas il s'agit du volume réel du bois, tandis que dans l'autre il s'agit du volume d'encombrement d'un empilement de combustible-bois (contient du bois + de l'air).

C'est important car le bois est souvent vendu par unité de volume alors que son contenu énergétique dépend de sa masse. Tous les bois brûlent et dégagent sensiblement la même quantité de chaleur à poids égal.

Les unités souvent utilisées sont: la stère, qui est une pile de billons de 1 m x 1 m x 1 m, et le mètre cube apparent de plaquettes (MAP).

On dit que 1 m³ réel = 1,5 stères = 2,5 MAP

Par exemple, la masse volumique du saule = 450 kg/m³ et la masse volumique apparente de chips de saule = 170 kg/m³.

Les bois durs ont une densité élevée et dégagent donc beaucoup de chaleur pour un faible volume, ce qui réduit la fréquence de chargement et le volume occupé par la réserve de bois. Par conséquent, il est intéressant d'avoir une masse volumique élevée.

2.1.2.3. Le pouvoir calorifique (PC)

Le PC, exprimé en MJ/kg ou en kWh/kg, correspond au contenu énergétique d'un combustible. C'est l'énergie produite par la combustion complète d'un combustible donné.

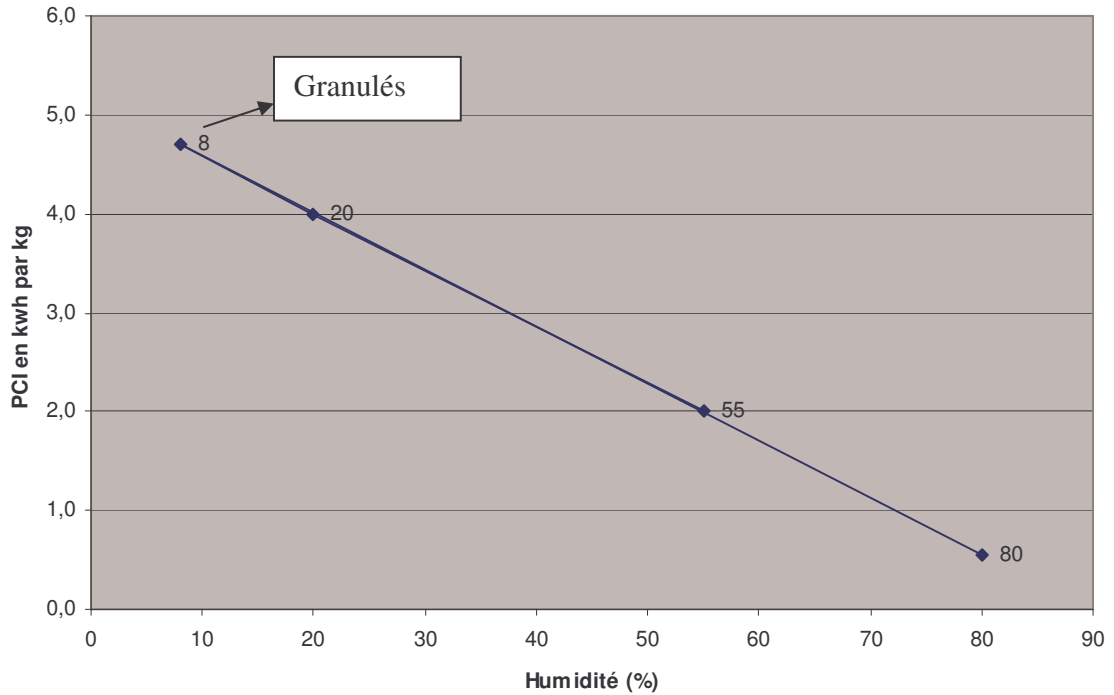
En brûlant, l'eau contenue dans le bois se vaporise. Il y a donc une perte d'énergie. Si on soustrait celle-ci, on obtient le PCI (pouvoir calorifique inférieur).

Quel que soit le type de bois (léger ou lourd, feuillu ou résineux), sa valeur calorifique vaut 18,4 MJ / kg de matière anhydre¹¹.

¹¹ Le pouvoir calorifique du mazout est de 36,4 MJ/l

Le pouvoir calorifique du bois dépend essentiellement de son humidité.

Figure 5 Evolution du PCI selon le taux d'humidité



Le PCI croît de 0,3 kWh/kg lorsque l'humidité diminue de 5%. Il varie aussi en fonction des minéraux présents. Plus il y a de minéraux, plus le PCI diminue.

Table 5 Relation entre taux d'humidité et PCI

	Humidité relative (ordre de grandeur en %)	PCI (ordre de grandeur en MJ/kg)	Equivalence en litre de mazout
Bois frais	50	7,7	0,2
Bois sec 1 an	30	11,8	0,3
Bois sec 2 ans	20	13,9	0,4
Bois anhydre	0	18,4	0,5

Source : Valbiom (2004), La Filière bois énergie.

Toutefois, comme vu précédemment, les équivalences dépendront de facteurs tels que le taux d'humidité présent dans le bois, du PCI du bois et donc du type de combustible.

Table 6 : Valeurs moyennes pour divers combustibles bois

Valeurs moyennes pour :	Granulés de bois	Plaquettes	Ecorces
PCI (kWh/kg)	4,4 à 4,6	3,3 à 3,9	1,6 à 2,8
Humidité sur brut	5 à 10 %	20 à 30 %	40 à 60 %
Masse volumique (kg/m ³)	700 à 750	200 à 300	250 à 500

Source : ITEBE (2005)

L'annexe D donne les équivalences énergétiques des combustibles bois (Source : ITEBE (2005)).

2.1.2.4. La densité énergétique

La densité énergétique est la quantité d'énergie contenue par unité de masse en kWh/kg ou J/kg ou par unité de volume J/m³.

2.1.2.5. La granulométrie

La granulométrie indique la taille des morceaux de plaquettes ou des granulés et permet de choisir les technologies les mieux adaptées pour l'alimentation et la combustion. Elle joue au niveau de la manutention des combustibles (transport, alimentation d'une chaudière...) mais également lors de la combustion.

Une granulométrie adéquate permet aussi l'optimisation du contact entre le combustible et le comburant (l'oxygène de l'air), améliorant l'efficacité de la combustion.

La technique de combustion choisie dépendra donc aussi de la granulométrie.

2.1.2.6. Quantité et type de cendres

La combustion du bois produit environ 1% de cendres par rapport au poids initial du combustible. Plus le combustible contient d'écorce, plus la part de cendres augmente.

Au niveau quantitatif, les éléments les plus importants dans les cendres de bois sont le calcium, le silicium, le potassium et le magnésium, soit principalement des oxydes.

Les teneurs en métaux lourds des cendres sont très variables.

La teneur en cendres doit être minimisée car celles-ci se déposent sur les surfaces des matériaux des chambres de combustion/fourneaux et peuvent ainsi altérer les transferts de chaleur et impacter l'efficacité de la combustion.

La composition et la formation de cendres sont elles-mêmes dépendantes de la température de combustion. Si les cendres altèrent la combustion, elles altèrent également indirectement leur propre composition.

Des études ont été menées pour tenter d'évaluer les possibilités de recyclage des cendres de combustion du bois en engrais.

2.1.2.7. La présence de polluants

Il s'agit de toute substance autre que de la biomasse qui serait mélangée à celle-ci.

Les polluants sont également à éviter pour l'efficacité de la combustion et pour leurs effets potentiels sur la santé et l'environnement.

2.1.2.8. Conclusion

En conclusion, un bon combustible bois doit avoir les caractéristiques suivantes:

- une humidité faible
- une teneur en cendres faible
- une température de fusion des cendres élevée
- un PCI élevé
- une masse volumique élevée.

2.1.3. Le bois ressource renouvelable

Nous avons vu que lors de la photosynthèse, l'arbre consomme du CO₂. Lorsqu'il brûle, le bois libère ce même CO₂. Le bilan carbone total au niveau des émissions est donc équilibré. C'est pour cela qu'on dit que le bois énergie peut jouer un rôle dans la lutte contre l'effet de serre en remplaçant des énergies fossiles.

De plus, il s'agit d'une ressource durable à condition que les forêts dont il provient soient gérées durablement et que l'on ne prélève pas plus de bois que les forêts n'en produisent.

Il est important de préciser que la CWAPE demande, au producteur d'électricité à partir de bois énergie, de fournir la preuve que, la quantité de CO₂ libérée par la combustion du bois utilisé, sera compensée par une capture de CO₂ au moins équivalente. Sans cela, le producteur n'aura pas droit aux certificats verts.

Ainsi, celui-ci doit prouver, soit en utilisant du bois labellisé¹², soit via des audits indépendants, que le bois répond bien à ces conditions.

2.2. Les sources de bois-énergie

Les sources potentielles de bois pour la production d'énergie peuvent être multiples.

Il peut s'agir de produits issus de la filière bois tels que :

- des sous-produits d'exploitation forestière (éclaircies, houppiers, têtes de résineux, etc.) ;
- des produits connexes des entreprises de transformation du bois (sciure, dosses, délignures, chutes de découpe de planches).

Ils peuvent également provenir de l'agriculture comme par exemple :

- de cultures énergétiques comme le taillis à très courte rotation (TtCR) où des arbres à croissance rapide, généralement du saule ou du peuplier, sont cultivés à la seule fin énergétique et récoltés environ tous les trois ans.

D'autres sources existent également comme :

- des coupes d'entretien de bord de route, de haies.
- du bois de rebut (parc à conteneurs, palettes, etc.). Bien que ceux-ci sont en général évités car souillés par diverses substances (peinture, etc.) ou d'objets métalliques comme des clous. Ceci les rends « impropres » à la combustion.

Dans les pays pauvres, le bois de feu peut également provenir de forêts naturelles, de jachères arborées et arbustives, de boisements ou reboisements, de plantations d'arbres, de systèmes agroforestiers (ex : fruitiers), de la brousse selon l'endroit où les populations habitent.

Dans les pays de l'OCDE, les sources de BE les plus utilisées pour la production d'électricité sont les résidus forestiers et les résidus de l'industrie du bois.

On a très peu d'exemples de taillis à courte rotation pour la production électrique, bien que cette source agricole pourrait devenir très importante si les politiques de promotion adéquates sont adoptées.

2.3. Les formes de combustibles

Le bois énergie peut prendre diverses formes. Parmi les plus courantes on retrouve les poussières de ponçage, copeaux, les bûches, les plaquettes et les granulés. D'autres formes existent également, mais sont moins largement utilisées: les écorces, les noyaux de déroulage, etc.

¹² Voir le chapitre sur les critères environnementaux.

Les écorces, par exemple, de part leur humidité et leur taux de cendre élevés sont difficilement valorisables pour l'énergie sauf dans de grosses chaufferies.

Les poussières de bois

Les poussières de bois proviennent de l'industrie de transformation du bois où elles sont récoltées. Elles ont un diamètre inférieur à 2mm, ce qui est plus petit que de la sciure. Elles peuvent être utilisées dans la production d'électricité dans des centrales à charbon existantes et ne nécessitent pas de broyage préalable, ce qui est techniquement et économiquement intéressant.

Les copeaux

Les copeaux sont des éclats de bois résultant d'activités comme le rabotage dans les industries de transformation de bois.

Ils sont en général produits en mélange avec la sciure ou la poussière de ponçage. Leur valorisation énergétique se fait dans des installations spécifiquement adaptées à ce mélange.

Les bûches

Il s'agit du combustible le plus connu du grand public traditionnellement utilisé dans les poêles à bois ou les cheminées à feu ouvert. Les bûches demandent un endroit de stockage adapté et de nombreuses manipulations ce qui est trop coûteux pour l'utilisation dans des installations de chauffage collectif ou industriel. Il s'agit d'un combustible très hétérogène (gabarit, essence, humidité, etc.) qui est commercialisé en stères.

Plaquettes (ou chips)

Les plaquettes sont des morceaux de bois déchiquetés issus de la coupe mécanique de bois. Leur principal avantage est l'homogénéité de leur forme et de leur taille (elles ont la forme de copeaux plats d'environ 3 cm) qui permet de faciliter le stockage, le séchage et le transport du combustible ainsi qu'une alimentation automatique des chaudières. Ces plaquettes peuvent être utilisées dans un chauffage central au bois (à plaquettes). Elles sont plutôt adaptées à des grosses installations.

On les utilise également pour la production d'électricité via un procédé de gazéification.

Il est difficile pour des particuliers de se les procurer dans un conditionnement adéquat pour de petites quantités. Elles ont également comme désavantage d'être moins propres et de ne pas avoir de caractéristiques physiques et chimiques aussi stables que les granulés de bois. Cela les pénalise lors d'une combustion avec des faibles quantités. Par contre elles sont moins onéreuses que les granulés. On les commercialise en général en MAP.

Granulés de bois ou pellets

Les granulés de bois ou pellets sont des combustibles de forme cylindrique fabriqués à partir de déchets de bois de petites dimensions, en général de la sciure. La matière première peut toutefois être composée de copeaux ou de rémanents forestiers. Lorsqu'il s'agit de paille, de céréales ou de déchets végétaux on parle toujours de pellets (mais pas de bois). Elle est séchée et condensée pour obtenir les granulés. La production des granulés se fait sans utilisation d'additifs chimiques, l'agent liant étant la lignine naturelle du bois.

Leur diamètre varie entre 5 et 12 mm pour une longueur allant jusqu'à 50 mm. La qualité de la matière première (notamment sa teneur en eau) est déterminante pour obtenir un granulé de qualité.

Ces granulés sont le plus souvent utilisés dans des poêles ou chaudières conçus à cet effet et peuvent aussi être brûlés après broyage pour la production d'électricité dans des centrales converties à ce type de combustible.

2.4. Utilisation du bois comme source d'énergie dans le monde

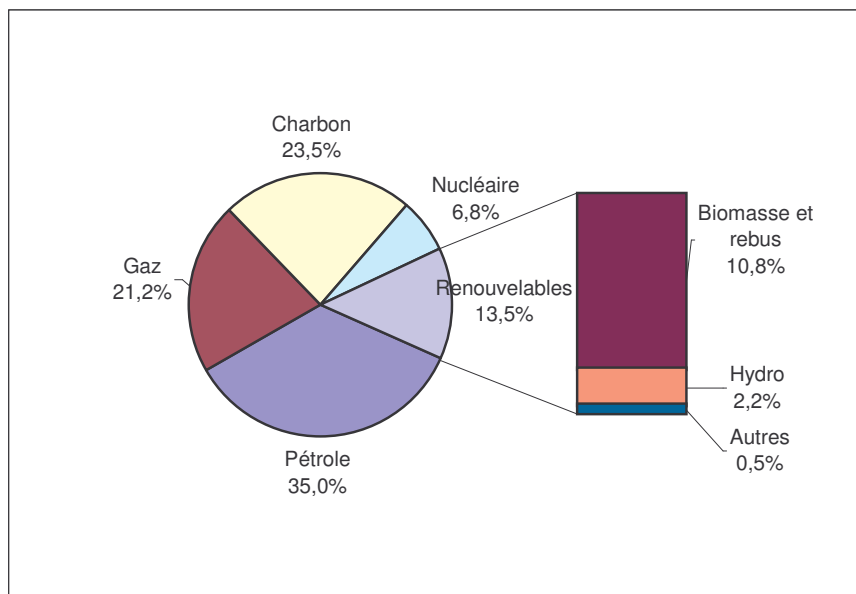
2.4.1. La place actuelle du bois dans l'approvisionnement énergétique du monde.

Les chiffres de la biomasse donnent une première idée de la situation du bois énergie, car celui-ci en représente la plus grande partie.

Aujourd'hui, à l'échelle mondiale, la biomasse (d'origine forestière, agricole et urbaine) satisfait encore environ 14 % de la demande énergétique.

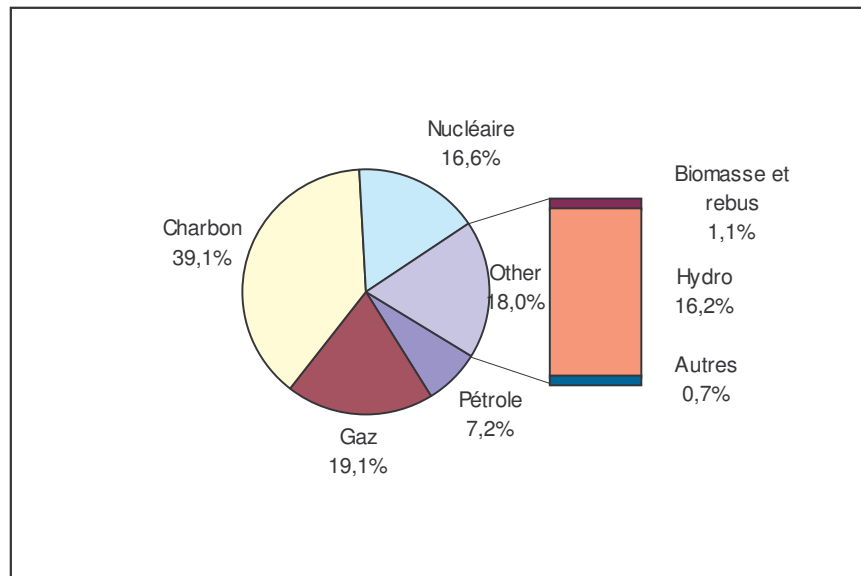
La biomasse représentait, en 2002, 11% de l'offre totale d'énergie primaire dans le monde. Alors qu'au niveau de la production électrique, la part de la biomasse représentait toujours en 2002 à peine 1% .

Figure 6 : Part de la biomasse dans l'offre d'énergie primaire totale mondiale 10,3 Mtep en 2002



Source : IEA Renewables information 2004

Figure 7 : Part de la biomasse dans la production électrique mondiale 3,76 Mtep en 2002



Source : IEA Renewables information 2004

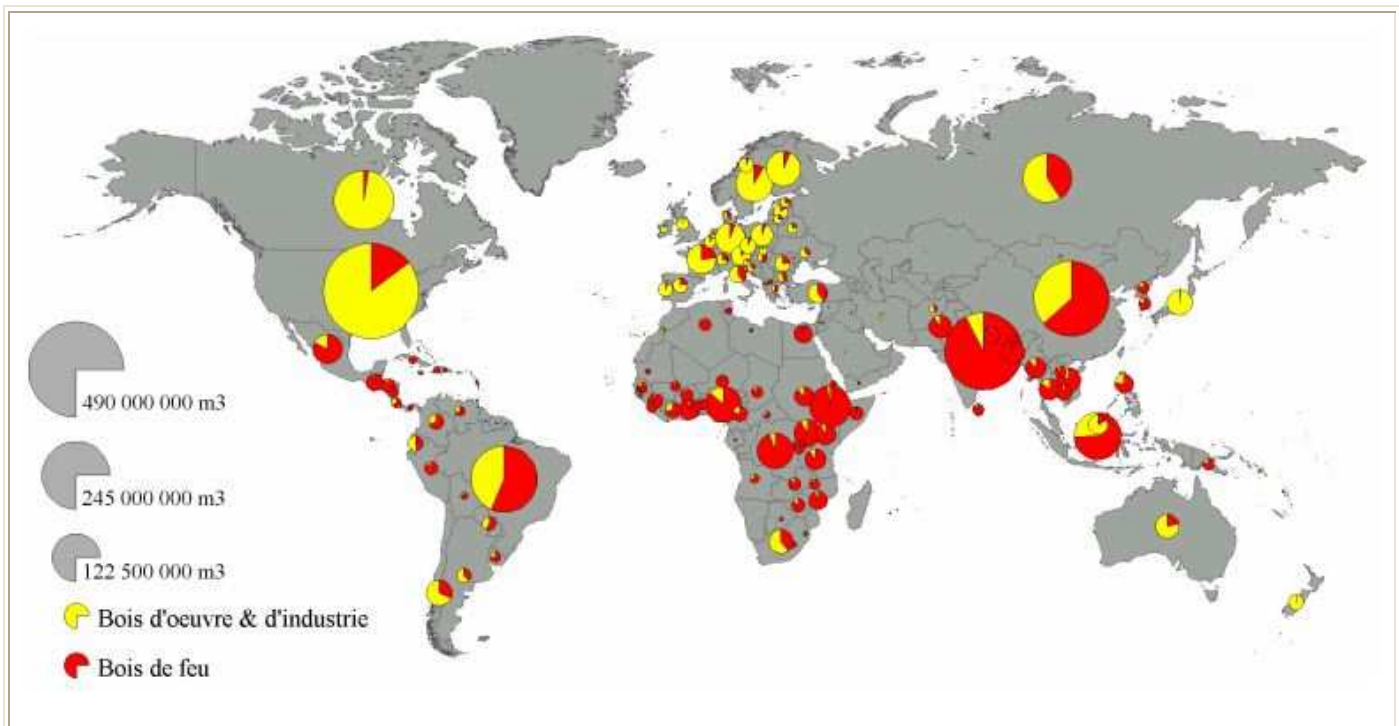
Le BE représente toujours la principale source d'énergie dans les pays en voie de développement. En Asie du Sud et du Sud Est par exemple, 20 à 80% de la demande d'énergie sont satisfaits par le bois.

Le bois ne joue qu'un rôle marginal dans l'approvisionnement énergétique des pays industriels sauf dans certaines zones rurales. En Europe de l'Ouest, le bois ne satisfait qu'une faible part des besoins en énergie : 2 % en moyenne.

2.4.2. Utilisation du bois dans le monde

On estime qu'un peu plus de la moitié de la production de bois sert à produire de l'énergie. Pour le reste, le bois est utilisé comme bois d'œuvre et de trituration. Comme le montre la figure ci-dessous, la répartition entre ces différents usages varie fortement d'une région à l'autre.

Figure 8 : Type de consommation de bois dans le monde, en équivalent bois rond (EBR).



Source : CIRAD-Forêt (2003), Jean-Marc Roda , Nouvelles perspectives pour les filières forestières tropicales.

Ainsi, la très grande majorité des pays africains se caractérise par la prédominance de l'utilisation du bois à des fins énergétiques. Il en est de même pour le continent asiatique, à l'exception toutefois du Japon et, dans une moindre mesure, de la Chine. C'est également le cas de l'Amérique centrale alors qu'en Amérique du Sud cela varie de pays à pays.

La consommation de bois des PED n'a cessé d'augmenter depuis les années 1960 en parallèle avec leur croissance démographique, en passant de 1,2 à 2 milliards de m³ par an aujourd'hui. C'est probablement lié au fait que le BE représente encore près des trois quarts de la consommation totale des bois dans les pays en développement, ce qui constitue une caractéristique majeure d'un grand nombre de pays tropicaux.

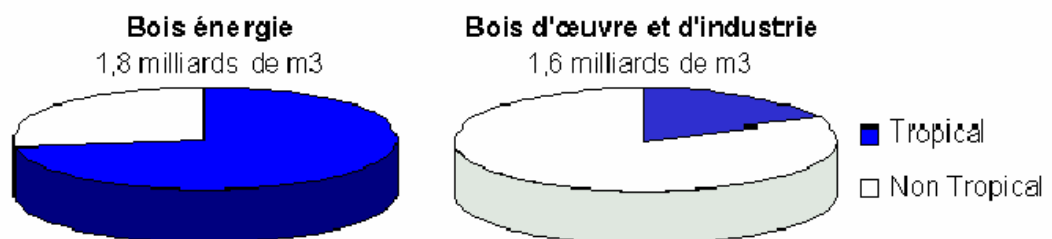
Par contre, dans les pays développés, la consommation est relativement stable en dessous de 1,5 milliard de m³ depuis les années 1980 et la part du BE ne représente que moins du quart de la consommation totale des bois.

2.4.3. Le Commerce international du bois

Si on analyse le commerce international de bois, on se rend compte que les volumes exportés sont assez faibles par rapport au volume total. Ceci est dû au fait que le bois est lourd et que son transport en devient coûteux. Il est donc essentiellement consommé sur place.

On constate donc logiquement que plus de 80% (soit 1,3 milliard de m³) des bois tropicaux sont utilisés pour l'énergie alors que pour les bois non tropicaux, cette proportion tombe à 30%. De plus, le bois tropical fournit près de 70% du bois énergie et moins de 20 % (soit 280 millions de m³) du bois d'œuvre et d'industrie.

Figure 9 : Part des bois tropicaux dans la consommation mondiale, en équivalents bois rond.



Source : CIRAD-Forêt (2003), Jean-Marc Roda , Nouvelles perspectives pour les filières forestières tropicales.

Moins le bois est transformé, moins il est intéressant de le transporter sur de longues distances. Ainsi, le commerce international de bois pour l'énergie est nettement plus faible (moins du centième de bois d'énergie non tropical et moins du dix millièmes du bois d'énergie tropical sont exportés) que celui de bois destinés à l'œuvre ou à l'industrie (près de 9 et 7 % des bois bruts respectivement tropicaux et non tropicaux).

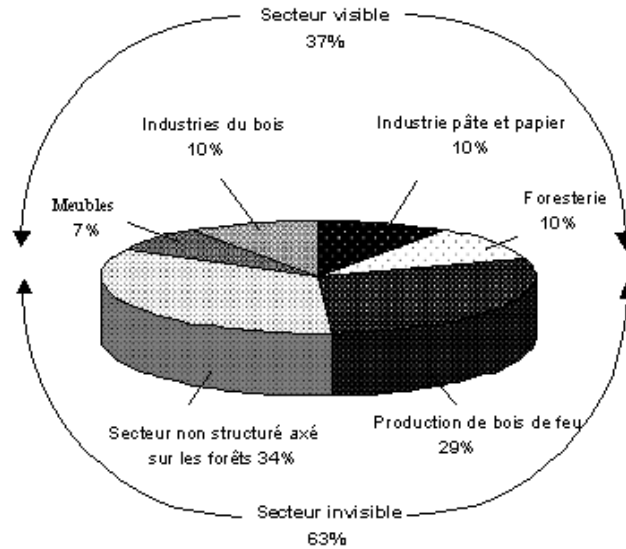
En conclusion, les forêts intertropicales exportent quatre fois moins de bois que les forêts tempérées et boréales d'Europe et d'Amérique.

2.4.4. Les emplois dans le bois.

Au niveau mondial, les emplois, dans le secteur forestier, s'élèvent à environ 47 millions d'équivalents plein temps. Dans le secteur structuré, les emplois sont plus de 17 millions, tandis que dans le secteur non structuré, on en compte beaucoup plus (Figure 10). Les chiffres pour ce dernier sont fondés sur des estimations approximatives.

Les 15 pays se classant en tête pour ce qui est des emplois dans l'industrie du secteur forestier structuré sont indiqués à la Figure 11 .

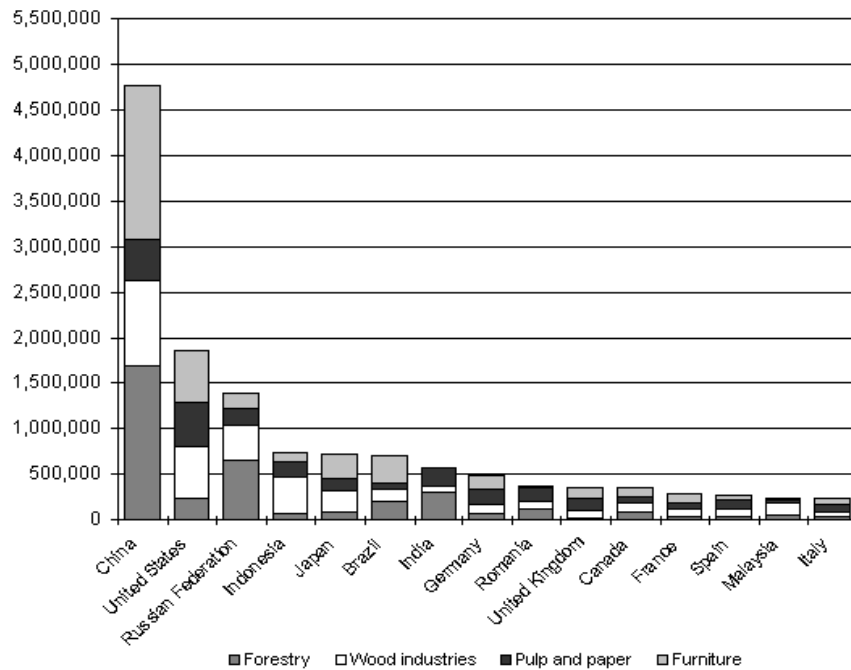
Figure 10 : Les emplois dans le secteur forestier au niveau mondial (1997)



Source: Poschen, 1997 (mis à jour 2001).

Source: Peter Blombäck et Peter Poschen (2003)

Figure 11 : Emplois dans les industries forestières: les 15 premiers pays (fin des années 1990)



Source: Peter Blombäck et Peter Poschen (2003)

Même si le secteur forestier est l'un des plus intensifs en main-d'oeuvre, la tendance dans le monde est à la baisse des effectifs.

En effet, la mondialisation, qui entraîne une concurrence plus importante, des changements structurels et des fusions et acquisitions, ainsi que l'utilisation d'un matériel sophistiqué, ont progressivement augmenté la productivité et réduit les effectifs.

Dans plusieurs pays en développement la pénurie de matière première, la restriction de l'abattage et la lutte contre les coupes illégales menacent les emplois et les moyens de subsistance des populations. En Chine seulement, ces mesures touchent plus de 1,2 millions de travailleurs forestiers.

A certains endroits, l'emploi a aussi été affecté par l'interdiction d'exploiter les forêts et d'autres restrictions connexes.

D'après les chiffres obtenus auprès de la commission européenne, il y avait 271.811 travailleurs dans la sylviculture des UE15 en 2002. Ce chiffre étant sous-estimé car il ne comprend pas les nombreux travailleurs indépendants actifs dans ce secteur.

La main d'œuvre totale en Europe et dans la CEI devrait se réduire de 7% au cours de la prochaine décennie.

Dans certains pays en développement pourtant, lorsqu'ils ne sont pas confrontés à des pénuries de ressources forestières, la situation est un peu meilleure. Parfois, les emplois ont augmenté et devraient continuer de le faire à moyen terme. C'est le cas en Asie et en Amérique latine, où plusieurs pays ont bénéficié de l'accroissement des investissements étrangers directs et de la progression des marchés d'exportation.

Néanmoins, ces créations d'emplois devraient être freinées par la compétition croissante entre les pays à faibles coûts de production.

Une autre tendance générale est la diminution des emplois dans le secteur de subsistance, peut-être plus lentement en Afrique. Tandis que les emplois informels, offrant un revenu très faible et incertain et de médiocres conditions de travail, augmentent probablement dans la plupart des pays en développement.

2.4.5. La situation du bois-énergie dans les PED

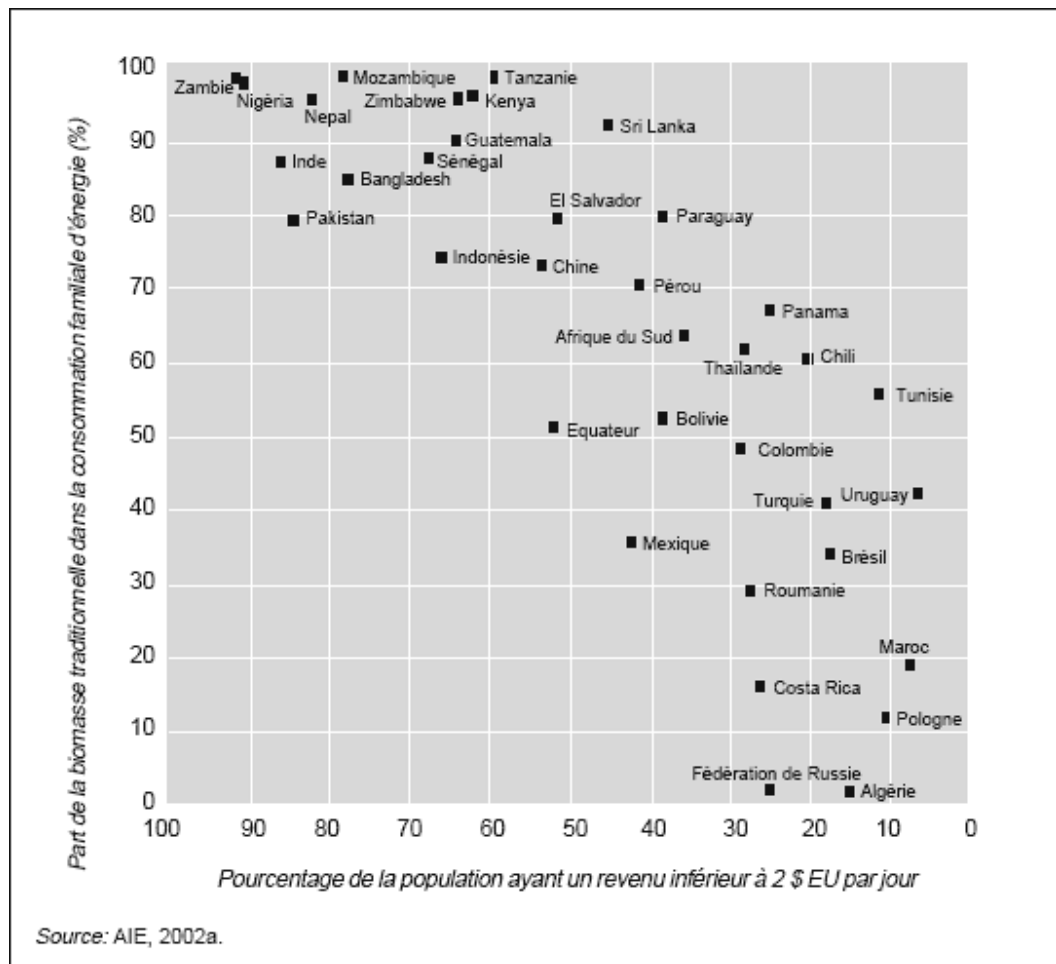
Les combustibles issus de la biomasse, dont le bois de feu et le charbon de bois, représentent jusqu'à 90% des besoins énergétiques des ménages en Afrique subsaharienne, 70% dans la Chine rurale et entre 30 et 90% de ces besoins en Amérique Latine.

On les retrouve surtout dans le secteur des ménages (chauffage et cuisine), dans les petits commerces et industries (ex : fabriques de briques, petite restauration) et quelques agro industries (fabriques de sucre et d'huile de palme).

Plusieurs facteurs importants expliquent cette situation.

On observe une corrélation étroite entre l'emploi de la biomasse comme source d'énergie et la pauvreté.

Figure 12 : Pauvreté et part de la biomasse traditionnelle dans la consommation familiale d'énergie



Source : Unasylva 211, Vol. 53, 2002, JP Horgan, L'économie du bois-énergie.

Or la majorité des 2,8 milliards de personnes qui gagnent moins de 2 \$US par jour se trouvent dans ces régions. Ils n'ont tout simplement pas les revenus nécessaires pour ce procurer des combustibles, sauf le bois qui est souvent gratuit.

De plus, que ce soit dans les régions rurales ou dans les villes, les autres sources d'énergie ne sont parfois tout simplement pas disponibles. Cela peut être dû au manque d'infrastructures du pays (réseau électrique, routes, etc.) ou de la région, à la faiblesse des réseaux de distribution de ces combustibles, aux distances à parcourir ou que la demande est bien plus élevée que l'offre.

Enfin, les coutumes locales, la peur ou le manque d'(in)formation peuvent être un frein à l'usage d'autres combustibles.

L'importance des flux migratoires, entre le monde rural et les villes, de même que la forte croissance démographique des pays du sud, notamment celle de leurs populations urbaines, exacerbent les déséquilibres entre l'offre et la demande en ressources énergétiques. Toutefois, l'urbanisation et les exigences de la vie urbaine entraînent une moindre utilisation du bois.

Certaines industries, comme les scieries ou les papeteries, utilisent la biomasse (bois ou sous-produit de leur activité principale) car il s'agit pour elles d'un combustible gratuit, qui sinon, risquerait même de leur coûter si elles devaient s'en débarrasser autrement.

Deux études réalisées aux Philippines, dans la province de Cebu en 1992 et en 2002¹³, montrent des évolutions qui pourraient être extrapolables à l'ensemble des PED.

Leurs conclusions montrent que la consommation de bois de feu tend à diminuer proportionnellement à l'augmentation du revenu, de l'urbanisation et du déboisement. Tandis que l'urbanisation tendrait à accroître la consommation de charbon de bois alors que l'augmentation du revenu la réduit.

Il est important de noter que dans les pays pauvres, la collecte, la production, la distribution et le commerce de biomasse combustible sont à la base d'une réelle industrie parfois très prospère et durable. Ces activités assurent des revenus, emplois et moyens de subsistances à des millions de gens aussi bien en ville qu'à la campagne.

2.4.5. La situation du bois-énergie dans les pays développés

Dans les pays développés, aujourd'hui, le bois-énergie n'est que rarement utilisé par les ménages, qui préfèrent les combustibles fossiles. Les problèmes tels que l'image archaïque du bois de chauffage, les efforts à fournir (comme le travail de manutention, le stockage du bois et le chargement des appareils), l'approvisionnement, la fumée et l'efficacité énergétique des équipements n'ont pas facilité les choses.

Dans le secteur industriel, on en fait usage lorsque le bois est un sous-produit de l'activité. C'est le cas par exemple, dans le secteur de l'industrie du bois ou des fabricants de papier, pour générer de l'électricité ou de la chaleur qui sera utilisée dans les processus de fabrication ou pour le chauffage des locaux.

Depuis quelques années, certains facteurs ont donné un regain d'intérêt pour le bois comme source d'énergie.

¹³ Bensel et Remedio, 1993 et Bensel et Remedio, 2003

L'utilisation du bois énergie est perçue comme un des moyens de lutte contre les émissions de GES et plus particulièrement de CO₂.

Du point de vue socio-économique, le développement de la biomasse et du bois énergie pourrait être une solution pour créer des nouveaux emplois. La production de combustibles à partir du bois est une activité intensive en main d'œuvre même pour des travailleurs peu ou pas qualifiés. Elle permettrait aussi:

- une dynamisation de l'exploitation forestière ;
- de nouveaux débouchés pour les agriculteurs et les exploitants forestiers
- la valorisation de résidus entraînant une réduction des déchets à traiter.
- Cette activité permet un développement régional car elle crée ou entraîne une plus grande cohésion économique et sociale

Elle pourrait également contribuer à diminuer la dépendance énergétique de certains pays et améliorer la sécurité d'approvisionnement en énergie.

Les régions qui investiront les premières dans ce type d'énergie pourraient exporter leur « know how » technologique et avoir un avantage concurrentiel dans ce domaine.

Tous ces éléments ont été à l'origine de mesures prises par les pouvoirs publics afin de favoriser le bois-énergie.

En Europe, ces mesures commencent à porter leur fruit. En 2003, la production d'énergie primaire à partir de bois a été de 43 Mtep pour l'ensemble des pays de l'Europe des 15.¹⁴ Notons que les chiffres sont très difficiles à estimer car les méthodologies de récolte diffèrent selon les pays et qu'une bonne partie des échanges de bois, surtout pour le chauffage transigent en marge des circuits commerciaux. D'après le baromètre du bois énergie, la France est le leader au niveau de la production.

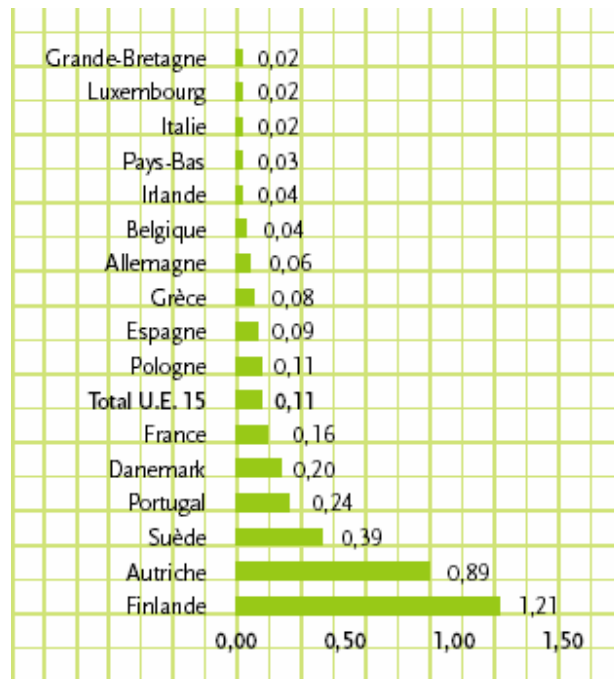
¹⁴ EurObserv'ER, WOOD ENERGY BAROMETER - 2004

Figure 13 : Energie primaire provenant du bois énergie dans les pays de l'UE à 15 (en millions de TEP)

(en Mtep/in Mtoe)	2002	2003 (estimate)	Croissance en %
France	8,50	9,28	9,2
Suède	7,40	7,92	7,0
Finlande	6,25	6,31	1,0
Allemagne	4,33	4,81	11,1
Espagne	3,60	3,73	3,6
Autriche	2,84	3,19	12,3
Portugal	2,45	2,41	-1,6
Italie	1,46	1,46	0,0
Danemark	1,01	1,09	7,9
Grande-Bretagne	0,74	0,94	27,0
Grèce	0,87	0,85	-2,3
Pays-Bas	0,54	0,46	-14,8
Belgique	0,38	0,40	5,3
Irlande	0,14	0,14	0,0
Luxembourg	0,01	0,01	0,0
TOTAL U.E. 15	40,52	43,00	6,1
Pologne	4,10	4,10	0,0

On constate des croissances parfois impressionnantes.
 Au niveau de la consommation par habitant, le top 5 est constitué de la Finlande, l'Autriche, la Suède, le Portugal et le Danemark.

Figure 14 : Energie primaire provenant du bois énergie en TEP par habitant dans les pays de l'UE à 15 et en Pologne en 2003.



La majeure partie de l'énergie primaire issue du bois est valorisée sous forme de chaleur. 83,4 % sur l'ensemble de l'UE, la valorisation électrique se limitant à 16,6%.

En ce qui concerne la production d'électricité, on retrouve à nouveau la Finlande et la Suède aux premières places, suivies de l'Italie. On constate une augmentation de 13,6% de la production d'électricité dans l'UE15 entre 2003 et 2002 principalement du fait de ces 3 pays.

L'électricité est le plus souvent produite à partir d'installations de cogénération produisant de manière conjointe chaleur, électricité et éventuellement vapeur.

Pour la chaleur, on distingue des applications de chauffage individuel et des applications de chauffage collectif et industriel.

Dans le premier cas on parle de chaudières, inserts, poêles ou foyers ouverts.

Les chiffres et les méthodologies d'inventaire diffèrent selon les pays et ils sont donc difficiles à suivre.

En Autriche et en Suède on favorise surtout les appareils de chauffage automatiques, fonctionnant avec des granulés de bois (ou pellets).

Les chauffages collectifs et industriels alimentent via des réseaux de chaleur des bâtiments privé ou publics comme des hôpitaux, des écoles, des piscines etc.

Dans le milieu industriel, on valorise en général des déchets de bois issus du processus de production des entreprises. De plus en plus, on y utilise la cogénération d'électricité.

Le Baromètre du Bois Energie déduit à partir du Livre blanc de 1997, des objectifs nationaux et d'estimations d'experts un objectif pour le bois énergie de 100 Mtep à l'horizon 2010.

Le rythme actuel nous amènerait à 69 Mtep. Il reste donc de gros efforts à effectuer par l'Union pour atteindre cet objectif. Les pays mentionnés plus haut ont montré que le bois énergie pouvait constituer une source d'énergie non négligeable à condition de vouloir mettre en place les politiques adéquates de promotion de ce combustible.

Des pays comme la France, l'Espagne ou l'Italie disposant d'importantes ressources forestières pourraient augmenter leurs efforts.

3. L'IMPORTATION DE BOIS ENERGIE EN WALLONIE : LE CAS DES GRANULES

Cette partie est consacrée à l'analyse des critères socio-économiques, environnementaux et géostratégiques pouvant influencer un agent économique ou public à importer du bois énergie en Wallonie. Pour cela nous prenons pour exemple le cas des granulés de bois. Mais avant cela, nous faisons le bilan de la situation et du potentiel de bois énergie en Wallonie.

3.1. Situation actuelle du bois-énergie en Wallonie

L'utilisation de bois en Wallonie en tant que source d'énergie n'est pas nouvelle. De nombreux ménages se chauffent déjà au bois en utilisant des techniques largement répandues telles que les feux ouverts, des poêles ou des inserts.

Le tableau ci-après synthétise les données de production d'énergie primaire à partir de la biomasse en 2003. Les déchets forestiers utilisés dans l'industrie et le bois de chauffage en constituent la majeure partie.

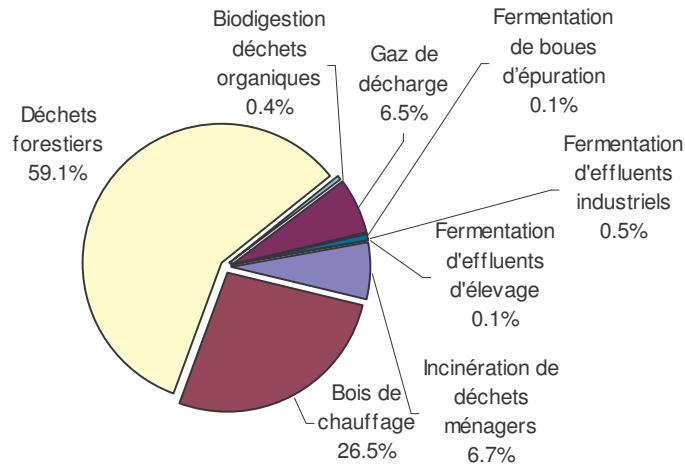
Table 7 : Récapitulatif de la production d'énergie primaire à partir de la biomasse en Wallonie en 2003

Type d'énergie renouvelable	Production primaire (ktep)	Production primaire (GWh)	Evolution 2003/2002	Part (%)	Electricité nette (GWh)	Chaleur (ktep)	Total valorisé ktep
Incinération de déchets ménagers	23.40	272.1	+8%	6.7%	45.3	0.0	3.9
Bois de chauffage	93.00	1081.4	+1%	26.5%	0.0	93.0	93.0
Déchets forestiers et agricoles	207.19	2409.2	0%	59.1%	154.7	171.6	184.9
Biodigestion déchets organiques	1.46	16.9	+55%	0.4%	4.5	0.2	0.6
Gaz de décharge	22.62	5.1	-5%	6.5%	76.7	0.9	7.5
Fermentation de boues d'épuration	0.44	21.2	-30%	0.1%	0.5	0.3	0.3
Fermentation d'effluents industriels ⁽¹⁾	1.83	5.7	-14%	0.5%	3.9	1.2	1.6
Fermentation d'effluents d'élevage	0.49	263.0	+210%	0.1%	1.6	0.1	0.3
Total	350.43	4074.6	0%	100%	287.2	267.3	292.1

(1) : Sucreries et autres industries agro-alimentaires

Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

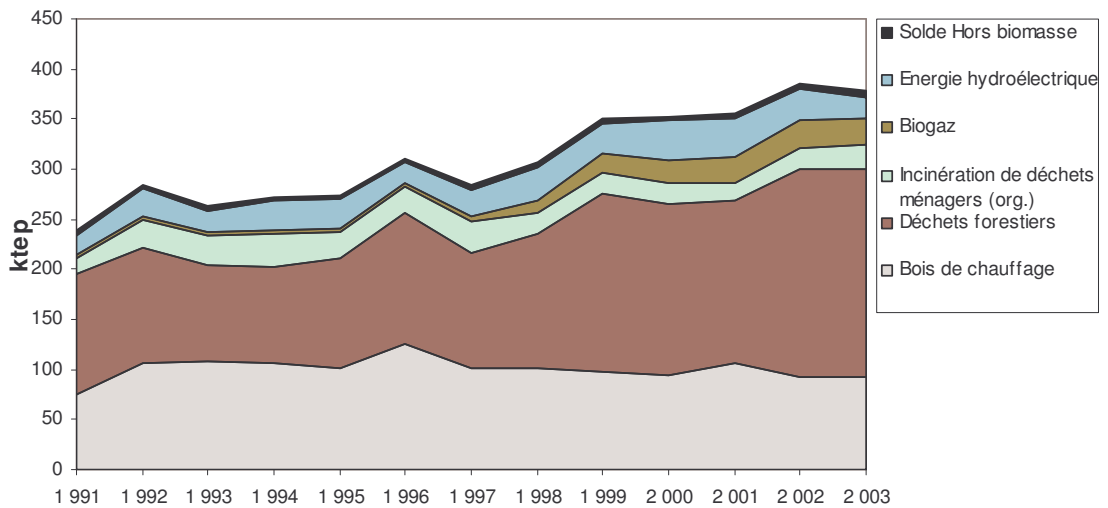
Figure 15 : Part des énergies dans le total d'énergie primaire de type biomasse en Wallonie en 2003



Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

Nous pouvons également analyser l'évolution dans le temps des différentes sources d'énergie dans le total de production primaire d'énergies renouvelables.

Figure 16 : Evolution de la contribution des différentes sources d'énergies dans le total de production primaire d'énergies renouvelables en Wallonie (1991-2003)



Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

La biomasse représente une très large part (92.6 %) du total, le bois de chauffage et les déchets forestiers en constituant à eux seuls 79.3 %.

Cependant 150 ktep sont importés sous forme de bois énergie, il ne s'agit donc pas à proprement parler d'une production locale. On constate l'énorme progression du bois énergie provenant de déchets forestiers sur la période.

Les productions de vapeur et d'électricité à partir de la combustion de déchets forestiers ou agricoles sont reprises ci-après. La production primaire est de 207 ktep.

Table 8 : Production d'énergie à partir de la valorisation de déchets de bois en Wallonie en 2003

Total	Production primaire	Vapeur produite	Electricité brute	Electricité nette
ktep	207.2	174.1	18.0	13.3
GWh	2 409.2	2024.2	209.3	154.7
TJ	8673.1	7287.2	753.4	556.9

Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

Lorsqu'on observe l'évolution, la production primaire en 2003 est en baisse de 7% par rapport à celle de 2002, la production électrique est en baisse de 6%.

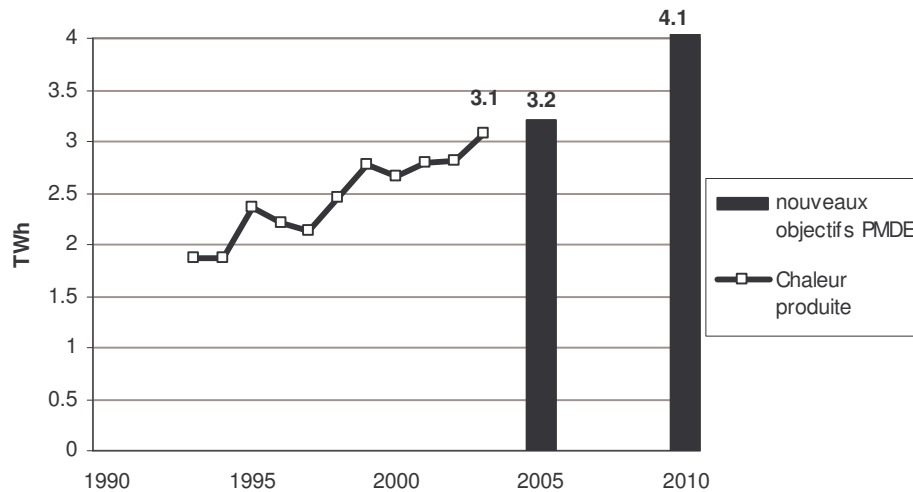
Table 9 : Evolution du bois-énergie primaire, hors résidentiel, en Région Wallonne (1993-2003)

Année	Bois « industriel » (TJ)	Bois « industriel » (ktep)	Bois « industriel » (GWh)	1993 = 100
1993	2 458.5	58.7	683	100.0
1994	2 458.5	58.7	683	100.0
1995	4 603.8	110.0	1 279	187.3
1996	3 514.1	83.9	976	142.9
1997	3 452.2	82.5	959	140.4
1998	5 534.1	132.2	1 537	225.1
1999	7 362.1	175.9	2 045	299.5
2000	7 121.3	170.1	1 978	289.7
2001	6 795.1	162.3	1 888	276.4
2002	8 712.3	208.1	2 420	354.4
2003	8 673.1	207.2	2 409	352.8

Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

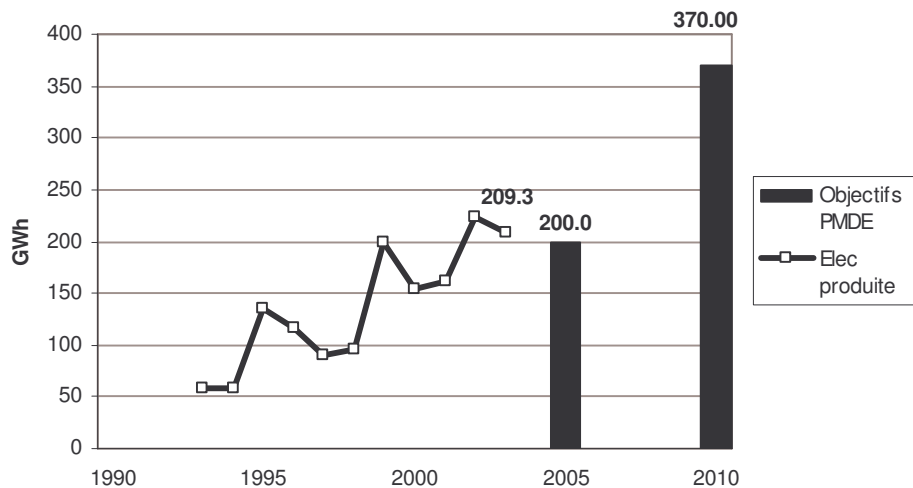
Les figures qui suivent permettent de visualiser la situation et l'évolution de la production de chaleur et d'électricité par rapport aux objectifs du Plan pour la maîtrise durable de l'énergie. L'évolution est conforme aux objectifs.

Figure 17 : Evolution de la production de chaleur bois-énergie (bois chauffage et déchets de bois) et objectifs du PMDE 2005-2010 (en TWh)



Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

Figure 18 : Evolution de la production brute d'électricité bois-énergie et objectifs du PMDE 2005-2010 (en GWh)



Source : ICEDD, Bilan Energétique Wallon 2003, Energies Renouvelables, Mars 2005

3.2. Le potentiel du bois-énergie en Wallonie

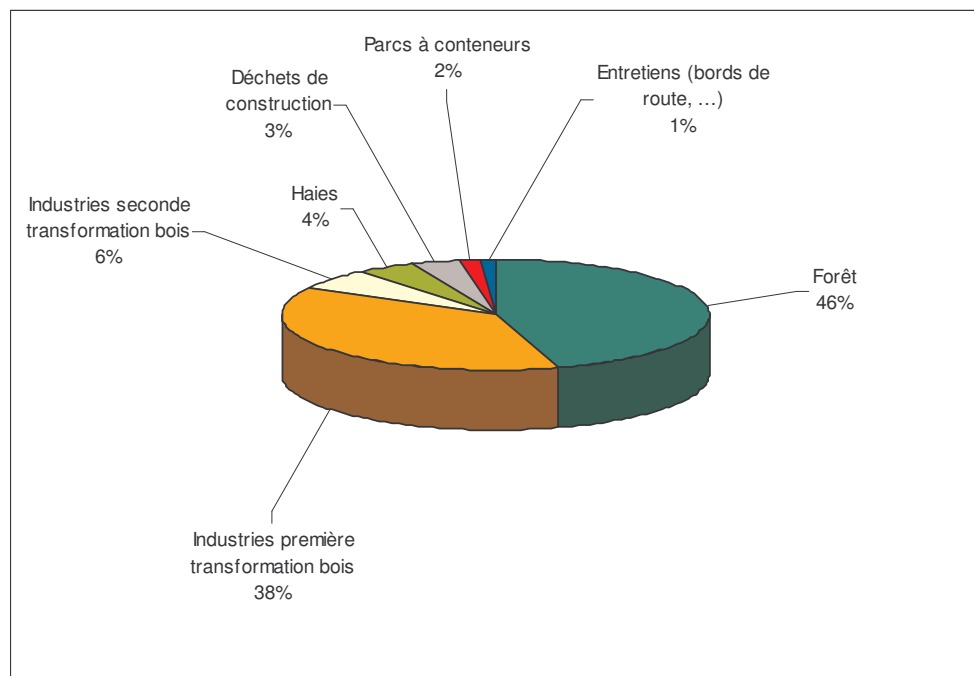
Comme dans toutes les régions forestières, les sources potentielles de BE en Wallonie sont nombreuses et variées.

La forêt wallonne couvre 544.000 ha, soit 32% du territoire. Elle appartient pour 50% au public (200 propriétaires) et 50% au privé (100.000 propriétaires) et elle est composée de 50% feuillus et de 50% résineux. Quant à la productivité moyenne, elle est de 6 à 7 m³/ha/an.

L'ensemble de la forêt wallonne produit environ 690.000 m³ de bois d'industrie par an et l'industrie de la première transformation environ 1.200.000 m³ de produits connexes par an. Les principaux produits qui pourraient constituer une ressource en BE sont :

- le bois de chauffage ;
- les résidus d'exploitation forestière ;
- les produits connexes de l'industrie du bois (1^{ière} et 2^{ème} transformation) ;
- le bois de rebut ;
- le bois issu de l'entretien des haies et des arbres isolés ;
- etc...

Figure 19 Répartition des sources possibles de bois énergie en Wallonie (en poids)



Source : Valbiom 2005

Mais la réalisation de ce potentiel dépend de nombreux facteurs sociaux, techniques, économiques et environnementaux.

De plus, la filière BE ne doit pas être mise en place au détriment de la filière bois actuelle. Elle doit être complémentaire et permettre de valoriser des produits qui ne le sont pas actuellement.

Faire une estimation du potentiel du BE s'avère donc être extrêmement compliqué. Actuellement, il n'existe pas de méthodologie visant particulièrement une estimation du volume de bois disponible pour une valorisation énergétique.

Cependant on peut considérer que les sources les plus prometteuses de bois-énergie sont:

- les sous-produits de l'industrie du bois et les déchets de bois dans le secteur de la construction et de la démolition ;
- les rémanents forestiers;
- les taillis à courte rotation, source potentiellement intéressante provenant du secteur agricole.

3.2.1. Les sous-produits de l'industrie du bois et les déchets de bois dans le secteur de la construction et de la démolition

L'étude Woodsustain a obtenu les estimations suivantes pour l'ensemble de la Belgique. Une description de l'industrie du bois se trouve en **annexe E**.

Table 10 : Estimation du potentiel BE des sous-produits de l'industrie du bois et les déchets de bois dans le secteur de la construction et de la démolition

	Consommation de bois Estimations du CRA (Mm3/an)	Sous-produits de bois d'origine industrielle		Ratios du CTBA & autres sources x1000 tms/an
		Enquête du CRA x1000 tms/an	Enquête du CRA %	
Scieries	1,58	391	46%	443
Menuiseries	0,69	214	25%	179
Fabriques de meubles	0,68	80	9%	186
<i>Sous Total</i>		<i>685</i>	<i>80%</i>	<i>808</i>
Construction/Démollition	n.a.	124	14%	160
Usines D'emballages	0,10	30	4%	n.a.
Autres Industries	n.a.	18	2%	250
<i>Total</i>		<i>857</i>	<i>100%</i>	<i>1218</i>
<i>Estimation finale</i>		<i>973.000 tms/an</i>		

Source : Woodsustain (2001)

La colonne « Ratio du CTBA et autres sources » représente les chiffres belges auxquels on a appliqué les ratios de déchets par rapport aux volumes de produits finis obtenus lors d'enquêtes similaires faites en France. Les autres colonnes proviennent de l'enquête effectuée en Belgique par le CRA. Après analyse, l'estimation finale de l'étude est de 973 000 tms/an. Cette quantité n'est pas entièrement disponible pour la production d'énergie car 35% serait déjà consommé dans l'industrie du papier et des panneaux. On estime également que 26% serait brûlé et 19% mis en décharge. Reste donc 20%, c'est à dire, environ **187.000 tms/an**.

3.2.2. Les rémanents forestiers

Une étude a été réalisée en Belgique, par le Centre de Recherche Agronomique. Ce dernier estime le gisement de rémanents forestiers¹⁵ non récupérés par l'industrie forestière classique en Wallonie à environ 400 000 tonnes de matière sèche par an. Ce gisement serait constitué à 60 % de bois résineux et à 40 % de bois feuillus. Pour la Belgique entière on parle de 224 000 tms/an pour les forêts de feuillus et 321 000 tms/an pour les forêts de résineux, soit au total environ 545 000 tms/an

Dans le cas des feuillus, la seule pratique de récolte utilisée est celle des éclaircies légères et régulières. Le CRA suppose que les rémanents abandonnés représentent 30 % du volume de grumes récoltés. On aurait 0,66 tms/ha/an de rémanents en Wallonie et 0,7 tms/ha/an en Belgique.

Pour les résineux, les rémanents proviennent des premières éclaircies et des coupes à blanc. Les résidus restés sur place représenteraient 25 % du volume récolté. On aurait 1,7 tms/ha/an de rémanents et 1,3 tms/ha/an en Belgique.

Toutefois, des études plus anciennes donnent d'autres renseignements.

Dans les années 80, on estimait la croissance naturelle dans les forêts à 2 228 000 tms/an.. Les rémanents estimés par le CRA représenteraient donc environ 24% de ce chiffre et voudrait dire qu'on récolte 89 % de la croissance naturelle des forêts. Or le taux de récolte en Belgique est estimé à environ 65 % de la croissance naturelle des forêts.

L'étude Woodsustain estime de ce fait les 545 000 tms/an du CRA comme très optimiste. Le chiffre avancé par Woodsustain pour les résidus de bois disponibles et récoltables dans les forêts se rapproche plus des 342 000 tms/an, soit 15 % de leur croissance biologique.

¹⁵ résidus laissés sur coupe après exploitation

3.2.3. Les taillis à très courte rotation (TtCR), source potentiellement intéressante provenant du secteur agricole

L'estimation du potentiel de taillis à très courte rotation dans le bois énergie dépendra de la volonté des fermiers de convertir des terrains à cette culture. Ces derniers réagiront en fonction du gain potentiel que leur rapporterait une telle pratique par rapport à d'autres cultures.

Dans le cadre de Woodsustain, ECOP, le Laboratoire des Grandes Cultures de l'Université catholique de Louvain, a réalisé une enquête auprès de 30 fermiers en Belgique. Il en ressort plusieurs scénarios possibles.

Selon le scénario minimal, la culture de TtCR représenterait 3 % de la SAU (Surface agricole utile), c'est à dire, 36 000 ha produisant 402 000 tms/an. Le scénario médian donne une conversion de 5 % de la SAU, soit 66 000 ha produisant 717 000 tms/a. Enfin le scénario maximal propose une conversion de 8 % de la SAU, soit 98 000 ha produisant 1 065 000 tms/an.

Ces cas de figures semblent en accord avec les prévisions principales de la Commission Européenne (White Paper, 1997) qui propose la plantation de 6,3 millions d'hectares de cultures cellulósiques à des fins énergétiques d'ici 2010. Le scénario médian en est donc proche.

Ceci représenterait 4 à 5 % de la SAU européenne.

La surface qui sera réellement dédiée au TtCR pour le bois énergie dépendra également de la concurrence d'autres cultures du type énergétique. En effet, on annonce déjà en 2005 en Belgique plusieurs projet pour la culture de colza afin de produire du biodiesel.

3.2.4. Le potentiel total

Si l'on reprend l'ensemble des chiffres vus ci-avant on obtient le résultat suivant :

Table 11 : Le potentiel de bois énergie en Wallonie

Source	Potentiel en tms/an
a) les rémanents forestiers;	342.000
b) les sous-produits et déchets de l'industrie du bois et les déchets de bois	187.000
c) TtCR (scénario médian)	717.000
TOTAL	1.246.000

3.3. L'intérêt des granulés

Les granulés de bois offrent de nombreux avantages potentiels :

- ils sont plus efficaces : par leur faible teneur en eau et leur haute densité, il est plus facile de les stocker et les transporter. Leur dimension et leur surface lisse leur procure une bonne fluidité ce qui rend l'automatisation de l'alimentation possible et confortable.

Les produits densifiés, dont les pellets, sont isotropes : leurs caractéristiques physiques sont identiques dans les trois directions du solide – longitudinale, tangentielle et latérale – au contraire des bûches et plaquettes de bois (anisotropes).

Les granulés ont un pouvoir calorifique élevé et les technologies des brûleurs peuvent atteindre un rendement supérieur à 80%. Cependant, il est nécessaire que le produit soit de très bonne qualité, c'est-à-dire qu'il conserve ses caractéristiques physiques et chimiques même lorsqu'ils sont soumis à des conditions défavorables : forte humidité ambiante, chocs répétés, pression interne des gaz de décomposition thermique.

Dans le cas contraire, ces conditions défavorables vont provoquer leur délitage (désagrégation du produit densifié) et par conséquent leur inaptitude à fournir l'énergie désirée.

- ils sont plus économiques et plus stables : en Région wallonne, le prix des granulés devient concurrentiel par rapport au mazout. Leur prix est indépendant du cours des produits pétroliers;

- ils sont plus écologiques: comme toutes les autres formes de combustible bois, ils ne contribuent pas à l'augmentation des gaz à effet de serre lors de leur combustion. La récolte des rémanents pour leur production permet de lutter contre la propagation des incendies dans certains pays. Il est évident que cette utilisation du bois doit être associée à une politique de gestion durable des forêts. De plus il faut également tenir compte des nuisances environnementales de la filière de production des granulés ;

- ils sont plus confortables d'utilisation pour le chauffage : les poêles et chaudières sont totalement automatisées. Ils apportent ainsi une facilité d'utilisation et une plus grande autonomie d'utilisation. Pour la production électrique, ils imposent par contre l'usage d'équipements spéciaux (ex : broyeurs), ce qui revient relativement cher ;

- ils permettent un développement local durable : ils contribuent à la création d'emplois ainsi qu'une élimination utile des déchets de l'industrie du bois.

Les caractéristiques du bois (son poids) font qu'il est en général indiqué de l'utiliser à proximité de son lieu de production. Les granulés, de part leurs caractéristiques peuvent faire exception à cette règle. Ils peuvent être transportés sur de longues distances sans perdre de leur intérêt économique. Il est ainsi plus indiqué de traiter de l'importation de granulés que de n'importe quel autre combustible à base de bois.

C'est pourquoi nous avons décidé de nous concentrer pour la suite de ce travail sur la filière d'approvisionnement de granulés de bois.

3.4. Les filières d'approvisionnement de bois énergie en Belgique.

Dans cette partie, nous décrivons les différentes étapes possibles de la filière d'approvisionnement en granulés qui serviront dans l'analyse des critères d'importation. Nous avons décrit les sources possibles de bois énergie. En ce qui concerne les granulés, la facilité d'accès et la qualité de la matière première est importante. Trois sources privilégiées pour la fabrication de granulés existent. Dans l'ordre de préférence, il s'agit : des produits connexes de l'industrie de transformation de bois, des sous-produits d'exploitation forestière, des taillis à courte rotation.

3.4.1. Les étapes de la filière d'approvisionnement

Les étapes de la production des combustibles peuvent être : la culture, la récolte, le broyage ou déchiquetage, le transport, le stockage, le séchage, la fabrication de granulés et leur distribution. Suivant la ressource initiale du bois et le type de technologie de combustion utilisée, une ou plusieurs de ces opérations sont utilisées.

Par exemple, la production de combustible à partir d'une culture de taillis à courte rotation pourrait comprendre les étapes suivantes : culture, récolte avec broyage intégré, transport et stockage ou séchage et enfin production de granulés. La production de granulés de bois à partir de sciure de séchage pourrait être modélisée par des étapes différentes : transport, stockage et séchage, fabrication de granulés, transport de granulés.

3.4.1.1. La culture

Il existe deux types de culture :

1. La sylviculture : pour le bois énergie d'origine forestière ;
2. Le secteur agricole : pour la culture de TtCR.

Il faut tenir compte des pratiques sylvicoles et agricoles possibles. Une culture intensive au niveau des fertilisants, des désherbants, des insecticides ou de la manière de récolter n'aura pas les mêmes effets qu'une culture extensive.

Ceci aura un gros impact sur les rendements, les coûts, les dégâts environnementaux, etc.

Lorsque les granulés sont fabriqués à base de sciure provenant de l'industrie de transformation du bois, cette étape n'entre pas en ligne de compte. La sciure utilisée n'aurait pas été valorisée sans cette transformation en granulés et l'étape « culture » n'aurait du être prise en compte que pour la fabrication des produits dont la sciure est un sous-produit.

3.4.1.2. Les opérations de collecte

Les opérations de collecte peuvent durer plusieurs mois selon que l'on préfère laisser sécher le bois sur le chantier avant de le déchiqeter ou sécher les plaquettes après avoir déchiqeté au bois frais.

Les différentes étapes de ce processus sont :

- la récolte,
- le conditionnement,
- le transfert des résidus sur véhicule routier,
- le transport en stockage/séchage,
- le chargement pour la livraison.

Ces étapes ne sont pas obligatoires et vont dépendre du système de récolte que l'on va choisir. De nombreux types de matériels sont utilisables. Certains de ces matériels sont susceptibles d'assurer plusieurs opérations à la fois.

Plusieurs paramètres peuvent influencer les méthodes de récolte et le conditionnement :

- Le type de ressource : perches d'éclaircies, houppiers, branches, purges, souches
- Les exigences de la centrale énergétique : granulométrie (plaquettes, pellets, bûches), humidité, taux de cendre, quantité
- Les exigences sylvico-écologiques : protection des perches restantes, protection du sol, maintien des cycles bio-géochimiques, délais d'exploitation
- Les exigences technico-économiques : relief, réseau routier, capacité d'investissement, coût de la main-d'œuvre, taux en CO2 etc.

a) La récolte

La récolte comprend l'abattage, le façonnage et le débardage.

L'abattage/façonnage est une opération qui a lieu sur coupe et aboutit à divers produits comme : grumes, billons, perches façonnées, rémanents, houppiers, etc.

Le débardage consiste à transférer ces produits jusqu'en bord de route par des techniques de portage. Sur des terrains d'accès difficile pour des distances de débardages qui ne sont pas très longues et pour des produits de petites dimensions, on fait parfois encore appel au cheval.

Au niveau des rémanents forestiers, le degré de mécanisation de la récolte joue un rôle important. Certaines techniques sont plus adaptées à certains types de forêts. Par exemple les forêts feuillues ne se prêtent pas tellement bien à des récoltes mécanisées au contraire des forêts de résineux.

b) Le conditionnement (broyage ou déchiquetage)

Selon la logistique adoptée et la mobilité du matériel utilisé, le déchiquetage ou le broyage a lieu soit sur coupe, soit en bordure de route après débardage préalable des bois, soit à l'usine après débardage et transport.

Pour cela, différents types de matériel sont utilisés: cela va de la petite déchiqueteuse jusqu'au broyeur. Une production moyenne peut varier de 3 mètres cubes apparents (map) de plaquette à l'heure jusqu'à 40 map/h.

Les étapes précédentes n'entrent pas en ligne de compte lors de l'utilisation de produits connexes de l'industrie du bois (ex : sciure). Une certaine quantité de ces derniers est déjà valorisée sous forme de matière. De réseaux logistiques ont été mis en place pour leur collecte et leur transport vers des fabricants de panneaux. Toutefois, pour beaucoup de petites entreprises, il est trop coûteux de faire partie de cette logistique et ils doivent trouver des moyens pour s'en débarrasser. Parfois il y a mise en décharge. Une autre partie de ces produits est aussi déjà valorisée pour son énergie au sein même des entreprises qui les produisent.

Le reste pourrait être utilisé pour l'énergie dans d'autres entreprises ou par exemple pour la fabrication de granulés. Toutefois, ces sources sont fort éparpillées et nécessitent une bonne organisation logistique pour favoriser leur collecte à grande échelle. On pourrait penser utiliser des plates-formes bois, qui existent déjà en Wallonie pour rassembler le bois destiné à l'énergie.

3.4.1.3. Le transport

Le bois est transporté en vue d'une transformation ou d'un stockage.

Il existe différents moyens de transporter celui-ci :

- par voie routière : en fonction de la quantité de bois transportée, divers modes de transport peuvent être envisagés : remorques agricoles (15 m³) (tracteur agricole ou forestier tractant une remorque), porte-conteneurs (petit camion) (30 à 35m³), camion à fond mouvant (de 80 à 90m³)... ;
- par voies ferroviaire : ce moyen est souvent associé au transport par route ;
- par voie maritime : pour l'importation de bois provenant d'autres continents ou pour la navigation intérieure (fluviale, canaux). Il est évident qu'il sera associé à un autres moyens de transport (train et/ou routes).

3.4.1.4. Le stockage et le séchage

Le bois doit être stocké afin d'augmenter son pouvoir calorifique. La qualité du stockage dépend de l'humidité du bois. La durée du stockage ne doit pas excéder 2 ans.

Dans certains cas (le bois sous forme de bûche par exemple), un stockage peut être envisagé sous abri hangar (stockage aéré) ou en plein air (zone de stockage).

Le séchage naturel peut conduire à des pertes de matière ligneuse par fermentation.

La perte de bois suite à la fermentation après 6 mois est de 10 à 15%.

On peut ventiler le bois, lors du stockage, mais cela peut engendrer une plus grande consommation d'énergie.

Il faut respecter certaines normes de sécurité car le bois peut émettre des gaz susceptibles de s'enflammer ou d'exploser.

3.4.1.5. La fabrication de granulés

Le processus de fabrication des granulés comporte plusieurs étapes :

1. Réception et stockage de la matière première: les matières premières sont stockées et triées en fonction de leur granulométrie, de leur essence et de leur taux d'humidité ;
2. L'unité de séchage : le séchage n'est pas toujours présent dans les usines. Elle dépend de l'humidité de la matière première.
3. L'unité de mélange : utile pour obtenir un produit régulier. Elle n'apparaît que dans les usines les plus modernes.
4. Broyeur à marteaux : pour réduire la sciure ou les copeaux à la granulométrie moyenne.
5. Broyeur fin à couteaux : pour garantir une granulométrie idéale afin de faciliter le passage des particules de bois en presse.
6. Les filtres cyclones : utile quand le flux de sciure est transporté par air pulsé. Ils permettent de réduire au maximum les poussières de l'usine.
7. L'adjonction d'eau et de vapeur : pour la lubrification pendant la granulation.
8. La presse à granulé : schématiquement, elle est constituée d'un cylindre percé de trous du diamètre adéquat dans lequel tourne un autre cylindre exerçant de fortes pressions contre les parois. La compression de la sciure produit un échauffement suffisant pour induire des phénomènes physicochimiques conduisant à une plastification de la lignine. La lignine et les

résines naturellement contenues dans le bois assurent la cohérence du granulé ; l'adjonction de liant n'est donc pas nécessaire.

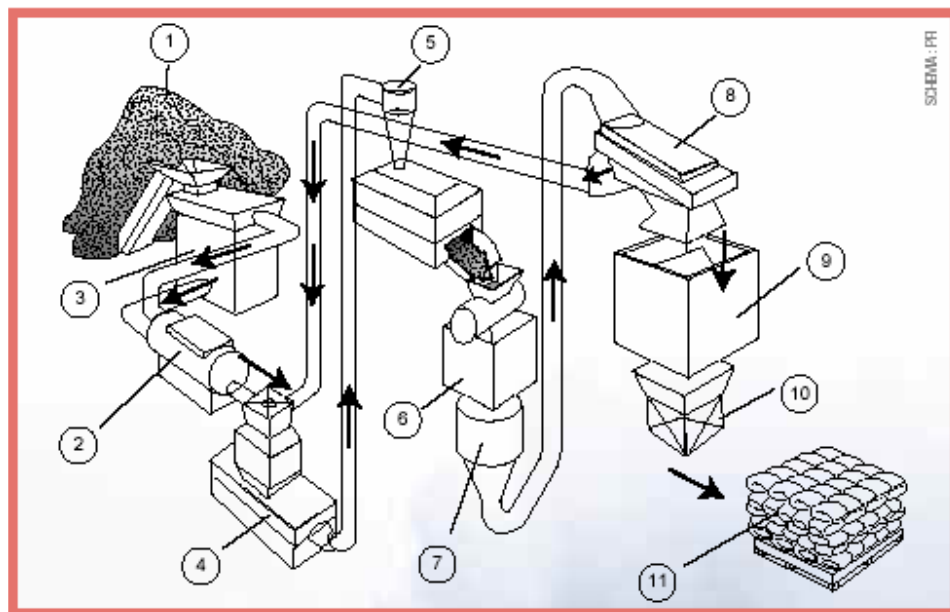
9. La tour de refroidissement : nécessaire pour faire perdre près de 180° au granulés qui en font 250° à la sortie de presse.

10. Le tamis mécanique : afin d'éliminer les poussières appelées fines qui rendent l'utilisation du combustible salissant et diminuent alors les performance du poêle.

11. Le silo : où l'on stocke les granulés avant l'ensachage.

12. L'ensachage : qui permet la mise du granulé en sac de 20Kg et parfois de les ranger en palette d'une tonne. Cette procédure est rare dans les usines européennes alors qu'elle est toujours présente dans les usines nord-américaines. Pour les clients industriels, cette étape est superflue.

13. La palettisation : pas présente dans toutes les usines.



Source : Presentation Wood fuels: characteristics, standards, production technology
Kasimir P. Nemestothy E.V.A. – the Austrian Energy Agency

De nouvelles techniques apparaissent suite aux efforts R&D qui se poursuivent. On arrive maintenant à supprimer certaines étapes telles que le refroidissement ce qui permet encore de réduire les coûts.

3.4.1.6. La distribution

Les gros industriels tels qu'Electrabel se chargeront d'acheter directement leur combustible à des fabricants de façon à diminuer au maximum leur prix d'achat.

Tandis que les consommateurs résidentiels devront passer par une filière de distribution constituée de revendeurs. Les vendeurs d'appareil de chauffage ont tout intérêt à servir d'intermédiaire pour rassurer leur clientèle.

On peut distinguer 3 sortes de filières de distribution de pellets.

Type 1 : Business to business

Cette filière concerne les grosses chaufferies ou les centrales électriques pour lesquels, le consommateur achète les granulés en vrac. Elle comporte peu d'acteurs et se schématise en les étapes suivantes :

- Fabricant de granulés
- Transport
- Stockage intermédiaire
- Transport
- Système de chauffage ou de production électrique

Type 2 : Business to consumer

Cette filière concerne les consommateurs ayant des systèmes de chauffage high-tech d'une puissance de 10 à 300 kW. Les granulés doivent être de grande qualité, mais sont livrés en vrac. Elle comporte plus d'acteurs et se schématise par les étapes suivantes :

- Fabricant de granulés
- Transport
- Stockage intermédiaire
- Transport
- Distributeurs, grossistes
- Transport
- Détaillants
- Distribution et transport
- Livraison
- Stockage chez le client
- Système de chauffage

Type 3 : Business to consumer

Cette filière concerne les consommateurs ayant de petits systèmes de chauffage nécessitant des granulés de grande qualité, livré en sachets. Elle comporte plus d'acteurs et se schématise par les étapes suivantes :

- Fabricant de granulés
- Transport
- Emballage
- Stockage intermédiaire
- Transport par palettes
- Détaillants
- Distribution et transport
- Livraison ou déplacement du client au magasin
- Système de chauffage

On remarque donc que selon la filière, la qualité du granulé, le nombre d'acteurs et la logistique est totalement différente.

3.5. Les critères économiques

Nous étudions dans cette partie les différents critères économiques qui peuvent amener un agent économique à importer des granulés en Wallonie.

Nous commençons d'abord par discuter de l'offre et de la demande de granulés en Wallonie et des conditions nécessaires à l'émergence d'un marché de granulés dans la région. Nous décrivons également les flux de granulés à travers l'Europe et au-delà. Enfin, nous discutons des critères proprement dits, qu'un agent, désireux de se procurer des granulés, prendra en compte.

3.5.1. L'offre et la demande

3.5.1.1. En Wallonie

Le marché des granulés en Wallonie reste encore peu ou pas développé. On peut même dire que la Belgique entière est à la traîne en Europe.

Trois filières potentielles existent: la filière de production électrique à grande échelle, la filière de production de chaleur de type industriel, la filière de production de chaleur de type domestique. Si on veut développer ces filières des granulés il faut développer à la fois l'offre et la demande.

Il doit dès lors y avoir une conjonction de plusieurs facteurs: une production ou une importation suffisante de granulés de qualité ainsi que de systèmes de combustion associés (poêles, chaudières, centrales électriques etc.), un réseau logistique adéquat, des professionnels du secteur bien formés à ces technologies afin de garantir la qualité des installations et de leur maintenance.

De plus, il est essentiel que les consommateurs (public et privés) soient correctement informés et incités à utiliser ces techniques de chauffage et de production d'électricité.

Les facilitateurs désignés par la région wallonne jouent ici un rôle crucial.

La **demande** pour les filières à chaleur est difficilement estimable car les données manquent. Il existe peu de fabricants ou revendeurs de systèmes de chauffage aux granulés sur le territoire wallon. Afin d'assurer un approvisionnement à leurs clients, la plupart d'entre eux revendent également le combustible fabriqué en Autriche, en Allemagne ou en France.

La filière domestique

Selon l'INS, environ 54.000 logements utilisaient le bois comme source principale d'énergie pour le chauffage en 2001, dont 13% avaient un chauffage central. Ce chiffre correspond à une proportion de 2% de logements en Région wallonne.

Ces chiffres sous-estiment l'utilisation du bois énergie en Belgique car car de nombreuses familles utilisent le bois comme chauffage d'appoint.

On constate que les logements chauffés au bois sont en général localisés dans les zones les plus boisées. Ainsi, dans certaines communes wallonnes, la proportion de logements chauffés au bois dépasse les 20%.

Pour les granulés, Valbiom constate une hausse du nombre de chaudières et de poêles en 2004 par rapport à avant cette année. Ceci montre donc qu'il y a une tendance à la hausse sur ce marché. La demande de cette filière pourrait drainer 5000t/an de granulés dans les années à venir.

La filière publique et tertiaire

On constate également un effort fait au niveau du secteur public et du secteur tertiaire (écoles) pour des chauffages centraux à granulés. Valbiom estime ici la future consommation de granulés à **30.000 t/an** pour le secteur tertiaire et à **50.000 t/an** pour le secteur public et industriel.

Eléments pouvant influencer la demande de granulés:

- La croissance économique de la région influencera inévitablement la demande en systèmes de chauffage à granulés.
- L'évolution du secteur de la construction à des effets non négligeables sur la demande en systèmes de chauffage, et donc également sur celui des systèmes à bois ou à granulés.
- L'évolution et l'âge du parc de poêles et de chaudières à combustibles fossiles. On constate que 187.255 logements seulement ont moins de 20 ans ce qui laisse présager d'un renouvellement du matériel de chauffage important.
- Les coûts ne constituent pas un frein à la croissance de ce marché au début de celle-ci, le groupe des innovateurs n'est pas sensible au prix. Par contre, une fois que la diffusion a atteint un plus large public, les coûts peuvent devenir une entrave à la croissance du marché. Or les appareils sont encore assez coûteux pour le particulier par rapport aux systèmes à combustible fossile.
- Les coûts des granulés.
- La culture de la région a un effet important. En Autriche, le succès au début du marché du chauffage à granulés n'a pas été le fruit de politiques spécifiques, mais bien d'un engouement dont l'étincelle a simplement été l'innovation et l'attrait du public pour celle-ci.
- Les politiques de soutien ont un impact important, surtout avant l'émergence de granulés sur le marché et après pour soutenir la demande. Des subsides peuvent grandement aider le marché des chaudières à granulés à être compétitif. (cf Plan Région Wallonne). Le tout est de savoir si le soutien financier offert est suffisamment attractif. Aujourd'hui une prime de 1500 EUR est prévue pour le placement d'une chaudière à granulés, cependant ceci reste insuffisant.

- La volonté du secteur public à montrer l'exemple. On constate encore trop souvent une réticence de certaines communes à investir dans les projets, ce qui n'est pas de nature à favoriser ce marché.
- Le lobby des secteurs pétrolier et gazier jouent peut-être un rôle important.¹⁶
- L'adhésion des professionnels du secteur est un élément primordial. Il faut que les installateurs acceptent ces nouvelles technologies et apprennent à s'en servir.
- Il faut aussi que le public soit informé. Actuellement en Wallonie, les distributeurs ne sont pas encore assez connus.
- La sécurité d'approvisionnement : aujourd'hui, les consommateurs wallons ont encore des doutes quant à la pérennité de la chaîne d'approvisionnement.
- La qualité technologique des équipements de chauffage à granulés est un facteur de succès critique. Ceux-ci doivent être de grande qualité, non seulement au niveau de leur efficacité énergétique et du design, mais également au niveau des émissions de gaz et poussières et de la sécurité.
- La qualité des granulés. Il n'existe actuellement pas encore de labels garantissant une qualité standard de granulés en Belgique ou à l'échelle européenne.
- La qualité du service fourni par les acteurs du secteur.
- La concurrence entre les divers secteurs utilisant du bois, celle entre les diverses technologies de production énergétique alternative et celle avec les secteurs utilisant les combustibles non renouvelables sont autant de freins à la demande de granulés.

En ce qui concerne la filière électrique, la demande actuelle et future est un peu plus précise et nettement plus importante que pour la production de chaleur.

La demande est ici principalement le fruit de :

- politiques incitatives mise en place par les pouvoirs publics. Nous y avons fait référence auparavant.¹⁷
- la sécurité d'approvisionnement ;
- la qualité des granulés, car ceux-ci doivent répondre au cahier des charges du producteur électrique ;
- le service fourni ;
- l'intensité de la demande électrique laquelle dépend fortement de la croissance économique ; - les coûts sont un élément crucial ;
- la question de la sortie du nucléaire, qui nécessite l'émergence d'énergie de substitution ;
- l'image de marque. Certaines entreprises peuvent investir dans cette énergie pour redorer leur blason vis à vis de leur clientèle;

¹⁶ Les combustibles fossiles sont toujours beaucoup plus subventionnés que les énergies renouvelables.

¹⁷ Système certificats verts, quotas de CO2 etc.

- le développement technologique à la fois dans le secteur des énergies renouvelables et dans les autres secteurs jouera un rôle important du côté de la demande.
- la concurrence des autres sources d'énergies. On peut par exemple facilement comprendre que plus la production d'électricité renouvelable à partir d'énergie éolienne ou solaire sera grande, moins la demande pour d'autres sources d'énergies non-fossiles et non-nucléaire sera importante;
- les divers lobbies ;
- l'information du public. Le public peut dans certains cas générer une demande supplémentaire d'énergie verte, lorsqu'il sait qu'elle peut être disponible en sachant les effets bénéfiques qu'elle peut avoir ;

En ce qui concerne les granulés de bois, un projet est en préparation à la centrale de Rodenhuize. Il s'agit de la co-combustion de charbon et de granulés (1/3 de granulés). Ses besoins sont estimés à 270.000 t/an à partir de 2005.

De plus, des essais sont en cours à la centrale des Awirs afin de convertir une unité charbon en unité à granulés. La co-combustion en Wallonie ne permet pas d'obtenir de certificats verts. En effet, la CWAPE prend comme référence les centrales à gaz cycle combiné (TGV) pour déterminer l'économie d'émissions de CO₂. Or le charbon émet deux fois plus de CO₂ qu'une centrale à gaz. Ceci rend obligatoire une conversion à 100% de centrales à charbon vers le bois pour bénéficier des certificats.

D'ici 2006, l'unité des Awirs aura probablement besoin de 380.000 t/an de granulés en bois.¹⁸ On peut donc estimer la demande en granulés pour cette année à 650.000T/an pour la filière électrique en Belgique et **380.000 t/an** en Wallonie.

L'offre¹⁹ en Wallonie ne sera à court terme que soutenue par les importations.

Toutefois, il semble que 3 producteurs de granulés s'installent en Wallonie d'ici peu de temps (2006). La production totale atteindrait **190.000 tonnes/an**. Ces producteurs devraient en priorité s'adresser au marché de la production électrique qui fournit actuellement une assurance de débouché. Toutefois, au moins un des futurs producteurs a marqué son intérêt de développer les autres marchés pour la production de chaleur.

Soulignons le fait qu'un des 3 producteurs atteindrait une capacité de production supérieure à 100.000 tonnes, ce qui en ferait un des plus gros d'Europe.

A plus long terme, nous avons vu précédemment quel était le potentiel du bois-énergie en Wallonie.

Les éléments pouvant influencer l'offre en Wallonie sont entre autres :

- La demande (voir facteurs qui l'influencent).

¹⁸ Yves Ryckmans , Laborelec; B. Liégeois , Electrabel

¹⁹ La Flandre connaîtrait 2 petits producteurs de granulés, mais sans garantie de qualité.

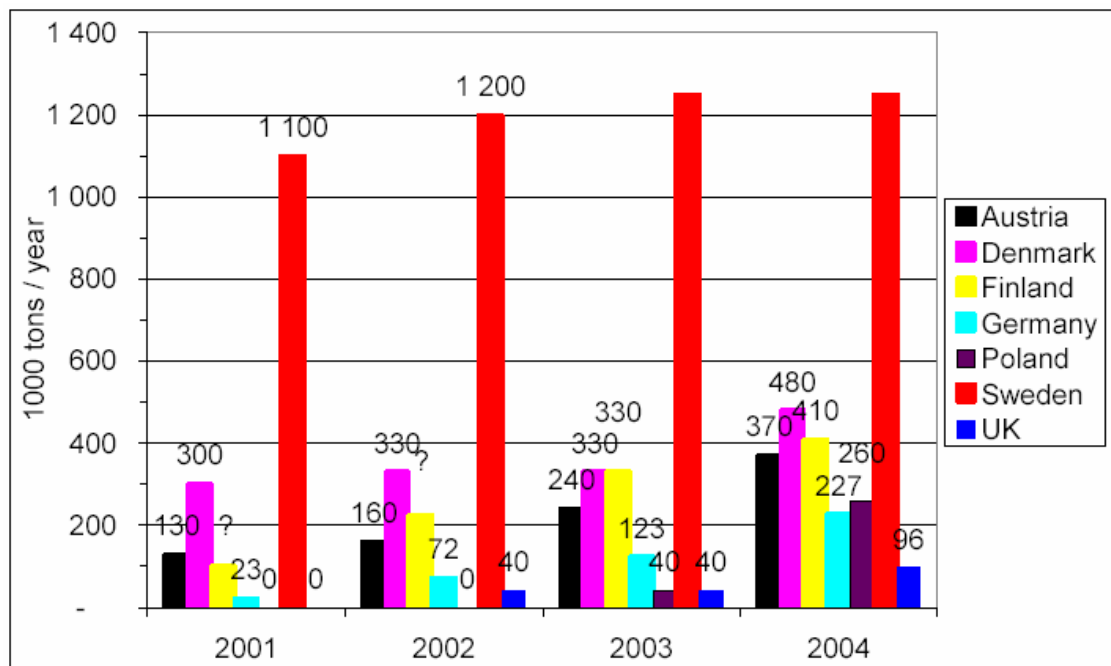
- Les prix du marché à l'importation : si les prix à l'importation sont trop faibles par rapport aux coûts de production localement, il ne sera pas intéressant de produire en Wallonie.
- Le coût, la qualité et la sécurité d'approvisionnement de la matière première.
- Le coût de production, qui est influencé par les coûts de main d'œuvre, les frais de gestion, les investissements, les taux d'intérêts etc.
- Les politiques de soutien des pouvoirs publics, qui elles-mêmes influencent les critères précédents.

3.5.1.2. Echanges internationaux de granulés

Il est intéressant d'étudier les possibilités d'importation à partir de l'Europe.

Ci-dessous nous présentons les résultats d'une étude européenne qui montre les échanges internationaux de pellets.

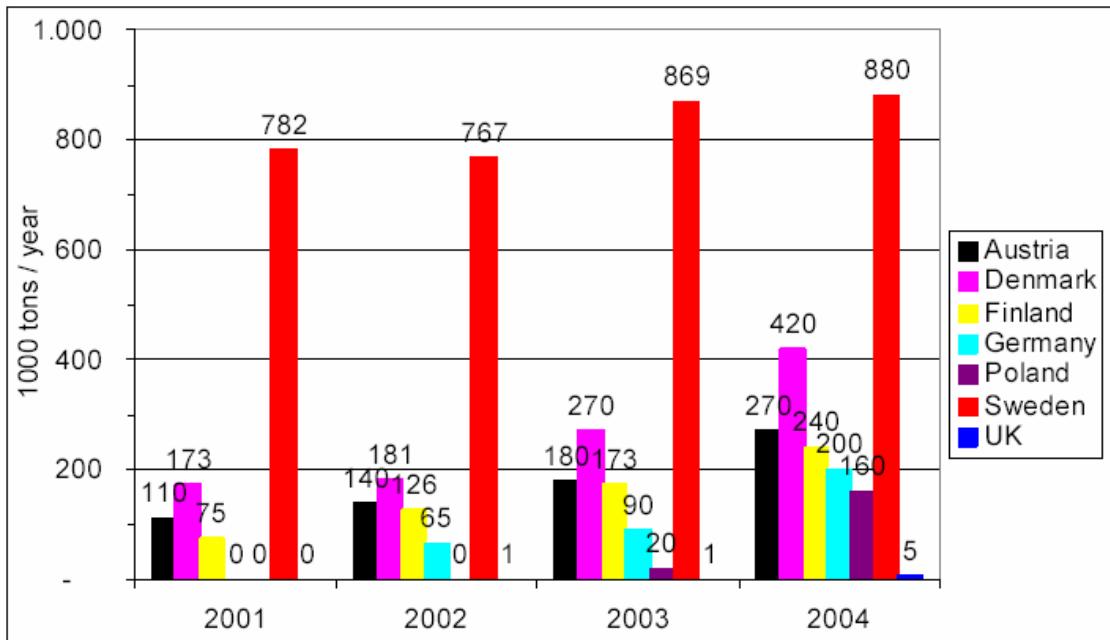
Figure 20 : Capacités de production de pellets dans différents pays européens



Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

Il y aurait plus de 195 centres de production en Europe.

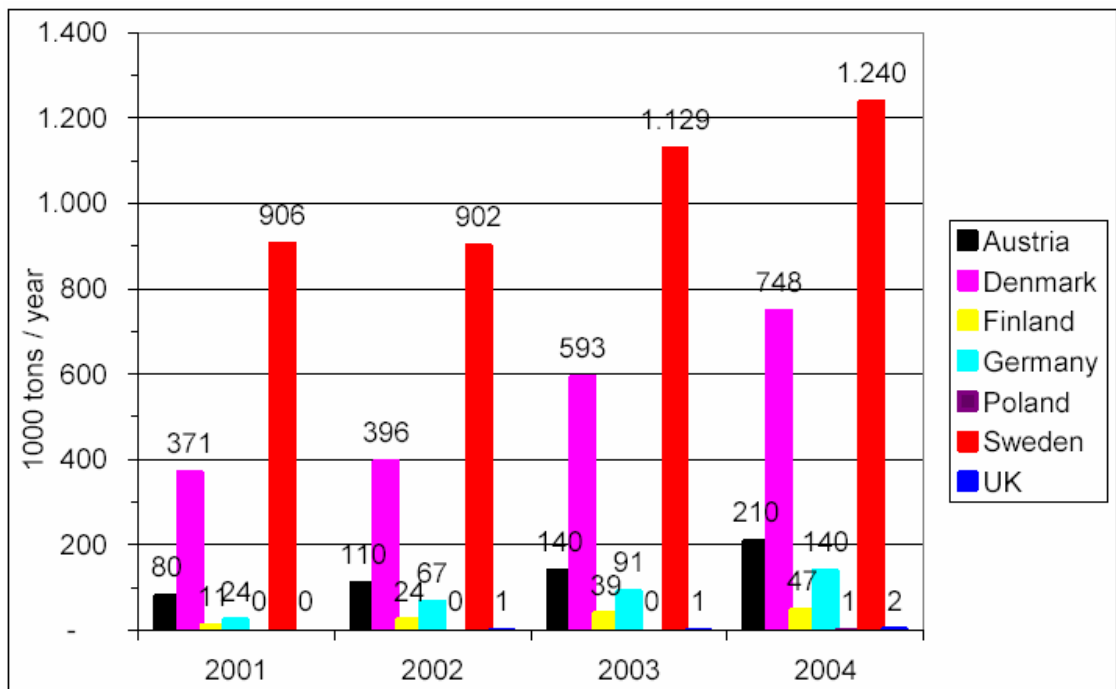
Figure 21 : Production de pellets dans différents pays européens



So

Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

Figure 22 : Consommation de pellets en Europe

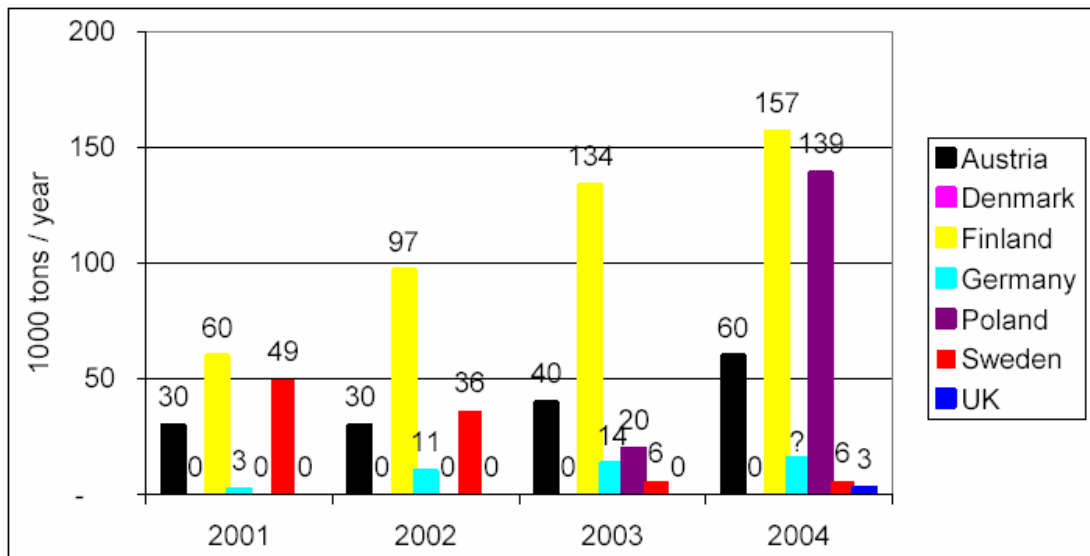


Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

On peut déduire des chiffres ci-dessus que la capacité de production est élevée par rapport à la production. Les investisseurs s'attendent donc à une hausse de la consommation en Europe et sont prêts à y répondre. Dans ce domaine, on voit également que la Suède domine le marché.

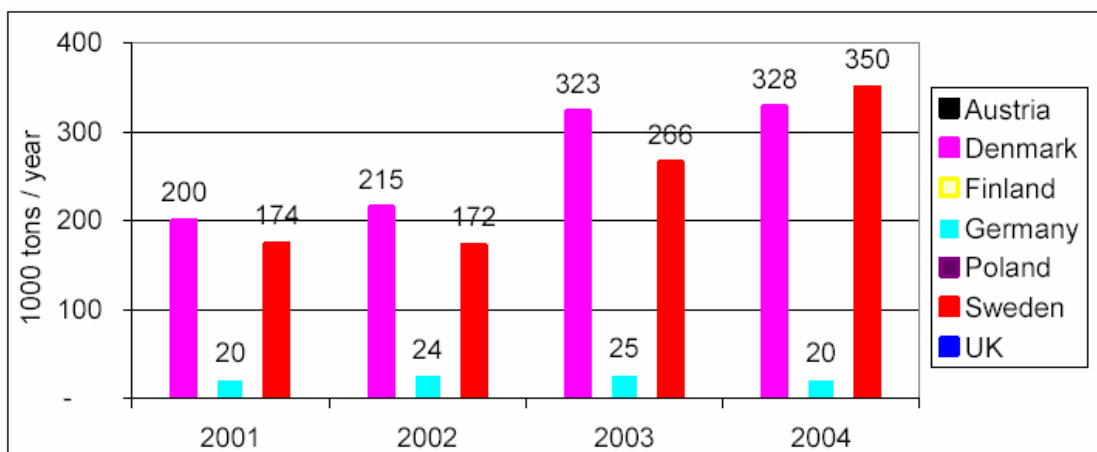
A part la Suède et le Danemark, les pays ont tendance à produire plus qu'ils ne consomment. Bien que tous les chiffres soient en hausse, la consommation croît moins vite que la production. Ceci est en partie dû aux prix élevés pour les achats en petites quantités.

Figure 23 : Exportation de pellets de divers pays européens



Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

Figure 24 : Importation de pellets dans divers pays européens



Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

Sur base des figures précédentes on peut dire que la Finlande et la Pologne sont les plus gros exportateurs en Europe avec l'Autriche, tandis que la Suède et le Danemark sont les plus gros importateurs.

On peut aussi constater que la Wallonie (et Electrabel en particulier), deviendra un très gros importateur de granulés.

Ces chiffres montrent également les différences entre les marchés intérieurs des pays. Le Danemark, de par sa politique de promotion de la biomasse, n'arrive pas à répondre à la demande intérieure et est obligé d'importer de grandes quantités. En Finlande c'est exactement l'inverse, elle exporte énormément car la demande sur son marché intérieur ne démarre pas.

Malgré une surcapacité de production, la Suède ne peut concurrencer les importations.

La consommation atteint environ le même volume que la capacité de production, mais les fabricants de pellets ne peuvent concurrencer des importations venant principalement du Canada par bateau. Les faibles coûts de transport par bateau sont un des éléments permettant au Canada d'exporter de gros volumes vers l'Europe. D'autres importations, viennent de Pologne, des pays Baltes et des Pays-Bas.

Echanges internationaux

Les modalités de transport sont la route, le train et/ou le bateau. Plus loin, nous reviendrons en détail sur chacun de ces modes de transport.

Le plus souvent, les granulés sont utilisés dans un endroit proche du lieu de fabrication. Toutefois, les besoins en granulés augmentant ces 10 dernières années, l'importation de pellets de bois en provenance d'Europe, mais aussi des Etats-Unis et du Canada est devenue nécessaire.

En Europe

Les plus gros volumes sont échangés entre les pays baltes et les pays nordiques. Il y a aussi des échanges importants entre la Finlande et d'autres pays nordiques et entre pays voisins d'Europe centrale : Pays-Bas, Allemagne, Autriche, Slovaquie, France et Italie.

Le Danemark importe essentiellement des pays Baltes et de Suède, qui nous l'avons vu exporte beaucoup.

La Pologne est en train de devenir un gros exportateur de granulés également.

La Belgique importe de France, d'Allemagne et d'Autriche, pour le marché du chauffage, mais l'origine des importations va s'étendre à des pays comme le Canada, l'Afrique du Sud, les Pays baltes et la Pologne pour le marché électrique.

Soulignons que les granulés provenant des Pays baltes et de Pologne n'offrent pas toujours de garantie quant à la qualité du combustible. Ces pays n'ayant pas de marché intérieur sont principalement tournés vers l'exportation.

A l'échelle internationale

Les pays exportant vers l'Europe sont principalement le Canada et les Etats-Unis, mais on voit aussi des pellets venir d'aussi loin que l'Afrique du Sud ou d'Indonésie.

Il semble que le port de Rotterdam devienne une plaque tournante des échanges internationaux de pellets toutefois les importations belges passeront normalement par le port d'Anvers.

3.5.2. Critères d'acceptation pour recourir à l'importation de granulés en Wallonie

Pour un acteur économique wallon, privé ou public, devant se procurer des granulés de bois, le choix de l'importation dépendra des critères suivants : le prix d'achat (pour une quantité d'énergie équivalente), la qualité du produit et la qualité du service. Classiquement, l'importation de granulés sera préférée à ses alternatives lorsque le prix en est plus bas pour une qualité de produit et de service acceptable.

Nous rajouterons un point concernant la matière première utilisée pour la production des granulés car cela peut avoir une influence sur la quantité produite, les coûts et la qualité du produit.

3.5.2.1. Qualité du combustible

L'importation de granulés se fera en général par des sociétés vendant des équipements de chauffage, par de grossistes ou par des sociétés productrices d'électricité.

La qualité du combustible est essentielle pour garantir l'efficacité énergétique et la pérennité des équipements de combustion ainsi que pour la facilité du transport et du stockage. Même si le prix est inférieur sur le marché local, si la qualité ne suit pas, on préférera importer un produit de meilleure qualité, mais plus cher.

La densité énergétique est très importante lorsqu'on compare les granulés avec d'autres combustibles fossiles ou à bois. Nous parlerons du rapport qualité/prix dans la partie dédiée aux prix.

Il faut distinguer ici les différents marchés : le marché domestique et le marché des grandes installations industrielles ou publiques.

a) Les granulés à usage domestique ou business to consumer

Pour le secteur domestique, une haute qualité est absolument nécessaire. Les caractéristiques importantes pour la qualité des granulés ont été abordées précédemment. Il s'agit principalement du taux de cendre, de la densité, de l'humidité et du pouvoir calorifique des granulés.

Les particuliers ayant fait l'acquisition d'un appareil à granulés de bois et n'ayant pas le choix de la marque du granulé peuvent se retrouver plusieurs fois en situation de panne en raison de la mauvaise qualité du combustible.

Ce genre d'expériences constitue rapidement des contre-références qui entravent le développement de la filière 'granulés de bois'.

L'Amérique du Nord a connu ce problème lors du développement de sa filière de la granulation du bois. Nombreux sont les centres de production qui ont été implantés dans les bâtiments d'une ferme familiale ou dans des conditions similaires. Ce type d'outil de production est très irrégulier tant au niveau du volume produit que de la qualité.

En effet, la filière d'approvisionnement en matière première est très souvent irrégulière. Les aires de stockages sont rarement bétonnées ou protégées de la pluie, et les machines sont la plupart du temps dans un état de vétusté et nécessitent de très importants temps de maintenance.

Ces problèmes se répercutent directement sur les caractéristiques des granulés.

b) Les granulés pour usage à grande échelle

Pour les usages industriels ou la production d'électricité, la qualité du granulé reste importante, mais dans une moindre mesure que dans l'usage domestique.

Souvent la grosse différence entre les qualités domestiques et industrielles se trouve au niveau du contenu en cendres.

Aux Etats-Unis, le « Pellets Fuel Institute » a également édicté des standards à respecter lors de la production de granulés.

Les granulés « industriels » contiennent jusqu'à 3% de cendres tandis que les granulés « domestiques » ne peuvent dépasser 1% de cendres.

Eviter les cendres est important pour les équipements de combustion et leur maintenance.

c) Les normes

Il n'existe actuellement aucune législation spécifique aux granulés dans la majorité des pays européens. Celles qui existent se rapportent à la biomasse en général.

Seuls l'Autriche, la Suède et l'Allemagne ont édicté des standards officiels pour les combustibles à base de biomasse compactée (granulés). D'autres pays très avancés dans le marché des granulés comme la Finlande et le Danemark ont décidé d'attendre que des standards soient édictés au niveau européen.

Les normes existantes sont reprises dans le tableau suivant :

Autriche:	ÖNORM M1735 (briquettes and granulés)
Suède:	SS 187120 (granulés) et SS 187121 (briquettes)
Allemagne:	DIN 51731 (briquettes et granulés)
Suggestion pour Classification Européenne :	CEN/TS 14961 "Annex A" Examples of specifications for high quality classes of solid biofuels recommended for household usage

Le résumé du contenu de ces normes concernant les granulés se trouve en **annexe F**.

Comme les différents acteurs de la filière des granulés ne pouvaient se permettre d'attendre, ils se sont organisés en groupes de travail nationaux (Swedish Pellet Club, French Pellet Club, etc.) ayant pour but la mise sur pied de normes volontaires et la promotion des granulés.

Par exemple, une charte qualité (**annexe G**) calquée sur la norme DIN 51731 à été éditée par le French Pellet Club en 2002. Celle-ci distingue quatre catégories de granulés.

Deux concernent les usagers des poêles et chaudières à granulés pour lesquels les fabricants s'engagent notamment à produire leurs granulés exclusivement à partir de sciure de bois 100 % naturel n'ayant subi que des traitements mécaniques.

Une catégorie est destinée aux granulés produits à partir de bois contaminés et exclusivement destinés à l'incinération. La quatrième catégorie « BIG » a été prévue pour un granulé futur qui serait produit à partir des problématiques et volumineux copeaux de menuiserie.

Différents logos identifient clairement les producteurs qui respectent dans l'intégralité le cahier des charges mis en place par le Pellet Club.

En Région wallonne, le Belgian Pellets Club s'est créé sur l'initiative et la coordination de l'a.s.b.l. ValBiom.

3.5.2.2. Régularité d'approvisionnement

Le risque de l'importation au niveau de l'approvisionnement est :

- Soit de ne pas être livré ou d'être livré en trop faible quantité;
- Soit de ne pas être livré à temps;
- Soit de ne pas être livré selon la qualité (de combustible) voulue

Une rupture d'approvisionnement aura pour conséquence l'impossibilité de se chauffer, de produire de l'électricité et même dans certains cas l'impossibilité de produire par manque d'énergie. Des stocks doivent donc être prévus pour amortir tout problème de ce type. Toutefois, ces stocks peuvent être coûteux.

Pour tous les types de consommateurs, la garantie de l'approvisionnement est un élément crucial dans le choix du combustible. Si les clients ont un doute sur la garantie d'approvisionnement des granulés par rapports aux alternatives, le marché ne peut pas se développer.

La chaîne logistique choisie doit donc permettre cette garantie à tous les clients.

Les causes d'une rupture peuvent être diverses : problème de production de granulés, accident de transport, incendie, faillite du fournisseur, erreur de commande, mauvaise qualité du produit...

La rupture pouvant être due à la faillite du fournisseur, il convient de s'assurer de la santé financière de celui-ci.

Un gros problème à cet égard est l'aspect saisonnier du produit, surtout pour le chauffage.

Les producteurs voient leurs ventes chuter dès le mois d'avril et ne reprennent que fin septembre. Cela pose de gros problèmes financiers à ces sociétés.

Les marges sont très faibles et les besoins de trésorerie pour couvrir le stockage pendant la basse saison (d'avril à septembre) sont très importants. La diversification des débouchés de l'outil de production est vitale à cette industrie (production de litière pour animaux domestiques, de granulés aromatisés pour barbecues, séchage de bois déchiqueté...).

Un tableau en **annexe H** illustre la saisonnalité des ventes aux USA.

La sécurité contre l'incendie est également un élément important. Elle doit être garantie tout au long de la filière.

En Mars 2004, European Bulk Service (E.B.S) à connu un incendie à Rotterdam dans un de ses silos de stockage contenant 30.000 m³ de granulés. Le feu a pris tout seul et le contenu a presque entièrement brûlé.

En outre, la qualité des granulés dépend non seulement de la matière première et des techniques de production, mais également des conditions de stockage et de transport et donc de la qualité de la logistique. Or le nombre d'étapes dans la filière « business to consumer » est nettement plus important que dans la filière « business to business », ce qui augmente le risque de dégradation du combustible.

A cet égard, des études en Autriche ont montré que la qualité du produit et du service sont plus importants que le prix des granulés aux yeux des consommateurs privés. Des standards de qualité pour la logistique de granulés de bois y ont été créés.²⁰

Ils visent les distributeurs et les transporteurs pour le stockage, transport et la distribution des granulés.

Des normes sont mêmes en préparation pour le stockage chez le client.²¹ Celles-ci visent les fabricant des cuves, containers ou silos de stockage pour granulés de bois (taille, accessibilité, étanchéité, protection contre les incendies etc.).

Au vu de ce qui précède, plusieurs éléments influencent le choix économique du partenaire commercial capable d’approvisionner un client :

- Les délais de réapprovisionnement. Ceux-ci sont notamment dépendants de la distance entre le lieu de fabrication ou de fourniture et le lieu de livraison ;
- La solidité financière du partenaire ;
- Les garanties qu’il offre ;
- Le service rendu ;
- Les écoterms

Il faut noter que du point de vue de la qualité du produit et de sa chaîne logistique, les combustibles fossiles bénéficient de dizaines d’années d’expérience, leur donnant un avantage sérieux par rapport aux granulés

3.5.2.3. Les coûts et les prix

Le critère économique le plus important pour traiter de l’importation des granulés de bois en Wallonie est le coût de production. Est-il plus économique de produire en Wallonie, que d’importer d’ailleurs ?

Pour la comparaison entre l’importation de granulés et celle de combustibles fossiles, on pourra voir les différences de prix sur base de l’énergie primaire.

Pour l’importation, on distingue principalement le coût de production (y compris coût des matières premières) et le coût de transport.

a) Facteurs d’influence des différences de coûts entre pays

A qualité égale, si les coûts de production de granulés d’un autre pays additionnés des coûts de transport sont inférieurs aux coûts de production wallons, l’importation devient intéressante.

²⁰ Norme M7136

²¹ Norme M7137

Les éléments les plus importants qui auraient un impact sur les coûts par rapport à un autre pays sont normalement:

- les coûts de main d'œuvre
- les coûts de transport
- les technologies/matériel disponible
- les différences de taux de change
- la qualité de la matière première
- la qualité des granulés produits et le conditionnement (emballage)
- les subsides, taxes et frais de douane dans chaque pays

Les coûts de main d'œuvre seront influencés par les acquis sociaux des ouvriers et des employés au niveau du secteur sylvicole, de l'industrie du bois et du transport. Il paraît évident que les coûts de main d'œuvre dans un pays en développement seront nettement inférieurs qu'en Belgique.

Cet élément plaide donc en faveur de l'importation d'un PED (ex : Indonésie, Afrique du Sud, Pologne) plutôt que d'un pays industrialisé (Canada, Suède).

Les coûts de transport, on l'a vu doivent être analysés au cas par cas. Il peut être plus intéressant de faire venir des granulés du Canada par bateau que de les acheminer par camion en Europe même. Cet élément plaide toutefois contre l'importation par rapport à une production locale.

Les technologies de production de granulés sont de plus en plus avancées. Toutefois, elles seront d'abord adoptées dans les pays industrialisés de par le coût des investissements nécessaires. Cet élément tend à baisser les coûts et plaide en faveur d'une importation d'un pays industrialisé plutôt que d'un PED. Il plaide aussi en faveur d'une production locale plutôt que d'une importation d'un PED.

Les différences de taux de change, étant donné la force actuelle de l'euro notamment par rapport au dollar, rendent les importations plus intéressantes lorsqu'elle sont exprimées dans une autre monnaie que l'euro.

La qualité de la matière première est importante car elle influence fortement les coûts. Ainsi mieux vaut une importation de granulés à base de sciure, que la production locale à partir de taillis à courte rotation par exemple.

On peut également à ce niveau faire intervenir les techniques de récolte, qui sont en général meilleure dans les pays industrialisés que dans les PED. Une bonne technique permet d'éviter des souillures mélangées au bois.

La qualité des granulés produits est à étudier individuellement. Il est plus intéressant pour la production électrique d'importer des granulés d'une qualité moindre à un meilleur prix.

Par contre, pour le marché des particuliers, il faut importer des granulés de qualité supérieure. Les prix seront alors plus importants. Les coûts du conditionnement des granulés n'est pas à négliger non plus.

Les subsides, taxes et frais de douane peuvent jouer un rôle important. Ils peuvent rendre les granulés d'un pays beaucoup moins cher que dans un autre ou ces éléments sont absents/présents. Cela peut créer des distorsions de concurrence.

b) Les coûts de production de granulés en Wallonie

Les coûts de production des granulés peuvent être décomposés selon les étapes de la filière. Suivant la ressource initiale du bois et l'utilisation finale du combustible certaines étapes peuvent tomber.

L'étude Woodsustain s'est risquée à l'exercice de leur calcul.

En ce qui concerne les granulés, la matière première peut être diverse. Ci-dessous nous décrivons les étapes en partant de la récupération des déchets de transformation de l'industrie du bois.

1. Coût de récupération et de conditionnement de déchets de transformation de l'industrie du bois :

La récupération de la sciure et des déchets de bois des industries de seconde transformation du bois sont la principale source de matière première utilisée. Celle-ci doit provenir de bois non traité. Cette récupération ainsi que le broyage ont un coût qui varie sensiblement en fonction de la région selon le type de matériel et la quantité traitée, de 10 EUR/tms (pour 10.000 tms/an) à 50 EUR/tms (2.000 tms/an). Remarquons que l'ITEBE donne des coûts du conditionnement entre 15 et 45 €/t

Une concurrence pour la matière première est en train de se créer entre les industries du bois et Electrabel. Cela peut entraîner des hausses de prix de ces matières. Ce point sera traité plus loin.

2. Le coût du transport vers la fabrique.

Pour les courtes distances le transport vers l'usine de fabrication de granulés peut se faire soit par remorque, soit par camion (plus ou moins gros). Pour les plus grandes distances on préférera le train ou le bateau bien que les distances sont en général plus courtes pour une production belge.

Le coût pour les billes ou les copeaux de bois peut être retrouvé dans le point dédié au transport de pellets. Il varie de 8 à 25 EUR la tonne selon la distance et le type de camion.

Les distances doivent être les moins longues possibles pour éviter un coût prohibitif.

3. Le coût du stockage et séchage

Le stockage peut être accompagné ou non de ventilation ou de séchage. Son coût est donc surtout lié à l'utilisation du sol et à l'énergie consommée par le séchage ou aux pertes de matière ligneuse liée à la fermentation. Ce coût est environ 2 EUR/tms à 30 EUR/tms.

Pour la fabrication de granulés à partir de déchets de l'industrie de transformation, il n'est parfois pas nécessaire de procéder au séchage car les produits sont secs. (ex : sciure sèche).

4. Le coût de la fabrication de granulés

Ils varieraient selon l'étude Woodsustain de 20 à 250 EUR/tms. Ces chiffres sont incertains et dépassés. D'autres chiffres plus récents (à l'étranger) rendent mieux compte de ce coût en l'estimant entre 52 et 101 EUR/t.

De plus, la qualité de la matière première va influencer sensiblement le coût de production : plus le taux d'humidité est élevé, plus le surcoût énergétique pour réduire cette humidité à 6-8% est important.

Il faut faire attention à bien séparer le coût de production du granulé ensaché et du granulé en vrac. L'ensachage est un coût à rajouter au coût de production. Toutefois, si on parle d'importation, il faut considérer des achats de grandes quantités en vrac, ce qui diminuera les prix demandés.

De plus il existe plusieurs catégories de granulés en fonction de leur utilisation et donc de leur qualité. Les prix varieront dès lors également en fonction de cette qualité demandée.

Dans son scénario utilisé pour la fabrication de granulé, l'étude woodsustain arrive a un coût total de **142 (+- 20) EUR/tms** . Il n'est pas fait mention de la qualité de la matière fabriquée dans l'étude.

Nous pensons qu'il est possible d'obtenir un coût d'environ **80 EUR/t**, pour une matière première sèche et homogène, avec une production annuelle d'au moins 10.000 tms/an à transporter dans un cadre régional comme l'indique le tableau ci-dessous :

Table 12 : Estimation du coût de production de granulés en Wallonie (EUR/t) y compris coût des matières premières.

	Scénario Min Woodsustain *	Scénario Max Woodsustain
	Min	Max
récupération et de conditionnement de déchets de transformation de l'industrie du bois :	10	50
transport vers la fabrique (75 km)	8	25
stockage et séchage	2	30
fabrication de granulés	60	90
TOTAL	80	195

* En se basant toutefois sur des coûts de production de granulés plus récents.

5. Remarques

Si la matière première provenait de culture de TtCR ce coût serait supérieur. De même, si on prenait en compte l'utilisation de rémanents forestiers, la différence se situerait au niveau de la récolte des résidus forestiers en plaquettes (de 42 à 60 EUR/tms) par rapport à la récupération des déchets de bois des industries de seconde transformation qui coûte entre 10 et 50 EUR/tms.

On serait donc en moyenne environ 30 EUR/tms plus cher.

Rappelons que ces coûts sont purement indicatifs étant donné le nombre de variables intervenantes.

La filière à partir des déchets industriels et du secteur de la transformation de bois semble la plus prometteuse d'une part étant donné son potentiel (quantités disponibles) et d'autre part étant donné son plus faible coût de récupération.

c) Les prix des granulés en Wallonie

Ces coûts peuvent être comparés aux prix des granulés que l'on trouve actuellement sur le marché en Wallonie.

Selon Valbiom, ceux-ci varient actuellement de 16 cents €/kg à 30 cents €/kg (prix pour un sac de 15 kilos, HTVA et sans livraison)!

Le distributeur que nous avons contacté donne des prix hors TVA pour le marché du chauffage domestique allant de 160 EUR/t et 185 EUR/t selon le conditionnement (qu'ils soient en sachets ou en vrac), la quantité commandée et selon la distance. La TVA appliquée est de 6% et ils proviennent d'Allemagne.

Si on compare ces prix aux coûts étudiés précédemment, il y a quand même une grande différence. Ce qui laisse à penser que les marges bénéficiaires sont correctes.

La faible offre et la faible demande présentes en Belgique ainsi que l'absence d'une norme de qualité des granulés expliquent sans doute la grande variabilité dans les prix.

Avec l'arrivée sur le marché de nouveaux distributeurs et l'obligation progressive de répondre à certaines normes de qualité, on devrait aboutir à une harmonisation des prix.

Des éléments comme l'amortissement des équipements et des infrastructures et les frais de gestion et impôts ou subsides, l'existence d'un marché (et donc de débouchés), de systèmes d'aides et d'une législation favorable peuvent également influencer sur le prix du combustible.

Les granulés importés en Belgique pour la production électrique, de ce fait pour un usage à grande échelle se situeraient dans une fourchette de prix « entrée centrale électrique » entre **100 et 120 EUR/t.**²²

²² Yves Ryckmans, Laborelec; Jean-Louis Lams Electrabel

Table 13 : Prix indicatif HTVA pour les granulés importés en Wallonie (EUR/t)

	Prix (EUR/t)	Usage
Granulés en sachets 15 kg (Allemagne-correspond aux normes)	185	Chaleur
Granulés en vrac (suivant Qté et distance)	160	Chaleur
Granulés vrac production électrique	100-120	Electricité

Le tableau qui suit compare les prix du bois énergie avec les combustibles fossiles pour les usages domestiques et à grande échelle. Il s'agit bien d'énergie brute et non d'énergie utile pour laquelle il faudrait également tenir compte du rendement des équipements.

Table 14 : Prix d'achat d'énergie brute finale – Valeurs juillet 2005

	Mazout		Gaz				Granulés	
	1000litres	2000litres	Tarif A min	Tarif A max	Tarif B min	Tarif B max	Sachet	vrac
Domestique								
prix EUR/l	0,5714	0,5493						
prix EUR/t							185	160
prix EUR/GJ	15,87	15,26	14,08	14,75	7,69	13,56	10,05	8,70
prix eurocent/kWh	5,71	5,49	5,07	5,31	2,77	4,88	3,62	3,13
Industriel	Charbon	Gaz	Granulés (EUR/t)					
prix EUR/t			vrac					
			105					
prix EUR/GJ	2,50	3,50	5,71					
prix EUR/MWh	9,00	12,60	20,54					

Ils montrent, pour les usages domestiques, que les granulés en sacs sont compétitifs par rapport au gaz ou au mazout. Même si on tient compte du rendement des équipements, les prix du mazout restent supérieurs à ceux des granulés.²³ Nous pensons que c'est le mazout qui risque d'être le combustible qui sera le plus concurrencé par les granulés.

Les autres types de bois énergie sont moins cher que les granulés, mais dès qu'on parle d'importation et de transport sur certaines distances, les granulés sont plus intéressants.

Pour les usages à grande échelle, on voit que le charbon reste meilleur marché, suivi du gaz. Les granulés sont, eux, beaucoup plus coûteux.

Dans certains pays, les granulés s'avèrent plus intéressants, cela dépend bien entendu des différentes politiques mises en place dans les pays pour soutenir les énergies vertes et pour pénaliser les énergies fossiles. Certains pays ont par exemple mis en place des taxes sur le CO₂ (ex : Danemark, Finlande).

²³ On estime le rendement des équipements à granulés entre 60 et 90% et pour le mazout de 60 à 75%.
(Source : Apere, Renouvellement N°13, 3ième trimestre 2005)

En Wallonie pour la production d'électricité, le prix des granulés de 105 EUR/t correspond à environ 21 EUR/MWh. Ce coût est à comparer avec la pénalité évitée par le producteur d'électricité qui est de 100 EUR/MWh additionné du prix de vente de l'électricité. On voit que rien que le montant de la pénalité est un incitant puissant.

Surtout lorsque cette production renouvelable se fait en remplacement du charbon qui est fortement pénalisé par les quotas de CO2 mis en place également dans la région.

Au niveau des granulés en sacs, pour le marché domestique, c'est moins évident car il n'y a que trop peu d'incitants mis en place par les pouvoirs publics pour promouvoir ce type de chauffage. L'investissement pour une chaudière à granulés est beaucoup plus élevé que pour les combustibles fossiles et le prix des granulés n'est pas assez compétitifs pour faire la différence. On compte qu'il faut environ 20% en moins sur le prix du combustible pour passer d'un type de chauffage à l'autre.

d) Les coûts et prix des granulés à l'étranger

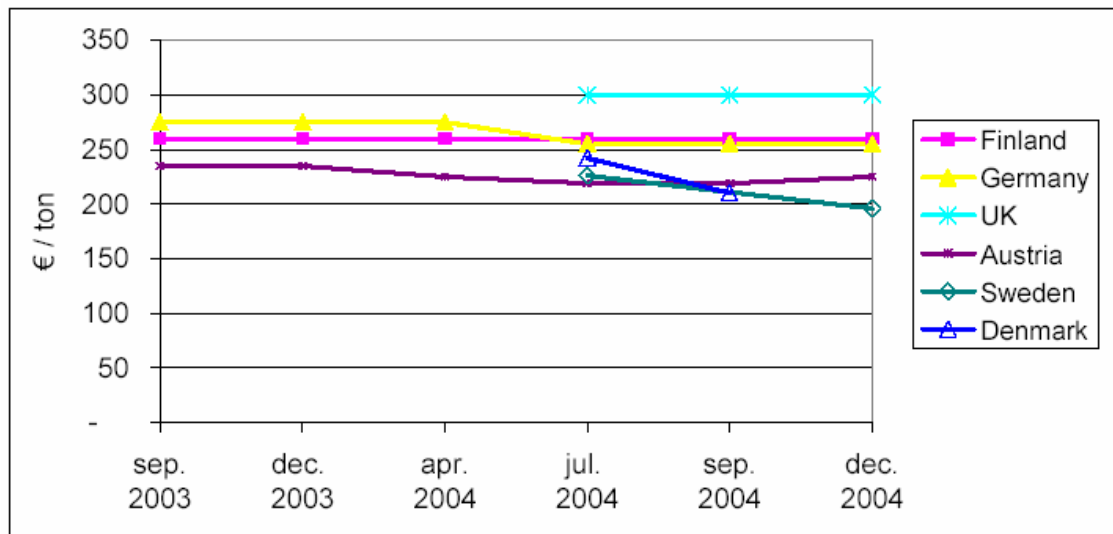
Une publication réalisée dans le cadre du réseau LAMNET (Latin America Thematic Network on bioenergy) financé par la Commission Européenne indique des coûts de production de granulés de bois entre **60 et 90 EUR/t** sans compter le prix des matières premières. De plus, de nouvelles technologies permettraient d'atteindre des coûts encore inférieurs entre **30 et 50 EUR/t** hors coût des matières premières. Ceci montre que les progrès technologiques permettent des réductions substantielles de coûts de production.

D'autres sources mentionnent des coûts de production de granulés entre **52 et 101 EUR/t** pour des granulés à base de bois (selon le taux d'humidité).²⁴

Les prix sur le marché Danois sont stables depuis 2002 et tournent aux alentours de 170-175 EUR/t pour le secteur résidentiel (petits consommateurs). On verra ci-dessous que ces prix ont diminué.

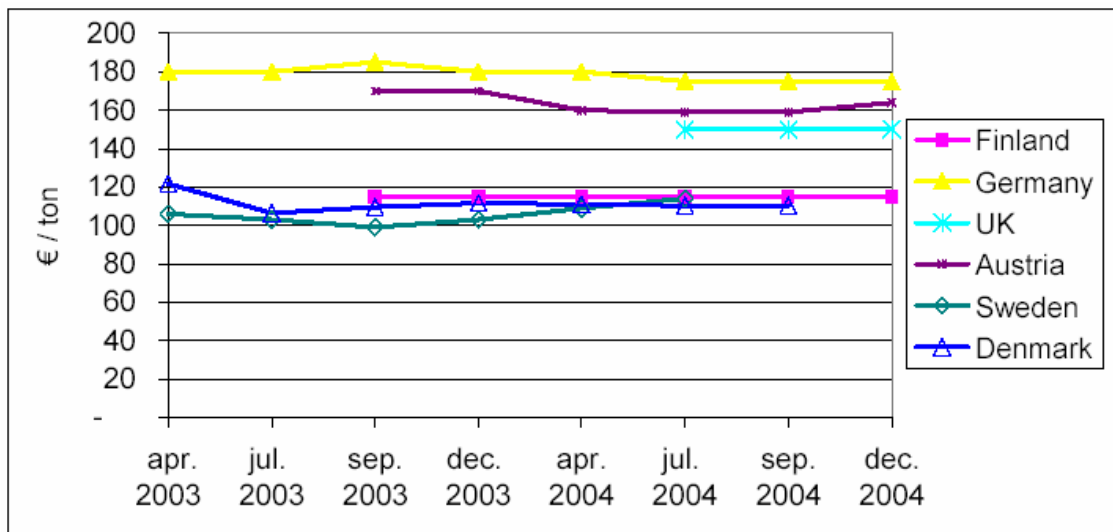
²⁴ Entre 94 et 164 EUR/t pour des granulés à base de paille. Le coût de la matière première au producteur de granulés atteindrait 25-50 EUR/t pour la paille.

Figure 25 : Prix des pellets en sachet en Europe (TVA comprise)



Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

Figure 26 : Prix des pellets en vrac en Europe livraison comprise (TVA incluse)



Source : Pellets for Europe, Opportunities for pellet trade (2003)

On constate que les prix en Europe pour les pellets en petites quantités sont relativement stables. Par contre, pour les pellets en vrac, on distingue 2 groupes de pays. Les pays Nordiques avec des prix entre 100-120 EUR/t, et les autres, tels que l'Autriche et l'Allemagne, avec des prix entre 160-180 EUR/t.

Cette différence est due au fait que dans les pays Nordiques, il existe des marchés compétitifs avec une demande et une offre équilibrée. La présence de gros consommateurs tels que des producteurs d'électricité n'est pas étranger à cette situation.

Alors qu'en Autriche et en Allemagne, il n'y a pas de marché caractérisé par des transactions pour de gros volumes. Le marché consiste en l'approvisionnement de consommateurs domestiques à travers des distributeurs dans le pays.

On peut également acheter des granulés à usage industriel en Pologne pour 75 EUR/t, hors coût de livraison. La Pologne produit essentiellement pour l'export.

e) Les coûts de transport

Le coût varie en fonction du mode de transport, de la masse à transporter et de la distance à parcourir :

1. Transport routier

Pour le transport routier, le coût varie de 4 EUR/tms (20 km) à 32 EUR/tms pour les plus longues distances (transport national –300 km).

Remarquons que l'ITEBE donne des coûts du transport entre 10 et 15 €/t.

L'étude « Long distance bioenergy logistics » réalisée par R. Suurs de l'Université d'Utrecht fourni également des données.

Pour le transport par route, on y prend comme référence les caractéristiques suivantes d'un camion :

Capacité max	40	Tonnes
Capacité max	130	m ³
Vitesse moyenne	65	km/h
Consommation	45	L/100 km
Cout-km	0,85	EUR/km

Les coûts sont dérivés de la distance parcourue et des coûts de transfert (allers-retours). Les coûts de chargement/déchargement peuvent varier grandement et équivalent à 0,5 EUR/m³.

Table 15 : Coût du transport routier pour différents chargements en EUR/t

Distance (km)	Billes de bois	Copeaux de bois	Granulés
50	7,9	11	4,1
200	20,8	24,1	11,1
500	46,6	50,2	25,4

Source : R. Suurs, Long distance bioenergy logistics

Ces chiffres montrent que le transport de granulés est moins cher que celui des autres combustibles bois, grâce à leur densité.

2. Transport ferroviaire

Pour le *transport ferroviaire*, en Europe les trains transportent en général un volume de 2500 m³ et 1000 tonnes à une vitesse moyenne de 75 km/h.

Les coûts varient beaucoup également et dépendent de la disponibilité de fret pour le retour, le volume total, les règles de transfert au terminal, le trajet et la destination.

L'étude de R. Suurs donne les résultats suivants :

Table 16 : Coût du transport ferroviaire, transfert inclus en EUR/t

Distance (km)	Pellets
500	9
1000	12,8
1500	16,7
2000	20,5

Source : R. Suurs, Long distance bioenergy logistics

Un des gros freins au transport intra-européen de fret ferroviaire est la différence dans les types de rails utilisés nécessitant des arrêts et des déchargements aux frontières.

3. Transport maritime

Le transport maritime est un domaine très complexe pour lequel il est difficile de trouver et comparer les prix. Nous avons toutefois trouvé les coûts liés au chargement et déchargement au port, qui sont d'environ 2,6 à 4,3 EUR/t. Quant aux charges portuaires elles représentent jusqu'à un tiers du coût total de transport.

On peut considérer les caractéristiques suivantes d'un cargo comme base de calcul pour les échanges internationaux de granulés sur longues distances.

Table 17 : Caractéristiques d'un cargo de transport de granulés²⁵

Capacité max	22000	Tonnes
Capacité max	30000	m ³
Vitesse moyenne	65	km/h
Consommation (fuel lourd)	4	T/100 km

Source : R. Suurs, Long distance bioenergy logistics

²⁵ Le plus gros cargo arrivé au port de Rotterdam transportait 27000 tonnes de granulés depuis le Canada. Ils étaient destinés à la production électrique.

Sur cette base R. Suurs a calculé les coûts suivants.

Table 18 : Coûts du transport maritime en EUR/t

Distance (km)	Pellets
1500	9
10000	12,8

Source : R. Suurs, Long distance bioenergy logistics

La demande internationale de bois énergie (copeaux, plaquettes, granulés) engendre une demande non prévue pour leur transport par voie maritime. Or le nombre de cargo spécialisés dans ce domaine reste limité. Ceci entraîne une hausse des coûts de transport. Les plus gros cargo dans ce domaine ont une capacité de 40.000 tonnes.

f) La stabilité des prix

On peut voir sur les graphes précédents la grande stabilité des prix des granulés, lesquels ont même parfois tendance à baisser dans le temps. C'est un gros avantage de la biomasse par rapport aux combustibles fossiles. Ceci donne une sécurité pour les producteurs de chaleur ou d'énergie. Cette sécurité permet l'utilisation de taux d'intérêts inférieurs par rapport aux combustibles fossiles dans les calculs économiques. Cet aspect est souvent négligé dans les études.

En Belgique, le prix du gaz naturel destiné au consommateur résidentiel belge (le Tarif B, qui constitue une référence pour les clients « chauffage » en Belgique) a progressé de 15 %²⁶ depuis le 1er janvier 2004.

Le prix du baril de pétrole côté à Londres a connu une hausse de plus de 80 %²⁷.

Si les prix pétroliers restent au niveau actuel pendant plusieurs mois, le prix du gaz naturel pour le chauffage résidentiel augmenterait encore de 8 %.

Il se confirme en cette période de mini-chocs pétroliers à répétition que les granulés seraient un moyen important à la disposition des ménages et des industries pour maîtriser leurs coûts énergétiques.

²⁶ www.gazinfo.be

²⁷ Moins de 30% du prix du gaz naturel est influencé de façon lissée et avec un certain délai par l'évolution des prix pétroliers.

3.5.2.4. La matière première

La matière première est indirectement importante dans les critères car elle influence le prix, la qualité et la quantité des granulés.

La concurrence pour l'obtention de la matière première peut entraîner des difficultés.

La matière première utilisée en premier pour les granulés est la sciure ou les déchets (non souillés) des industries transformatrices de bois en raison de leur coût inférieur du à leur facilité de récupération et leur présence locale.

La production se localise en général dans un environnement proche des industries en question.

Toutefois, on dit que certaines industries telles que les producteurs de papier, de panneaux MDF ou de particules sont également utilisateurs de ces matières premières. Celles-ci leurs permettraient d'obtenir une énergie ou une matière à faible coût.

Elles craignent que l'apparition d'un nouveau débouché ne crée une pression sur les prix de ces matières et font du lobbying pour freiner le développement de ce nouveau débouché.

On peut toutefois se demander si la menace est réelle car selon l'un des futurs producteurs contacté, les matières premières utilisées ne sont pas totalement identiques. Les fabricants de panneaux MDF par exemple n'utilisent pas la sciure, mais des grumes ou des plaquettes de bois. Nous n'avons toutefois, pas pu vérifier ce point.

Toujours est-il que si cela engendre une trop faible quantité de matière première, les producteurs devront se tourner vers la récupération de rémanents forestiers, qui eux, seront probablement plus cher (voir plus haut).

Ainsi cette hausse du prix local favoriserait l'importation.

De même, la qualité du produit peut être influencée par la qualité de la matière première. Les quantités de granulés de diverses qualité en seraient donc également impactées. Cela peut aussi avoir une influence sur l'importation.

3.5.2.5. Image de marque et soutien aux énergies vertes

Ce point peut, par exemple, avoir une influence au niveau de la discussion de l'importation de granulés par rapport à l'importation de combustibles non renouvelables.

L'image de marque peut aussi être un puissant avantage concurrentiel pour une entreprise.

En Wallonie, il y a une forte prise de conscience des problèmes environnementaux et les consommateurs font de plus en plus attention à cet aspect. Y compris lors de leurs achats énergétiques. Certains seront prêt à payer un prix plus élevé pour le bois énergie si ils sont convaincus de son efficacité environnementale par rapport aux combustibles fossiles.

Dans ce cadre, il peut être intéressant pour une entreprise d'importer des granulés pour la production de chaleur ou d'électricité.

Les producteurs d'énergie ont tout intérêt à investir dans ce domaine et à le communiquer vers l'extérieur.

3.5.3. Conclusion

Pour le secteur de la production d'électricité on s'attend à une demande de **380.000 t/an** en Wallonie et de 650.000t/an pour la Belgique d'ici 2006.

Les granulés de bois, même s'ils offrent une stabilité de prix plus importante, coûtent actuellement plus du double à l'achat (environ 21 EUR/MWh) que les combustibles fossiles tels que le charbon ou le gaz. Toutefois, les pénalités prévues au niveau des quotas de certificats verts (100 EUR) rendent cette production « obligatoire » d'un point de vue économique. Ce qui est bien entendu voulu par les pouvoirs publics.

L'achat de granulés reste intéressant tant que leur coût et le coût de production d'électricité restent inférieur à la pénalité additionnée du prix de vente de l'électricité.

Ainsi rien ne s'oppose économiquement à l'importation de granulés, même cher, tant que l'approvisionnement est garanti, d'autant que l'offre en Belgique ne pourra jamais répondre à la demande.

Pour des raisons de facilité et de sécurité et diversification d'approvisionnement il est probable que le secteur électrique cherche d'abord à s'approvisionner en Belgique avant de se tourner vers l'importation. Un autre point intéressant pour le producteur électrique est le coefficient d'émissions de CO₂ établi par la CWAPE, lequel intervient dans les estimations pour l'octroi de certificats verts. Le coefficient pour des distances de transport inférieures à 200 km permettrait au producteur électrique de bénéficier de plus de certificats verts.

La sécurité d'approvisionnement est un élément nécessaire, mais toutefois pas suffisant. Les granulés importés doivent répondre au cahier des charges demandé par le producteur d'électricité afin de garantir le bon fonctionnement des équipements, de maximiser l'efficacité énergétique et minimiser les nuisances (cendres, polluants etc.). Le producteur tendra toutefois à minimiser les coûts d'achat des granulés. Nous avons détaillé les critères importants entrant en compte dans les coûts de production et de transport des granulés.

Selon nos informations, les coûts de production pourraient être de l'ordre de 80 EUR/t en Belgique à condition d'avoir une matière première de qualité à bon prix, transportée sur des distances courtes et d'atteindre un certain niveau de production. La livraison devrait se faire par camion et atteindre un coût d'environ 5 EUR/t. Ainsi, il est possible de rivaliser avec les importations qui coûtent de l'ordre de 100 à 120 EUR/t. Il faut toutefois rester attentif au prix des matières premières qui pourraient monter si leurs divers utilisateurs se font concurrence.

La production attendue en Belgique est d'environ 190.000 tonnes/an et pourrait entraîner un manque de matière première de bonne qualité. Si c'est le cas, les coûts de production devraient monter.

Il est intéressant de noter que l'importation se fait sur longues distances par bateau et par barges (navigation intérieure). Exactement de la même manière que pour le charbon.

Les qualités intrinsèques des granulés et les bas prix du transport maritime permettent cette importation à bon prix. Notons que les combustibles fossiles sont également importés, le plus souvent par bateau ou par gazoduc.

Pour le secteur de la production de chaleur en Wallonie, les granulés de bois tiennent la comparaison avec les combustibles fossiles. Le mazout est largement plus cher et le gaz naturel plus ou moins cher selon l'intercommunale. Aujourd'hui, les seuls granulés trouvés sur le marché proviennent de pays voisins et sont fournis principalement par les revendeurs d'appareils de chauffage. Une production en Belgique serait de nature à rassurer le consommateur local sur son approvisionnement futur. Le marché des petites installations est fort différent de celui des grosses en ce sens que la qualité du granulé requise doit être très élevée pour les petites installations. La qualité doit aussi permettre un transport, une manutention et un stockage sans altération du produit. De plus la chaîne logistique est plus longue et plus complexe que pour les grosses installations et le conditionnement est différent (vente en sachets). Le transport des granulés pour ce marché se fera généralement par route. Le coût du transport devrait limiter l'importation à une région voisine. Tout cela se répercute sur les prix qui tournent autour de 185 EUR/t. Les livraisons en vrac reviennent à environ 165 EUR/t. Rien que l'emballage peut se monter à 15 EUR/t (palettes, plastiques etc.). Le marché de la chaleur n'est pas encore développé, mais on s'attend à une demande de 85.000 tonnes par an dans quelques années. Toutefois, l'objectif nous semble ambitieux car les équipements de production de chaleur coûtent beaucoup plus cher que ceux utilisant des combustibles fossiles. Or, ce secteur n'est pas aussi soutenu que celui de la production d'électricité verte. On constate également un certain scepticisme de la part du secteur public (communes etc.) à vouloir se lancer dans l'aventure.

Les diverses politiques menées à travers le monde pour soutenir le bois énergie commencent à porter leur fruit. Le marché du granulé de bois en profite bien et est devenu international.

3.6. Critères sociaux

On peut aborder l'importation de granulés également sous un aspect social. L'économie n'a-t-elle finalement pas comme but de faire progresser le niveau social de l'humanité ?

Les critères les plus pertinents à ce niveau sont le nombre et la qualité des emplois, les salaires, les accidents de travail, le niveau de vie, les droits des travailleurs, le travail des enfants qui seraient influencés par l'importation. Ces critères devront être pris en compte dans les décisions d'importation si on veut un développement durable du bois énergie.

Les agents économiques ont souvent tendance à ne tenir compte que de la maximisation du profit et n'internalisent pas les coûts des problèmes sociaux liés à leurs activités. D'autant moins lorsque ces répercussions ont des impacts dans un autre pays, pour des travailleurs ne dépendant pas directement de l'agent importateur.

Dans ce qui suit, nous tentons de voir si l'importation d'un agent public ou privé Wallon aura des impacts sociaux positifs ou négatifs au niveau social.

Les activités principales à analyser ici sont celles du secteur du bois et du transport et éventuellement de faire la comparaison avec les énergies substituées par les granulés.

3.6.1. Nombre d'emplois

Le critère du nombre d'emploi n'intéresse que peu les acteurs économiques privés. La tendance serait d'ailleurs plutôt à la minimisation des emplois afin de diminuer les coûts qui y sont liés.

Pour le secteur public, par contre, l'objectif serait plutôt de minimiser le chômage et donc de maximiser le nombre d'emploi. Le chômage en Wallonie est un problème important. Le développement d'activités dans le bois énergie pourrait être bénéfique à ce niveau.

Il est extrêmement difficile d'évaluer les possibilités de création d'emploi grâce à la bioénergie. Les contextes tellement divers, les différentes échelles des opérations et le manque de données pertinentes rendent cet exercice très difficile.

Toutefois, on peut dire que ce secteur est relativement plus intense en main-d'œuvre que celui de la production de combustibles fossiles. Certains avancent un rapport de 5 sur 1, même si l'on tient compte des pertes d'emploi dans les secteurs que remplace le bois énergie.

Table 19 : Emplois créés pour 1 tep consommée par filière

Filière	Emplois créés pour 1 tep consommée
Filière forestière	4,2 à 6,3
Filière bois de rebut	2,3 à 3,7
Pétrole	1,4
Gaz	1,2

Source : EurObserv'ER, Baromètre du bois énergie - 2004

Au Brésil, des études ont montré, que dans ce pays, la création d'emploi dans le secteur de la bioénergie requerrait peu d'investissements.

Entre 15.000 \$US et 100.000 \$US contre 800.000 \$US pour un poste créé dans l'industrie pétrochimique et 10 millions \$US dans les centrales électriques.

Table 20 : Investissement requis pour créer un emploi dans les différents secteurs de production énergétique, dans le nord-est du Brésil

Secteur de création d'emploi	Investissement par poste créé (en milliers de \$ EU)
Plantation d'arbres pour la production d'électricité	15-100
Agro-industrie de l'éthanol	12-22
Projets industriels	40
Industrie pétrochimique	800
Hydroélectricité	10000

Source: Carpentieri, Larson et Woods, 1993.

Même si ces chiffres sont anciens et proviennent d'un pays moins développé à cette date, ils montrent toutefois une tendance importante.

Ceci est d'autant plus intéressant que la tendance dans le nombre d'emploi des secteurs pétrolier et gazier est à la baisse depuis 25 ans. La concurrence, les privatisations, la surcapacité, l'externalisation des tâches et de la technologie pour tenter de rationaliser les opérations, le coût des investissements requis pour satisfaire à des normes environnementales, les fusions et l'amélioration des technologies en sont les causes.

A la différence du secteur de la prospection et de la production, les chiffres de l'emploi du secteur du raffinage sont demeurés fondamentalement inchangés depuis 1990, malgré une rationalisation continue et une réduction des effectifs en Europe et aux Etats-Unis. Cette activité s'est déplacée vers la région Asie-Pacifique et vers le Moyen-Orient.

Evolution de l'emploi dans le secteur pétrolier en Belgique est représentée ci-dessous.

Table 21 : Evolution de l'emploi dans le secteur pétrolier en Belgique

	31.12.1973	31.12.2002	31.12.2003	Evolution sur 1 an (en %)
Ouvriers	5.167	1.265	1.138	-10,04
Employés	6.097	3.943	4.070	+3,22
Total	11.264	5.208	5.208	0,00

Source : INS
Fédération Pétrolière Belge –2004

Les emplois créés dans le BE profitent en majorité à du personnel moins qualifié dans des zones rurales, ce qui est important car ce sont les emplois les plus difficiles à pourvoir pour faire diminuer le chômage. Cela participe aussi à freiner l'exode rural en assurant de nouveaux débouchés pour le secteur du bois. Enfin, cela sécurise l'emploi dans les secteurs concernés. Ce rôle social de l'exploitation forestière est souvent passé sous silence.

Les emplois sont créés pour une bonne partie dans les activités de collectes et de tri des déchets bois, mais également dans l'exploitation et le transport des rémanents forestiers, la production et la distribution des granulés et la vente et l'exploitation des chaufferies/centrales électriques. De nombreux acteurs économiques locaux (les architectes, les bureaux d'études, les acteurs du bâtiment etc.) sont également mis à contribution.

En Wallonie, le secteur forestier (sylviculture, exploitations, scieries, négoce...) emploie environ 16.000 personnes (source Valbiom), soit un peu plus de 1% de la population active totale.

Le secteur du transport employait 174.110 travailleurs salariés en Belgique à la fin 2003 dont 41.044 en Wallonie. A cela il faut rajouter les indépendants dont nous n'avons pas trouvé les chiffres. Ce chiffre correspond à 4,5% du total des salariés wallons et est en progression.

Le transport terrestre (dans lequel on retrouve les transports ferroviaires, les transports urbains, les transports routiers et transports par conduite) représente plus de la moitié des emplois en Wallonie. Le transport par eau (transports maritimes, côtiers et fluviaux) représente 0,1% du total wallon.

Les services auxiliaires de transports (activités de manutention (en particulier portuaire) et d'entreposage mais aussi les activités d'organisation du transport (affrètement, douane, expédition, intermédiaires...)) 16% de son total.

Dans l'Union européenne, les chiffres d'emplois de la filière bois-énergie sont estimés à 50 000 en France (30 000 directs et 20 000 indirects), 30 000 en Allemagne, 29700 en Suède, 15 300 en Autriche. (Source baromètre du bois énergie 2004). Il n'y a cependant pas de chiffres spécifiques pour la production de granulés.

Les bénéfices décrits du BE sont vrais lorsque la production de BE ou de granulés est réalisée localement, mais lorsqu'il s'agit d'importation il faut nuancer ces propos.

Dans ce cas, une plus grande partie des emplois sera créée dans le pays exportateur.

L'importation de granulés sera en compétition d'une part avec le charbon pour la production électrique et d'autre part avec le mazout pour la production de chaleur. Nous avons en effet vu que les prix sont en défaveur du mazout.

On peut distinguer les principales chaînes logistiques de granulés.

L'importation en Wallonie pour la production de chaleur se fait sur de courtes distances principalement par route. Elle permettra uniquement des emplois additionnels dans la distribution des granulés et la vente et l'exploitation des chaufferies ainsi que des emplois indirects pour des acteurs économiques locaux.

Cette hausse pourrait, de plus, être compensée par les pertes d'emplois dans la chaîne logistique des combustibles concurrents.

Au niveau de la production électrique, il n'y aura aucun impact car la chaîne logistique est identique à celle du charbon.

Les granulés arrivent par cargo au port d'Anvers ou de Rotterdam et sont ensuite amenés par barge aux centrales électriques à granulés de la même façon qu'on transportait le charbon vers ces centrales. Même l'outil de conversion en énergie utile est le même.

L'importation de granulés serait par contre positive pour le pays exportateur et ce d'autant plus que les activités en question y seraient plus intensives en main d'œuvre que dans des pays où le secteur serait devenu très mécanisé.

Nous avons vu que la tendance générale est à la baisse des effectifs dans le monde en sylviculture et que dans certains pays le secteur représente près de 10% de l'emploi. Peut-être que de ce point de vue, il pourrait être intéressant de favoriser les mécanismes flexibles prévus dans le protocole de Kyoto afin de se trouver dans une situation globalement plus « productive » au niveau du couple exportateur/importateur.

Rappelons toutefois que la Wallonie à un taux de chômage qui dépasse les 10%.

3.6.2. Accidents de travail et santé

Les coûts

Il est clair que tout élément de coût pour l'entreprise sera pris en compte dans l'objectif de maximisation du profit.

Les accidents du travail dans les pays industrialisés ont un coût social et économique élevé pour la société et les entreprises. C'est notamment dû à la protection sociale élevée dans ces pays. De plus, certaines entreprises considèrent qu'un niveau de protection social élevé et un bien être au travail permet une hausse de productivité qui peut compenser la hausse de coût qui y serait liée.

L'Union européenne a réalisé une étude sur les coûts des accidents de travail en 2000 dans l'UE15²⁸. Le résultat atteint 55 milliards d'euros en ne tenant compte que des heures de travail perdues. Ce chiffre ne représente qu'une estimation basée sur une série d'hypothèses, mais montre qu'il y a un coût économique et social très important lié aux accidents.

Dans d'autres régions, ces arguments ne sont pas pris en compte.

Malgré des améliorations dans le secteur de l'extraction de combustibles fossiles, ces activités restent parmi les plus risquées pour les travailleurs à la fois en nombre d'accidents mais également en gravité.

Le travail dans les mines de charbon est très dangereux. Il y a des risques d'éboulement, d'explosion et le travail y est physiquement difficile. Dans les pays développés, les risques ont pu être limité par la prise de nombreuses règles de sécurité, mais encore de nos jours, dans certaines régions du monde, cette activité génère des morts par milliers chaque année.

²⁸ Statistical analysis of socio-economic costs of accidents at work in the European Union, Eurostat, 04 Oct 2004

En Chine par exemple, 6000 personnes auraient perdu la vie en 2004 ce qui correspond à 4 par millions de tonnes produites. La Belgique importe notamment d'Afrique du sud qui a un taux de 0,13. La Russie à un taux de 0,34. La moyenne des pays développés serait de 0,4. De plus, beaucoup de mineurs souffrent d'une maladie des poumons réduisant l'espérance de vie.

Le transport des combustibles tels que le pétrole et le gaz comportent également de sérieux risques.

Les risques dépendent souvent du pays où l'on se trouve. Ainsi, dans les PED les conditions de travail et donc les risques sont beaucoup plus élevés.

La foresterie en général et l'exploitation forestière en particulier continuent de figurer parmi les trois métiers les plus dangereux en raison du nombre élevé d'accidents, mais également en raison de leur gravité dans presque tous les pays. Peu de travailleurs arrivent à l'âge normal de la retraite.

On peut distinguer les problèmes de santé qui sont liés au travail en lui-même (la pénibilité des tâches, l'exposition à des conditions climatiques extrêmes, les bruits, les vibrations), et ceux liés aux accidents. Les accidents sont en général dû au manque de formation, au manque d'expérience (nouveau propriétaire par exemple) et au non-respect de consignes de sécurité.

S'il y a des indications d'une baisse des accidents du travail, il y a aussi des exemples où la situation de la sécurité et de la santé s'est détériorée, comme dans de nombreux pays d'Europe centrale et orientale.

En France encore aujourd'hui, malgré une tendance à la baisse, les accidents dus aux machines sont trois fois plus nombreux en forêt qu'en agriculture. Globalement (agriculture et forêt), les accidents du travail en France ont diminué de 30 % en trente ans, mais de nouveaux risques apparaissent : le stress, les cancers professionnels et surtout les problèmes musculaires et squelettiques en très forte augmentation.

Dans l'Union européenne, le nombre d'accidents mortels dans le secteur s'élevait en 2002 à 78 et le nombre d'accidents entraînant un arrêt de travail de plus de 3 jours atteignait 25.018, soit 9,2%.

Les transports sont aussi à l'origine de nombreux accidents, plus pour le transport par route que pour le transport maritime, mais les services auxiliaires (manutentions etc.) sont également risqués. Le transport par canalisations constitue un moyen sûr et efficace pour l'acheminement de grandes quantités de produits énergétiques gazeux ou liquides, à condition d'utiliser les techniques et matériaux adéquats.

Sans cela, des fuites dangereuses et de graves accidents peuvent se produire tels qu'à Ghislenghien²⁹, mais ceux-ci sont rares.

²⁹ Le 30 juillet 2004, une explosion faisait 17 morts et plus de 120 blessés.

A titre indicatif voici les chiffres concernant les secteurs en Belgique.

Table 22 : Accidents du travail en Belgique en 2003

Secteur d'activité	CSS³⁰	IT	IP	Mortel	Total
Sylviculture, exploitation forestière et services annexes	20	51	19	1	91
Travail du bois et fabrication d'articles en bois, liège, vannerie ou sparterie	712	1 398	227	1	2 338
Transports terrestres	2 579	4 408	917	16	7 920
Transports par eau	85	50	12	0	147
Services auxiliaires des transports	2 350	3 183	378	6	5 917
Total	5 746	9 090	1 553	24	16 413

Source : Fonds des accidents du travail

L'importation de granulés aura plutôt des répercussions sur les accidents dans le pays exportateur. Elle pourrait donc entraîner une hausse de l'activité dans le pays d'origine, mais cette hausse s'accompagnerait d'une hausse relative des accidents.

Il serait souhaitable que les importateurs belges s'assurent que des mesures de formation et de sécurité pour prévenir les accidents soient prises dans le pays d'origine avant d'entamer des relations commerciales. C'est particulièrement vrai dans les pays où les travailleurs ne bénéficient pas d'une protection sociale élevée.

Notons aussi à ce sujet que certains labels de certification pour la gestion durable des forêts prévoient des critères liés à la protection des travailleurs et de leur famille. Nous discuterons des certifications dans le chapitre dédié aux aspects écologiques.

3.6.3. Qualité des emplois

La qualité des emplois dans le secteur forestier laisse beaucoup à désirer. On y fait de plus en plus souvent appel à des sous-traitants, les travailleurs clandestins sont de plus en plus nombreux, les salaires sont très bas, il y a une discrimination notamment par rapport aux femmes, le travail des enfants est souvent utilisé etc.

³⁰ Classé sans suite, interruption temporaire, interruption permanente : source : Fonds des accidents du travail http://socialsecurity.fgov.be/faofat/adg_2003/fr/frm_table_des_materies.htm

Répartition des tâches :

Dans les pays pauvres la pénurie de combustible et l'obligation de recourir au bois-énergie retombe souvent sur les femmes et les enfants.

Les femmes et les enfants sont parfois sur représentés dans tous les travaux sylvicoles exigeant de gros efforts physiques³¹. En Afrique du Sud, les femmes sont employées principalement dans l'écorçage manuel des grumes, travail lourd et qui présente le plus de risques de blessures, avec un taux d'accident de 38%.

Parfois, elles sont également exposées à des produits chimiques dangereux. Elles s'occupent du ramassage, ce qui constitue une charge physique dure, et de l'utilisation domestique de bois de feu. Le temps, souvent long, dédié au ramassage (parfois jusqu'à 3 heures de marche avec de lourds fagots) est pris au détriment d'autres exigences telles que les travaux des champs, l'éducation, la récréation et le repos.

Travail des enfants et travail forcé

Le travail des enfants et la servitude pour dettes sont des réalités dans de nombreux pays. C'est par exemple le cas dans la région de l'Amazonie. L'OIT a également trouvé des preuves de travail forcé en lien avec l'exploitation du teck au Myanmar et dans les concessions forestières et les plantations forestières en Indonésie.

Droits

Dans les industries forestières et du bois, de graves violations des droits fondamentaux au travail ont été signalées. Ce problème n'est pas simple car la plupart des postes de travail se trouvent dans des zones éloignées et souvent temporaires.

Le travail des femmes est souvent ignoré. Elles ne sont souvent pas en position pour défendre leurs droits, elles sont mal payées et on relève souvent des atteintes aux lois exigeant une égalité de traitement.

Dialogue social

Dans le secteur forestier, les taux de syndicalisation sont faibles et les travailleurs ont peu de moyens pour faire valoir leurs droits. C'est particulièrement vrai pour les femmes et dans les PED. La tendance à sous-traiter complique l'évolution du dialogue social.

Salaires

Un corollaire à ce qui précède est le niveau particulièrement bas des salaires dans le secteur forestier. Ils sont généralement inférieurs aux salaires moyens des autres industries, y compris celles du bois, de la pâte et du papier et parfois ils sont proches du salaire minimum. Dans les pays industrialisés, ces salaires semblent être plus égaux à ceux du secteur manufacturier.

³¹ Au Mali, deux tiers des bûcherons et des charbonniers sont des femmes

Sous-traitance et qualité de l'emploi

Au cours des dernières décennies, le travail contractuel s'est développé comme le mode standard d'opérations forestières dans de nombreux pays³².

Parmi les problèmes dû à cette pratique on retrouve des contrats à court terme, un emploi discontinu, des risques plus grands sur le plan de la santé et de la sécurité, une faible rentabilité, de longues heures de travail et le manque de qualification. Des études réalisées en Finlande, au Chili et en Afrique du Sud montrent que les travailleurs sous-traités ont perdu une partie de leurs revenus. Le renouvellement de la main-d'œuvre parmi les contractants continue d'être important.

Travailleurs migrants et clandestins

Les travailleurs forestiers migrants et clandestins posent un problème qui inquiète de plus en plus dans le monde entier. Ces travailleurs sont souvent l'objet de violations des droits de l'homme et exposés à de mauvaises conditions de travail. Ils exécutent les travaux les plus dangereux et sont les moins protégés.

L'OIT a défini des droits fondamentaux du travail parmi lesquels figurent, l'abolition du travail des enfants, la liberté syndicale et le droit de négociation collective, l'élimination de toute forme de travail forcé ou obligatoire et l'élimination de la discrimination. De manière générale, le respect de ces droits devrait entraîner une amélioration générale des conditions de travail.

Au niveau du secteur des transports, on ne peut pas dire non plus que les travailleurs ont une qualité de vie élevée. En Belgique, ils font face à une concurrence vive venue des pays de l'Est, ce qui entraîne des pressions vers le bas sur les salaires et sur les conditions de travail. Les droits fondamentaux cités ci-dessus devraient également s'appliquer.

Ces conditions sont à comparer par exemple avec celles du secteur du pétrole et du gaz. Dans ceux-ci, les salaires sont en général plus élevés que la moyenne et les conditions de travail sont en général meilleures. Même dans des pays comme la Chine ou la Turquie³³. Par contre, dans certains pays, les industries du pétrole et du gaz, lorsqu'elles sont considérées comme des *services essentiels* posent des problèmes au niveau de la liberté syndicale, du droit de s'organiser et de la négociation collective. Des restrictions sont mises sur le droit de grève.

A titre d'exemple, au Nigeria il y a eu des plaintes pour violation des droits fondamentaux des travailleurs.

³² En Pologne, la part de main-d'œuvre contractuelle a augmenté, passant de zéro à environ 75 % durant la dernière décennie. De même, dans les PED comme le Brésil et l'Afrique du Sud, il y a eu une poussée prononcée vers le travail contractuel durant les années 1990, en faisant la modalité de travail la plus utilisée.

³³ 800% de hausse salariale en 4 ans entre 1996 et 2000.

3.6.4. Les populations autochtones

Les droits des populations autochtones des lieux de production forestière, d'utiliser et de gérer leurs terres et leurs ressources, doivent être reconnus et respectés.

Les populations qui sont dépendantes du bois pour leur énergie et pour améliorer leur niveau de vie devraient pouvoir participer à la gestion durable des forêts et aux bénéfices qui y sont liés et il faut éviter que le commerce international de bois énergie ne prive les populations de ces droits.

Or, les populations autochtones sont souvent écartés des décisions liées à la gestion des forêts. Ils ne sont pas informés et parfois ils sont même déchus de leur droit de propriété au profit d'entreprises.

Par exemple, des plantations sont parfois créées par des entreprises ou des pouvoirs publics à des endroits à l'origine utilisés par les populations locales. Ces replantations d'arbres sont « protégées » et sont interdites d'accès. Ces zones contraignent les populations à parcourir encore plus de distance pour le ramassage de bois de feu. On assiste aussi parfois à des déplacements de population.

Ce genre de problème peut aussi intervenir dans l'exploitation pétrolière ou gazière. Il n'est pas possible dans le cadre de ce travail d'analyser cela en profondeur afin de comparer le bois énergie aux énergies fossiles.

3.6.5. Conclusion

L'importation de granulés bénéficiera peu à l'emploi en région wallonne. Ces emplois seront surtout gagnés dans le secteur du transport routier et de la distribution de granulés pour le marché du chauffage. Il est possible que ces emplois seront pris au détriment d'emplois dans le secteur pétrolier pour la production de chaleur.

Nous avons souligné des problèmes sociaux importants sur lesquels un commerce international de granulés pouvait avoir une influence. Ces problèmes auront surtout un impact dans le pays exportateur. Certains de ces aspects figurent comme critères d'acceptation dans les conditions d'octroi des labels de certification durable des forêts dont il sera question dans le chapitre suivant.

Il est bien entendu souhaitable que tout importateur de granulés soit attentif à ces problèmes et en tienne compte dans la mesure du possible.

La question de savoir si une importation de granulés en Wallonie aura plus d'impacts négatifs qu'une importation de pétrole, de gaz ou de charbon n'est pas aisée étant donné la diversité des situations de pays à pays.

3.7. Critères environnementaux

L'importation de granulés aura des effets plus négatifs pour l'environnement que l'utilisation de granulés fabriqués localement. Certains s'opposent à l'importation de granulés ou de bois-énergie sous prétexte que celle-ci génère justement plus de nuisances.

Toutefois, il convient également de mettre cela en rapport avec l'importation des autres sources d'énergie en Wallonie.

Nous avons vu que la Wallonie importait 97% de son énergie sous forme de charbon, de gaz, de pétrole ou d'uranium. Or, le plus souvent, les granulés seraient utilisés en remplacement de ces autres sources.

Il est donc intéressant de voir si le fait d'importer les granulés est plus ou moins générateur de nuisances environnementales que l'importation de ces autres sources d'énergie.

Il est extrêmement compliqué d'obtenir des informations détaillées et comparables sur ce sujet. Idéalement, une analyse de cycle de vie devrait être réalisée et le résultat des nuisances comparé avec celui de l'importation des autres sources d'énergie.

Or, comme expliqué précédemment, les filières peuvent prendre diverses formes selon la source et le type de matière première utilisée dans la fabrication des granulés.

Nous avons vu que la matière première provenait le plus souvent des déchets de l'industrie de transformation du bois (sciure) ou de rémanents forestiers.

Ainsi, nous pouvons reprendre les différentes étapes de la filière des granulés de bois et tenter de dégager les problèmes environnementaux qui y sont liés. L'étape « sylviculture » intervient lorsqu'on part des rémanents forestiers. Pour les produits connexes elle n'est pas prise en compte car leur production n'a pas de lien direct avec la production d'énergie. Il en va de même pour l'étape de la récolte.

3.7.1. *La culture*

Des craintes sont apparues concernant les effets potentiellement négatifs d'une production et d'une exportation massive de biomasse.

3.7.1.1 Les risques

La disparition des forêts

La spécificité des écosystèmes forestiers est reconnue depuis longtemps. La Conférence de Stockholm de 1972 a considéré que les forêts étaient le plus important, le plus complexe et le plus durable des écosystèmes et qu'il devait être protégé.

Elle a souligné la nécessité de mettre en œuvre des politiques durables pour l'utilisation des terres et des forêts. Ces écosystèmes jouent de nombreux rôles environnementaux, sociaux et économiques tant au niveau mondial qu'à l'échelon local.

Les biens et services forestiers

- Bois pour l'industrie, bois de feu, produits forestiers non ligneux tels que fibres, aliments et médicaments
- Génération du sol, conservation du sol et de l'eau, purification de l'air et de l'eau, recyclage des nutriments, entretien de la diversité biologique (préservation des habitats, des espèces et des ressources génétiques), atténuation du changement climatique, captage du carbone
- Création d'emplois et de revenus, loisirs, protection de la nature et du patrimoine culturel

Sources : PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI, 2000 ; FAO, 2001a.

Or, malgré cela, certaines parties du monde (Asie, Afrique, Amazonie) continuent d'accuser un déboisement progressif et une érosion accélérée de sols pour satisfaire des besoins énergétiques et alimentaires d'une population de plus en plus nombreuse.

L'Évaluation des ressources forestières mondiales faite par la FAO en 2000 (FAO, 2001b)³⁴, a conclu que la perte nette de superficie forestière durant les années 90 a atteint 9,4 millions d'hectares par an.

Cela équivaut à 0,2 % de la superficie totale des forêts par an alors que le rythme de déboisement des forêts tropicales atteint près de 1 % par an.

On constate que les forêts de plantation progressent en moyenne de 3,1 millions d'hectares par an tandis que les forêts naturelles (principalement dans les tropiques) continuent d'être transformées à d'autres fins à un rythme très élevé.

Dans les pays industrialisés (forêts tempérées), la tendance est plutôt à la reforestation des terres occupées précédemment par l'agriculture et l'élevage.

Une des causes les plus importantes est le besoin de terres cultivables pour des populations toujours croissantes.

Par exemple, dans les années 90, près de 70 % des zones déboisées ont été transformées en terres agricoles.

L'exploitation forestière n'a qu'un impact indirect par la création de réseaux routiers qui facilitent la pénétration des populations qui défrichent la forêt.³⁵

³⁴ fondée pour la première fois sur une définition commune selon laquelle sont considérées comme forêts toutes les superficies d'au moins 0,5 hectare dont au moins 10 % sont recouvertes de canopée

³⁵ En Côte d'Ivoire par exemple, alors que l'on évalue à 2 millions de m³ de bois prélevé par les exploitants forestiers, ce sont 15 millions de m³ qui sont utilisés comme bois de feu et les défrichements agricoles seraient responsables de l'abattage de 50 à 60 millions de m³ de bois.

Il est important de noter que la « reforestation » ne présente pas nécessairement une solution aux problèmes de déforestation.

Très souvent la replantation d'arbres dans des zones anciennement forestières génère des « déserts verts » dépourvus de toute forme de vie ou autre valeur écologique. Les grandes plantations peuvent avoir des effets négatifs tant d'un point écologique que d'un point de vue social et économique.

En Europe, où on se plaît à dire que les superficies forestières recommencent à augmenter, la reforestation est principalement due à des monocultures ou à des forêts écobioécologiquement pauvres. On ne peut pas les comparer aux forêts natives d'il y a des décennies.

La diffusion d'informations catastrophiques dans les médias a rendu les consommateurs méfiants par rapports à l'utilisation de bois. Ces craintes conduisent de nombreux consommateurs à s'éloigner du matériau bois. Une demande d'outils est alors apparue, permettant un contrôle du commerce de la biomasse et une réponse au boycott des consommateurs à l'égard du bois et à la demande croissante de bois certifié.

Ces outils ont pris la forme de critères³⁶ et d'indicateurs de gestion durable et de systèmes de certification garantissant **une gestion des forêts respectueuse de l'environnement, socialement bénéfique et économiquement viable.**

Le secteur forestier est le seul pour le moment à avoir mis en place des systèmes de certification. Les systèmes existants les plus importants sont : le PEFC (Pan-European Forest Certification), le FSC (Forest Stewardship Council), le CSA (Canadian Standards Association's Sustainable Forest Management Standard) et le SFI (Sustainable Forest Initiative). Le PEFC s'est renommé comme « Programme de Reconnaissance des Certifications Forestières » (Programme for the endorsement of national certification schemes).

La certification est un processus par lequel une partie indépendante garantit qu'un procédé, un produit ou un service correspond à des normes spécifiées au préalable.

D'après le FERN³⁷, un système de certification des forêts performant doit répondre aux exigences suivantes :

- Il doit se fonder sur des critères objectifs et mesurables et préciser des performances minimales à atteindre sur le terrain au niveau environnemental et social ;
- Il doit avoir un caractère **participatif** dans les prises de décision. Cette participation doit être équitable et équilibrées entre toutes les parties ;
- Il doit permettre une **traçabilité** du bois crédible représentée par une **labellisation** ;
- Il doit être totalement **transparent** vis-à-vis des parties intéressées et du public ;
- Il doit se fonder sur les évaluations d'un organisme **indépendant accrédité**, avec des audits répétés annuellement sur le terrain ;

³⁶ Actuellement, plus de 100 critères ont été identifiés.

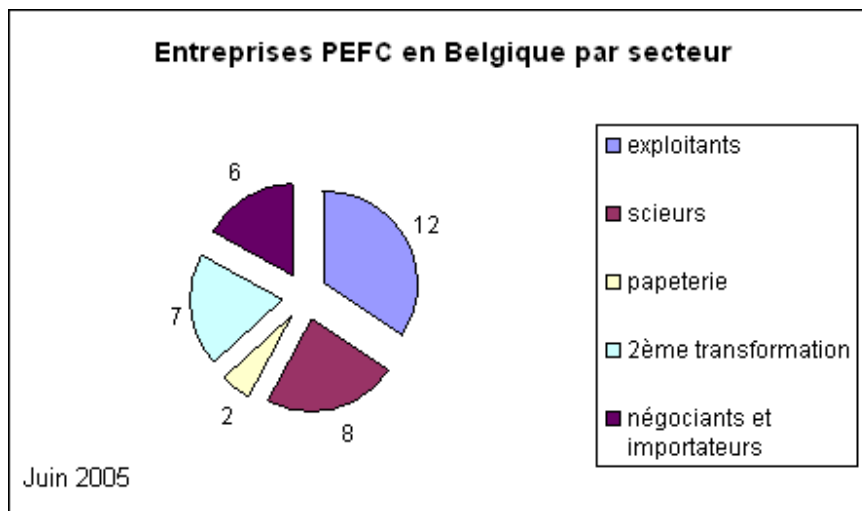
³⁷ Rapport publié par FERN (Forests and the European Union Resource Network), Mai 2001

- Il doit avoir lieu au niveau de **l'unité forestière** et non à un niveau régional ou national ;
- Il doit avoir un bon rapport entre **coûts et avantages** ;
- Il doit être **volontaire** ;
- Il doit se fonder sur l'**engagement actif** des propriétaires/gestionnaires ;
- Il doit pouvoir être **opérationnel** au niveau international et s'appliquer à toutes sortes de régimes fonciers pour éviter tout déséquilibre du marché

Aujourd'hui, la demande de bois certifié est bien supérieure à l'offre. Ceci entraîne une sorte de nivellement par le bas et l'acceptation de labels ne satisfaisant pas à tous les critères mentionnés. Il s'agit donc d'un grand risque par rapport à l'objectif de promouvoir la gestion durable des forêts à travers le monde.

3.7.1.2. La certification du bois en Wallonie

La région wallonne a choisi le système PEFC pour la certification de ses forêts. En juin 2005, 43% (235.320 ha) des forêts wallonnes étaient certifiées PEFC.



Source : PEFC (2005)

a) Le PEFC

Il ne s'agit pas d'un standard unique de certification, mais comme son (nouveau) nom l'indique, d'un programme de reconnaissance de schémas de certification nationaux.

Au départ il s'agissait d'un programme exclusivement européen, mais il s'est élargi pour englober des systèmes de certifications nationaux non-européens. Il a été lancé en 1999 par des groupements nationaux d'intérêts sylvicoles – essentiellement des associations de propriétaires forestiers européens possédant de petites forêts en réaction au système FSC. Ils estimaient que ce dernier était inadapté à la structure morcelée et familiale de la forêt européenne.

L'ensemble des systèmes de certification PEFC reconnus de par le monde atteint actuellement plus de 100 millions d'hectares ce qui équivaut à la moitié des forêts certifiées dans le monde. Le PEFC est le premier système de certification forestière à avoir jamais atteint une telle superficie.

Pour évaluer la gestion des forêts (et afin de définir les politiques régionales), le PEFC se base sur les critères définis lors des conférences Inter-ministérielles pour la protection des forêts en Europe (CMPFE) d'Helsinki (93), de Lisbonne (98) et de Vienne (03).

De ces critères ont découlé 35 indicateurs et 44 recommandations.

Table 23 : Les 6 Critères d'Helsinki:

Critère 1.	Conservation et amélioration appropriée des ressources forestières et de leur contribution aux cycles mondiaux du carbone
Critère 2.	Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers.
Critère 3.	Maintien et encouragement des fonctions de production des forêts.
Critère 4.	Maintien, conservation et amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers.
Critère 5.	Maintien et amélioration des fonctions de protection de la gestion des forêts (notamment eau et sols).
Critère 6.	Maintien d'autres bénéfiques et conditions socio-économiques. »

Le système met en place une procédure appelée « Chaîne de contrôle » qui permet de suivre les flux de bois d'origine certifiée à travers les différentes étapes de l'exploitation, transformation et vente de bois.

Il est important de préciser que dans ce système, des normes nationales très diverses sont adoptées dans les différents pays.

En effet, le conseil PEFC, basé à Luxembourg, fournit un référentiel définissant une série de règles à respecter pour la mise en place d'une certification PEFC dans les différents pays. Les différents pays peuvent ensuite adapter les schémas spécifiques, à l'intérieur de ce référentiel, à la réalité nationale ou régionale.

En Belgique, le schéma national de certification est appelé le « Référentiel belge de la certification forestière ». Celui-ci définit les exigences relatives à la mise en place d'une démarche régionale de certification des forêts et les règles de la Chaîne de Contrôle.

En Wallonie, les organisations membres du groupe de travail PEFC Région wallonne sont quant à elles regroupées en 5 chambres :

- la chambre des propriétaires, gestionnaires forestiers
- la chambre des intervenants en forêt et de première transformation
- la chambre des environnementalistes
- la chambre des scientifiques
- la chambre des usagers de la forêt

Ce groupe qui travaille de manière consensuelle, a pour objectifs de **définir les standards de gestion durable et de vérifier leur application sur le terrain**, dans le respect du Référentiel belge de la Certification Forestière.

Dans ce cadre, un état des lieux de la gestion forestière wallonne a été réalisé qui a abouti à l'identification des aspects environnementaux devant être traités en priorité. Cela a conduit à l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan quinquennal de gestion et à l'élaboration d'une charte (**Annexe I**) pour la gestion forestière durable en Région wallonne, que devra respecter le propriétaire /gestionnaire de la forêt désireux d'être certifié PEFC.

Du fait de leur responsabilité dans le processus, la SRFB (Société Royale Forestière de Belgique) et la DNF (Division Nature et Forêts) se sont fait certifiés selon la norme ISO14001 et PEFC de manière à s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue.

Des audits externes sont réalisés par la société ECOPASS pour s'assurer du respect des exigences des normes ISO14001 et PEFC à la DNF et la SRFB ainsi que chez un échantillon des propriétaires forestiers impliqués dans la certification forestière PEFC. Une révision est prévue tous les cinq ans.

b) Polémique

Le FERN considère le FSC comme le seul cadre existant à l'heure actuelle qui réponde aux conditions fondamentales d'un système de certification crédible. Alors que le PEFC, le CSA et le SFI ne présentent que certaines de ces exigences.

Une polémique a lieu depuis un certain temps au sujet du système PEFC qui est le plus répandu actuellement. La critique vient du secteur environnemental et de certaines organisations sociales.

On l'accuse souvent d'être une émanation du seul secteur du bois et donc de ne représenter que les intérêts de ce secteur.

La personne de contact pour le FSC en Belgique, aurait affirmé : « Pour le PEFC, c'est l'intérêt économique qui a le plus de poids. Le système consacre trop peu d'attention, par exemple, à l'identification et la préservation de forêts à haute valeur de protection. Contrairement au FSC, le PEFC n'a pas d'exigences minimales qui permettent de contrôler la gestion durable des forêts, ce qui, en pratique, laisse une large place à l'interprétation. Le résultat : les forêts de grande valeur et les espèces disparaissent. C'est le cas en Finlande où le système PEFC est dominant. Il arrive, rarement, que des ONG et des groupements environnementaux siègent au PEFC. Si cela arrive au niveau national, il s'agit en général d'organisations qui ont du mal à peser sur les décisions. »³⁸

Il faut en effet avouer que les éléments repris dans la Charte PEFC en Wallonie sont assez vagues et ne fournissent pas d'objectifs suffisamment clairs et quantifiés.

Selon une étude réalisée par le FERN, en Allemagne, des forêts ont été certifiées PEFC sans audit de terrain, et en Finlande, certaines forêts ont été certifiées sans que les propriétaires forestiers en aient connaissance.

Les représentants du PEFC en Belgique répondent qu'ils ne sont pas une émanation du seul secteur du bois.

« En Région wallonne, 15 fédérations professionnelles et organisations reconnues participent à la mise en œuvre de la certification PEFC, dont les environmentalistes (Natagora, Pro Silva Wallonie et Fondation pour la Conservation des Habitats), et les scientifiques (Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Université Catholique de Louvain et Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée) ». ³⁹

Selon nos sources⁴⁰, le coût d'un audit FSC en Belgique coûterait environ 500 EUR, ce qui est prohibitif pour de petits propriétaires. Ceci rend le FSC difficilement praticable en Belgique. C'est en tout cas l'argument du PEFC.

Il n'est pas facile de juger du système PEFC puisqu'il est différent d'un pays à l'autre. Ainsi la performance environnementale du PEFC Suédois est jugé comme étant élevée tandis que dans le PEFC en France il n'y a pas de critères de performances environnementale.

Toujours est-il que cette polémique génère des doutes dans l'esprit des consommateurs quant à l'efficacité des systèmes et des garanties qu'ils sont sensés donner.

³⁸ http://www.wwf.be/fr/index.cfm?group=act_now&menu=action.cfm&page=on_internet/debate.cfm

³⁹ Extrait d'une lettre du Groupe de Travail PEFC Région wallonne à un article paru dans "Test-achats" en avril 2005.

⁴⁰ Interview Monsieur Grégory Reinbold (Chargé de mission Certification Forestière PEFC)

Le nombre de systèmes de certification différents qui apparaissent chaque année ne génère que la confusion dans l'esprit des consommateurs.

Lorsque du bois certifié vient de l'étranger par exemple d'Allemagne, de Finlande ou du Canada, cela donne-t-il une garantie quant à son exploitation durable ? Il est difficile de répondre à cette question. Toutefois, c'est actuellement le seul moyen de contrôle qui existe au niveau international.

3.7.1.3. Les coupes illégales

Même dans les pays ayant définis des réglementations, de grandes quantités de bois peuvent être produites de manière illégale. Certaines sources disent que 80% de la production de bois indonésien est illégale ce qui fait perdre chaque minute 6700 dollars de revenus à l'Indonésie. On estime les pertes fiscales liées à ces pratiques à 10-15 milliards de dollars.

La lutte contre ses pratiques ne pourra être gagnée tant que des pays importeront ce bois illégal. Or on estime que 50% du bois qui est importé en Union européenne n'est pas produit selon les règles et les normes des pays de production.

La certification des forêts ne suffit donc pas. Il faut que les importateurs jouent le jeu, notamment en Belgique, en évaluant en permanence leurs fournisseurs et en vérifiant l'origine du bois.

3.7.1.4. Les règles de la CWAPE

Pour la CWAPE⁴¹, le producteur utilisant du bois certifié (PEFC, FSC, etc.) répond aux conditions requises pour l'obtention de certificats verts. Mais la preuve peut également être faite via des audits indépendants spécifiques. Dans ce cas, seul l'aspect CO2 est étudié et on ne peut pas vraiment en conclure que la forêt d'origine est gérée durablement.

Ainsi, bien que ces conditions soient positives pour la régénération des forêts, elles ne concernent d'une part que le secteur de la production électrique et d'autre part, elles sont loin d'être suffisantes.

On dépend de la bonne volonté du consommateur ou des acteurs de la chaîne d'approvisionnement.

3.7.2. *La récolte*

La récolte peut avoir des effets négatifs au niveau environnemental. Elle fait partie des activités de la sylviculture encadrée par la certification que nous avons décrite plus haut.

⁴¹ Cf point « 2.1.3. Le bois ressource renouvelable »

Les craintes des spécialistes concernent principalement les éléments suivants :

- La productivité (durable) des forêts ;
- La protection des sols ;
- La conservation de la qualité de l'eau (contrôle du transport de sédiments) ;
- La conservation de la biodiversité ;
- La séquestration de carbone ;
- L'aspect paysager.

La récolte des résidus forestiers pourrait selon les spécialistes être un problème pour le maintien des cycles bio-géochimiques. Elle enlèverait au sol un contenu important en matière organique ce qui mène à une dégradation des sols et une diminution de leur teneur en carbone.

La teneur en nutriments dans le sol est critique pour 2 raisons :

- ceux-ci sont utilisés par les plantes pour leur croissance
- le rhizome, est également dépendant de ces nutriments pour les activités biologiques comme la croissance et la dégradation des débris et donc pour le recyclage des nutriments.

Un rhizome fonctionnant normalement entraîne une bonne teneur en matière organique dans le sol, ce qui promeut une bonne structure du sol, une rétention de l'eau et des nutriments ainsi qu'une bonne biodiversité.

La perte de matière organique au sol pourrait également augmenter l'acidification des sols et de l'eau à certains endroits déjà fragilisés. L'érosion peut causer des pollutions aquatiques. En ce qui concerne la séquestration du carbone, il faut savoir que le sol des forêts contiendrait les 2/3 du carbone terrestre. Ceci en fait un élément important dans la lutte contre l'effet de serre. Des études attestent toutefois que la récolte de résidus n'aurait pas d'effet à long terme sur le carbone minéral du sol. Toutefois, la perte de nutriments entraînerait une plus faible productivité forestière qui aurait ainsi indirectement un effet sur la séquestration de carbone par les forêts.

Une perte de biodiversité est possible par l'enlèvement de sources de nutriments et d'habitat notamment pour les invertébrés et les champignons, créant ainsi un impact dans la chaîne alimentaire.

Les risques dépendent des facteurs suivants : la quantité récoltée, la saison, les caractéristiques de la forêt, les caractéristiques du sol, le type d'équipement utilisé, le climat, la topographie et les routes empruntées lors de la récolte.

Les techniques utilisées et la période à laquelle l'activité a lieu sont des facteurs aggravants. Par exemple, l'utilisation de machines lourdes lorsque le sol est humide est très dommageable.

Certains proposent de régler ce problème en même temps que celui des cendres générées par la combustion du bois. Ils proposent de récupérer les cendres et de les semer comme engrais afin de rendre la matière organique aux endroits où on l'a enlevée lors de la récolte. Toutefois, la possibilité de le faire dépend notamment de la qualité de la composition des cendres. Il serait dommage d'aggraver la situation en semant des cendres contenant des éléments toxiques ou des métaux lourds.

Un autre problème est celui lié aux émissions de gaz à effet de serre.

D'après une étude réalisée pour Valbiom, on peut évaluer les quantités de CO₂ émises lors de la récolte à 6,43 kg CO₂/MWhp (Megawatt.heure d'énergie primaire).

Ce chiffre est obtenu en retenant comme hypothèse que le gasoil est le combustible utilisé pour l'opération et que la quantité d'énergie requise pour la récolte est de 21 kWh/MWhp. Le coefficient d'émission de CO₂ utilisé est celui de la CWAPE, soit 306 kg CO₂/MWhp.

Enfin, les activités des récoltes peuvent engendrer des bruits pouvant gêner les habitants des forêts.

3.7.3. Le conditionnement

Le broyage et déchetage ne posent pas de gros problèmes environnementaux à moins de tenir compte de la consommation énergétique et du bruit qu'ils engendrent.

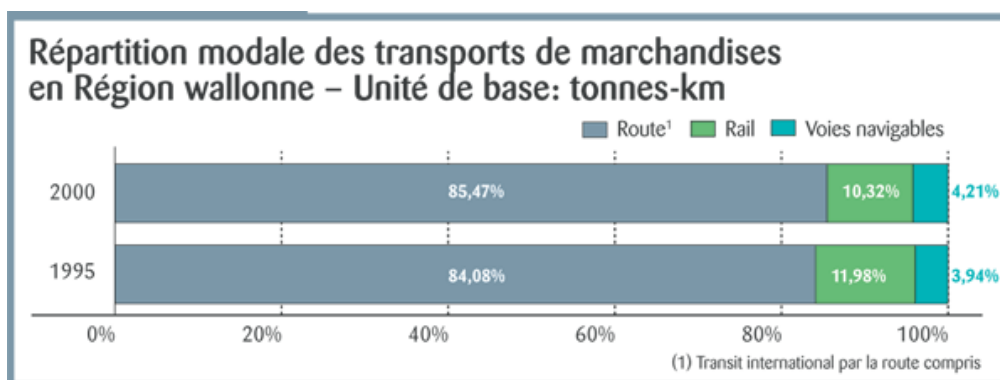
Dans l'étude réalisée par Valbiom, la quantité de CO₂ émise lors du broyage/affinage est de 0,05 kg CO₂/MWhp .

Dans ce cas, la quantité d'énergie grise est estimée à 12 kWh/MWhp et le coefficient d'émission utilisé est de 4 kg CO₂/MWhp

La CWAPE préconise d'utiliser 3,5 kg CO₂/MWhp.

3.7.4. Le transport

Le transport de marchandises mondial a subi une croissance de l'ordre de 54% depuis 1980. En Wallonie, la part de transport de marchandises par la route, en incluant le transit international, s'élève à 84,8 % des kilomètres parcourus en moyenne par an, contre 11,1 % et 4,1 % respectivement pour le rail et les voies navigables.



Sources: SPF Mobilité et Transports; MET – D112; MET – D212; SNCB
Source : Tableau de bord de l'environnement wallon (2000)

Comme problèmes qui sont liés au transport de marchandises, on peut citer les émissions atmosphériques⁴², la pollution de l'eau, la pollution sonore, les accidents, l'occupation des sols, l'introduction d'espèces susceptibles de produire des nuisances ou l'évacuation de rejets de dragage contaminés.

Ces effets sont difficilement comparables entre les divers modes de transports mais également entre continents.

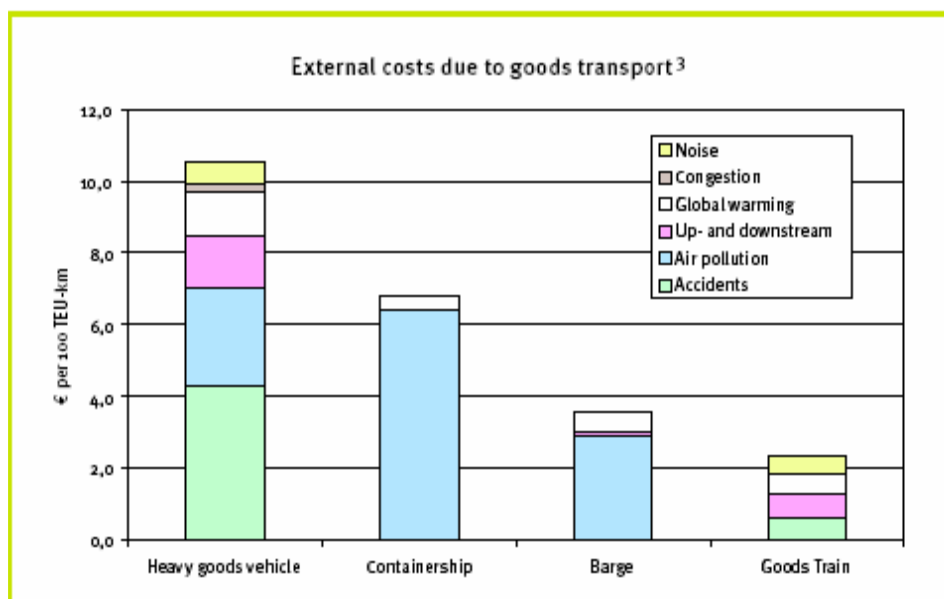
Les systèmes de transport et les normes varient entre continents. Par exemple, aux Etats-Unis, on a supprimé le diesel alors que l'Europe l'a promu. Les types de pollutions sont donc différents

On estime que les pollutions s'aggravent en fonction des kilomètres parcourus et du poids acheminé. Sauf pour l'introduction d'espèces exogènes que ne dépend que du nombre voyages.

Nous nous intéressons plus particulièrement au transport par route et au transport maritime. Une étude européenne à calculer les coûts externes dus au transport de marchandises.

⁴² Les principaux rejets de ce secteur sont les oxydes d'azote (58% des émissions), les hydrocarbures (50% des émissions) et le monoxyde de carbone (75% des émissions)

Figure 27 : Coûts externes relatifs au transport de marchandises



Source : Commission Européenne, External Costs Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport, 2003

Les résultats montrent que la route est de loin le moyen de transport le plus coûteux en externalités. Et que le train, malgré sa faible utilisation actuelle est le moyen le moins cher.

Le transport maritime

Certains organismes de protection de l'environnement pensent qu'à l'échelle mondiale, le trafic maritime commercial et les émissions atmosphériques qu'il engendre doubleront ou tripleront au cours des deux prochaines décennies.

En Wallonie, le transport fluvial progresse également.

On compte six sources principales d'effets nocifs :

- l'évacuation ordinaire par les navires de l'eau de lest et de fond de cale contenant des hydrocarbures ;
- la décharge de résidus solides non biodégradables dans l'océan ;
- les rejets accidentels d'hydrocarbures, de substances toxiques ou d'autres cargaisons ou carburants dans les ports ou en cours de chargement ;
- les émissions dans l'atmosphère des sources d'énergie des navires ;
- la construction et l'exploitation des canaux à l'intérieur des terres et des ports ;
- et les effets écologiques imputables à l'introduction d'espèces exogènes transportées par les navires.

Un accord international de réduction de la pollution⁴³ élaboré par l'Organisation maritime internationale (OMI), organisme des Nations Unies, a été ratifié en mai dernier par 22 pays, représentant au total 62,5 % des navires marchands du monde.

Cet accord prescrit des normes pour les carburants utilisés par les navires au niveau de leur teneur en oxydes de soufre (max 4,5%). Des zones SECA (zones spéciales de contrôle des émissions de SO_x) pourront être définies par les pays où ces normes sur carburants pourront même être plus strictes (1,5%).

Il fixe aussi des normes pour les émissions de NO_x.

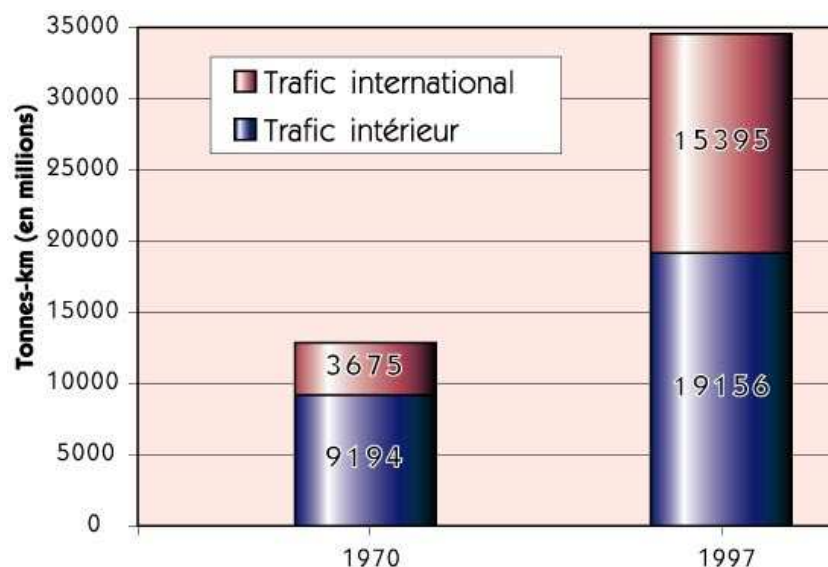
Le Canada, les Etats-Unis et le Mexique n'ont pas encore ratifié cet accord, mais leurs réglementations progressent également et ils devraient à terme ratifier l'accord.

Malgré cela, les défenseurs de l'environnement ne pensent pas que cela sera suffisant pour réduire la pollution des navires.

Transport de marchandises par route

Le transport de marchandises par route a connu une croissance spectaculaire dans le monde, en Europe, et encore plus en Belgique.

Figure 28 : Répartition du trafic routier effectué sur le territoire belge selon sa nature (en millions de tonnes-km), 1970-1997.



Source : Etat de l'environnement wallon (2000)

⁴³ connu sous le nom d'« Annexe VI de la Convention MARPOL »,

Le transport par route engendre principalement des problèmes :

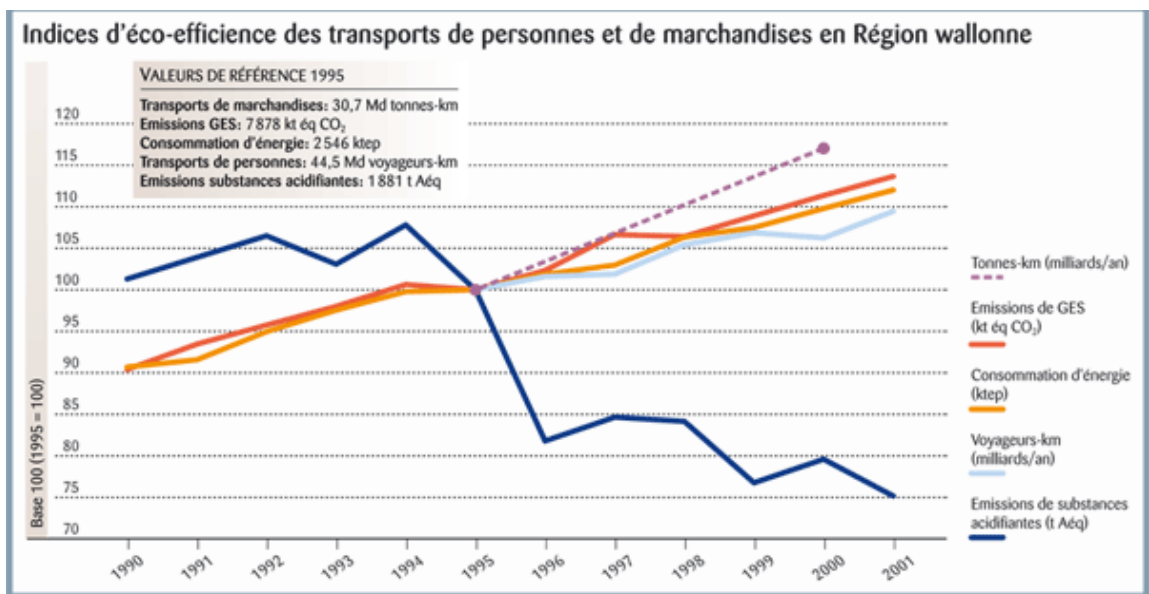
- de pollution atmosphérique
- de pollution sonore et vibratoire
- d'occupation du sol et morcellement de l'habitat.

L'amélioration du rendement énergétique des véhicules n'a pas suffi pas à compenser les effets de l'accroissement de la demande.

Les principales émissions liées à la pollution atmosphérique sont : les gaz à effet de serre (dont la part de CO₂ s'élève en moyenne à plus de 96 % en Wallonie), les émissions de substances acidifiantes (SO₂, NO_x), les métaux lourds et les particules hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).⁴⁴

La figure ci-dessous montre l'évolution inverse des GES par rapport aux émissions de substances acidifiantes (qui décroissent).

Figure 29 : Indices d'éco-efficacité des transports de personnes et de marchandises en Région wallonne.



Sources: SPF Mobilité et Transports; MET - D112; MET - D212; CPDT; SNCB; MRW - DGTRE; MRW - DGRN - DPA - Cellule Air

Source : Tableau de bord de l'environnement wallon (2004)

Un tableau en **Annexe J** présente les effets nocifs de quelques-uns de ces gaz.

⁴⁴ oxyde de carbone, dioxyde de carbone, oxydes d'azote, les composés organiques volatils et les particules de faibles diamètres (10 microns)

La pollution sonore est à l'origine de problèmes de santé et est particulièrement aiguë en milieu urbain. Toutefois, le bruit constitue également un dérangement pour les animaux qui se verraient contraints d'abandonner leur habitat ou leurs comportements sexuels ou de chasse. Ces problèmes peuvent causer des bouleversements dans certains écosystèmes.

Les vibrations, outre le fait de générer les mêmes problèmes que le bruit, peuvent aussi créer des dégâts aux bâtiments.

Enfin, l'occupation du sol par les routes est à l'origine de plusieurs nuisances :

- lors de la construction ou des réparations
- lors du passage des voitures et camions, il y a perturbations de la faune et de la flore
- un effet de barrière pour l'écosystème traversé qui sépare des zones fonctionnelles au sein d'un habitat. Ceci engendre en général une grosse perte de biodiversité par rapport à la situation initiale.
- des collisions entre voitures, camions et animaux.

Les émissions de CO2

Par la suite, nous analyserons principalement les émissions de CO2 dues au transport de granulés. Nous tenterons d'en déduire s'il est réellement contre-indiqué de procéder à l'importation de ce combustible en le comparant à l'importation d'autres combustibles.

Le transport de granulés, lorsqu'il est fait sur de longues distances, est bien entendu moins respectueux de l'environnement que l'approvisionnement local. Toutefois, le moyen de transport joue un rôle important.

Dans ce domaine, la commission européenne confirme la voie maritime comme un moyen de transport économe en énergie non-renouvelable. Le rapport de consommation d'énergie par tonne kilomètre de marchandise transportée entre la voie maritime et la voiture est de 1/6. Il est de 1/2 entre la voie maritime et la voie ferroviaire.

L'étude de Valbiom fournit des estimations pour les émissions dues au transport de granulés. Pour le transport sur longues distances, elle se base notamment sur des évaluations faites pour le charbon en tenant compte des différences de masses volumiques et de pouvoir calorifiques massiques.

Voici les résultats :

Table 24 : Coefficients d'émission pour le transport longue distance

	kg CO2/MWhp
Transport local	5
Transport maritime (14000 km)	22
Transport en Belgique par barge	2
Total	29

Source : MARCHAL D. et al. (2003), Emissions de CO² fossile pour la fabrication et le transport des granulés de bois.

Pour le transport courtes distances par route (moins de 100 km), les quantités de CO₂ mentionnées sont très basses : de 0,02 kg CO₂/MWhp à 2 kg CO₂/Mwél. Finalement, l'étude préconise de reprendre la valeur fournie par la CWAPE soit 5 kg CO₂/MWhp.⁴⁵

Pour le transport par camion au-delà de 200 km, la CWAPE fourni un coefficient de 25 CO₂/MWhp.

On remarque donc que le transport peut avoir un impact important sur les émissions de CO₂.

Etant donné les différences de masses volumiques et de pouvoir calorifiques massiques, on peut supposer que les émissions pour les granulés sont aggravées par rapport à des combustibles fossiles. Le charbon a un meilleur rapport de masses volumiques et de pouvoir calorifiques massiques.

Mis à part le transport en lui-même, il convient aussi de faire attention aux risques liés au transport. Or à ce niveau, le transport de granulés ne présente aucun risque, contrairement aux pétrole, au nucléaire ou au gaz.

Pour le pétrole nous pouvons citer les marées noires ou les dégazages clandestins.

Le gaz est principalement transporté par gazoducs vers la Belgique. Selon leur âge, les matériaux utilisés et la distance, ceux-ci peuvent avoir des fuites qui ont des conséquences importantes sur l'effet de serre.

3.7.5. Le stockage et le séchage

Le séchage peut être consommateur d'énergie dépendamment de la technique employée.

En matière de séchage, beaucoup de techniques existent. Celles envisagées dans l'étude autrichienne sont les suivantes:

- a) séchage mécanique par ventilateur ;
- b) séchage par transformation bactérienne : la fermentation démarrée par les bactéries. Il y a échauffement qui provoque la migration de l'humidité vers le haut, celle est ensuite éliminée par l'air ambiant ;
- c) Séchage par épandage en plein air pendant 2 jours sur une surface en béton ou en goudron. L'épaisseur de l'épandage est d'environ 20 cm. Il faut remuer de temps en temps ;
- d) Séchage sous un toit avec des panneaux solaires. L'air, chauffé par les panneaux est injecté dans des rainures dans le sol.

La quantité d'énergie employée est estimée entre 7 kWh/MWhp pour l'option avec les panneaux solaires et 150 kWh/MWhp pour l'option avec séchage mécanique.

⁴⁵ COMMUNICATION CD-4f01-CwaPE, 1^{er} Juin 2004

On considère que l'électricité est utilisée et que le coefficient d'émission est de 456 kg CO₂/Mwhél (Megawatt.heure électrique produit).

Ainsi, les émissions sont estimées respectivement entre 3,28 et 68,32 kg CO₂/MWhp.

Notons que les opérations citées ne sont pas faites à l'échelle industrielle.

Si on compare le stockage de granulés au stockage de pétrole, de gaz, ou d'Uranium, on peut également parler des risques qui y sont associés. Il y a notamment des risques d'accidents, de pollution et de sécurité avec l'émergence du terrorisme. Dans ce cas, le risque est nettement plus faible pour les granulés.

3.7.6. La fabrication de granulés

La pelletisation est également génératrices de nuisances environnementales, tout comme tous les processus industriels.

Un des problèmes est l'émission de poussières. Toutefois, des équipements permettent de minimiser ce problème.

L'étude de Valbiom montre des émissions de CO₂ allant de 9 à 20 kg CO₂/MWhp selon les pays, ce qui nous semble relativement imprécis.

3.7.7. Quelques scénarios

Dans cette partie nous comparons les émissions de CO₂ de l'approvisionnement en granulés avec les émissions de l'approvisionnement en mazout pour la Belgique pour le secteur du chauffage. Ces dernières sont reprises d'une étude réalisée par RDC Environnement destinée à comparer le bilan énergétique et les émissions de gaz à effet de serre tout au long du cycle de vie du gaz naturel et du mazout comme combustible pour le chauffage domestique. Elle tient donc compte de l'ensemble des sources d'approvisionnement du mazout et du gaz en Belgique.

Les résultats de l'étude montrent que dans le cas du mazout, les émissions qui précèdent la combustion finale représentent 14 % du total des émissions produites sur tout le cycle de vie des combustibles. Les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre avant la combustion sont le raffinage (8 %) et l'extraction du pétrole brut (4 %). Pour le gaz naturel, les émissions en amont atteignent 31 % du total. Les facteurs essentiels des émissions de gaz à effet de serre avant la combustion sont les pertes directes de méthane, la transformation du gaz en gaz liquide et son transport (17 % de l'énergie produite), et enfin, le transport de gaz russe par gazoduc (21 % du gaz transporté est utilisé pendant le transport). L'étude souligne également l'importance des pertes de méthane (CH₄) dans le transport de gaz qui peuvent faire pencher la préférence du mazout vers le gaz et vice-versa.

Table 25 : Emissions de CO2 de la chaîne d'approvisionnement de granulés (kg/MWhp) pour la Belgique

Etapas	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Récolte	6,43	6,43						
Conditionnement	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Transport	29	29	29	29	10	10	5	5
Séchage	3,28	10*						
Pelletisation**	9	20	9	20	9	20	9	20
Total	51,21	68,93	41,5	52,5	22,5	33,5	17,5	28,5

Scénario 5	
min	max
3,5	3,5
25	25
9	20
37,5	48,5

- Scénario 1: A partir de rémanents forestiers sur longue distance (14000 km)
 Scénario 2: A partir de produits connexes de l'industrie de transformation du bois sur longue distance (14000 km)
 Scénario 3: A partir de produits connexes de l'industrie de transformation du bois sur moyenne distance (2000 km)
 Scénario 4: A partir de produits connexes de l'industrie de transformation du bois en Belgique ou importation d'un pays voisin par camion.
 Scénario 5: A partir de produits connexes de l'industrie de transformation du bois : importation d'un pays voisin par camion (> 200 km).

* Chiffre de la CWAPE

** La CWAPE préconise 10 kg CO2/MWhp

Table 26 : Emissions de CO2 et Eq CO2 de la chaîne d'approvisionnement de mazout pour la Belgique (kg/MWhp) (production marginale de mazout)

Etapas	Scénario CO2		Scénario Eq CO2 ⁴⁶	
	Min	Max	Min	Max
Extraction	2,48	8,597	2,894	14,071
Transport	0,775	4,27	2,64	4,73
Raffinage	23,4	23,4	23,41	23,41
Distribution	1	1	1	1
Combustion	260	260	260	260
Total (hors combustion)	27,655	37,267	29,944	43,211

Les données du tableau ci-dessus sont une estimation personnelle basée sur les informations dont nous disposons dans l'étude de RDC Environnement. La réalité est certainement plus nuancée.

Si on compare les granulés au mazout, on voit que le scénario 4, qui correspond le mieux à la situation actuelle pour les granulés, est meilleur.

Pour la production électrique, nous n'avons pu obtenir de chiffres sur le cycle de vie du charbon afin de permettre une comparaison.

3.7.8. Conclusion

La filière d'approvisionnement des granulés peut générer des nuisances environnementales. Celles-ci doivent être minimisées afin de pouvoir profiter pleinement des avantages que procure le bois énergie. Parmi ceux-ci soulignons la baisse des émissions de GES, le recyclage des déchets des entreprises du bois et des déchetteries, la contribution à la productivité, donc à l'utilité et à l'entretien des forêts et du paysage. Cela favorise les replantations, encourage les travaux sylvicoles tels que le dépressage ou les éclaircies. Dans certains cas, la récolte des rémanents forestiers permet d'éviter des incendies, comme au Portugal par exemple.

Lorsque la matière première provient de rémanents forestiers, il convient d'être attentif à l'origine de ces rémanents. Proviennent-ils de forêts gérées durablement ? Pour cela, la CWAPE demande, aux producteurs d'électricité à partir de bois, de démontrer que la quantité de CO2 libérée par la combustion du bois utilisé sera compensée par une capture de CO2 au moins équivalente. Sans cela, le producteur n'aura pas droit aux certificats verts. Ainsi, celui-ci doit prouver, soit en utilisant du bois labellisé (FSC, PEFC...), soit via des audits indépendants, que le bois répond bien à ces conditions.

La certification est un outil important pour garantir la viabilité des forêts, mais nous avons vu que la certification n'est pas toujours garante de bonnes pratiques.

⁴⁶ Tient compte du méthane

Pour la production de chaleur, il n'y a aucune obligation en ce sens, ce qui constitue à notre avis un risque. Toutefois, le risque est limité dans le cas où les granulés proviennent de pays limitrophes, qui présentent en général des normes assez strictes de qualité. Ainsi, le plus souvent, les granulés sont produits à partir de sciure qui n'aurait pas été valorisée autrement.

La récolte des rémanents soulève également une série de problèmes. Cette activité est normalement couverte par les certifications sus-mentionnées.

Le transport est également une source de nuisances importantes et diverses selon le mode de transport choisi. Des granulés provenant de l'industrie de transformation de bois posent donc moins de problèmes environnementaux.

Nous avons étudié de plus près les émissions de CO₂ de la filière des granulés.

Les étapes les plus émettrices par MWhp sont celles de la récolte, de la production de granulés et du transport. La filière issue des rémanents forestiers est plus émettrice que celle issue de produits connexes de l'industrie de transformation du bois.

Sur base de quelques scénarios, il semble qu'il est presque aussi intéressant de faire venir des granulés sur longues distance par bateau (14000 km) que de les faire venir par camion sur une distance de quelques centaines de kilomètres.

La comparaison des nuisances de cette filière avec les filières d'approvisionnement de combustibles fossiles n'est pas aisée de par la multitude d'impacts à analyser pour lesquelles trop souvent les données manquent.

Une étude a toutefois permis de montrer que l'énergie et les émissions (en équivalent CO₂) nécessaires pour l'approvisionnement du gaz étaient plus importantes que celles pour le mazout. Une comparaison entre la filière du mazout avec les filières de granulés montre que la filière d'importation à partir de pays limitrophes à la Wallonie serait moins émettrice que la filière du mazout, qui elle fait venir le pétrole d'assez loin. Une comparaison entre la filière d'importation des granulés sur longues distance par bateau avec la filière du charbon aurait été intéressante, mais nous n'avions pas toutes les données pour pouvoir la réaliser. Nous pouvons uniquement dire que le transport par bateau est plus intéressant pour le charbon de par ses caractéristiques énergétique et de masse volumique par rapport aux granulés.

On peut également noter que la filière des granulés ne pose pas les mêmes problèmes que celles des combustibles fossiles en cas d'accidents/incidents. Nous pensons par exemple aux marées noires, aux déversements d'hydrocarbures, aux explosions, aux fuites de gaz naturel etc.

La majorité des nuisances de l'importation de granulés auront une incidence sur le pays producteur/exportateur. Le pays importateur subira principalement les nuisances dues à la distribution des granulés sur son territoire. La production de granulés en Wallonie engendrera probablement une baisse des émissions de GES globales par rapport aux émissions lors d'une importation longue distance, mais toutes les nuisances seront supportées par la Région.

3.8. Les critères géostratégiques

3.8.1. Rappel du contexte

Dépendance énergétique de l'Europe et de la Wallonie

Nos sociétés humaines, à part quelques endroits non développés, sont devenues totalement dépendantes des sources d'énergies. D'où l'importance de s'assurer à tout moment d'avoir ces sources d'énergie à disposition.

Nous avons déjà mentionné la dépendance de l'Europe vis à vis de sources étrangères pour son énergie. Elle importe en effet 50% de ses besoins et devrait en importer 70% d'ici 2030 de part l'augmentation de sa demande et la disparition progressive de ses propres ressources de gaz et de pétrole.

En 2030, la dépendance de l'Europe pour le pétrole, pourrait représenter 90 %, pour le gaz 70 % et pour la houille atteindre les 100 %. L'élargissement ne fait que renforcer cette tendance.

Le gaz importé vient essentiellement de Russie et de Norvège et le pétrole du Moyen-Orient et de Norvège. Le charbon provient surtout d'Afrique du Sud et d'Australie.

De plus, une part importante des approvisionnements européens provient de régions « à risque » d'un point de vue géopolitique : environ 45% des importations de pétrole proviennent des pays producteurs de l'OPEP et 40% des importations de gaz naturel de Russie.

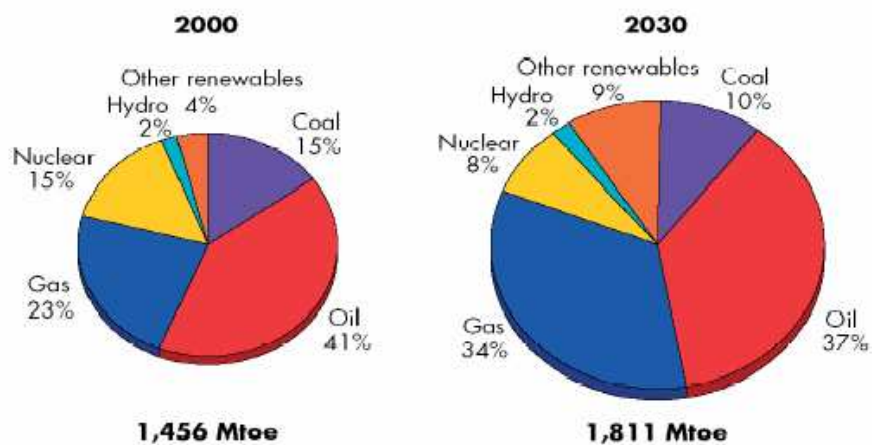
L'Europe n'est pas la seule à voir ses besoins augmenter, par exemple les Etats-Unis et les pays émergents comme la Chine (dont les importations de pétrole ont augmenté de 40 % depuis le début de l'année) et l'Inde deviennent de féroces concurrents pour l'obtention de sources énergétiques.

Ainsi de plus en plus d'amateurs se présentent alors que les ressources et les producteurs sont de moins en moins nombreux avec le temps.

Les pays producteurs ont donc un pouvoir de plus en plus important sur les pays consommateurs et se font courtiser. Les pays consommateurs tentent pour leur part d'assurer leurs sources par tous les moyens.

Cette situation présente de graves risques géopolitiques et pourrait déboucher sur des crises incontrôlées.

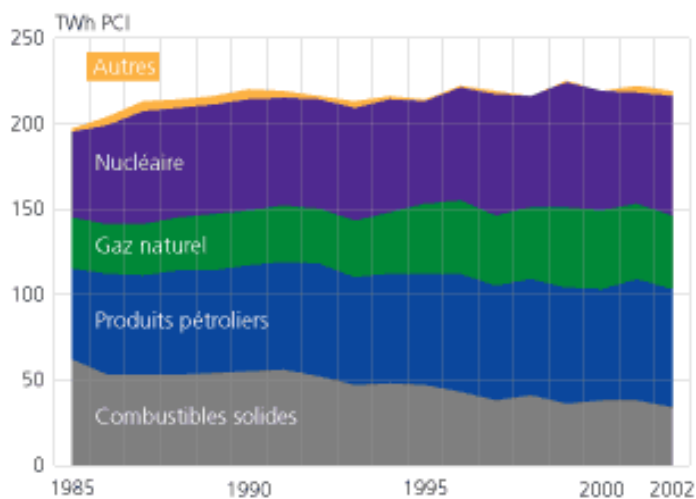
Figure 30 : Demande énergétique primaire de l'Union européenne⁴⁷



Source: IEA, *World Energy Outlook*, 2002, p. 184.

La Wallonie dépend à 97% d'importations pour son énergie.

Figure 31 : : Évolution de la part des combustibles dans la consommation intérieure brute



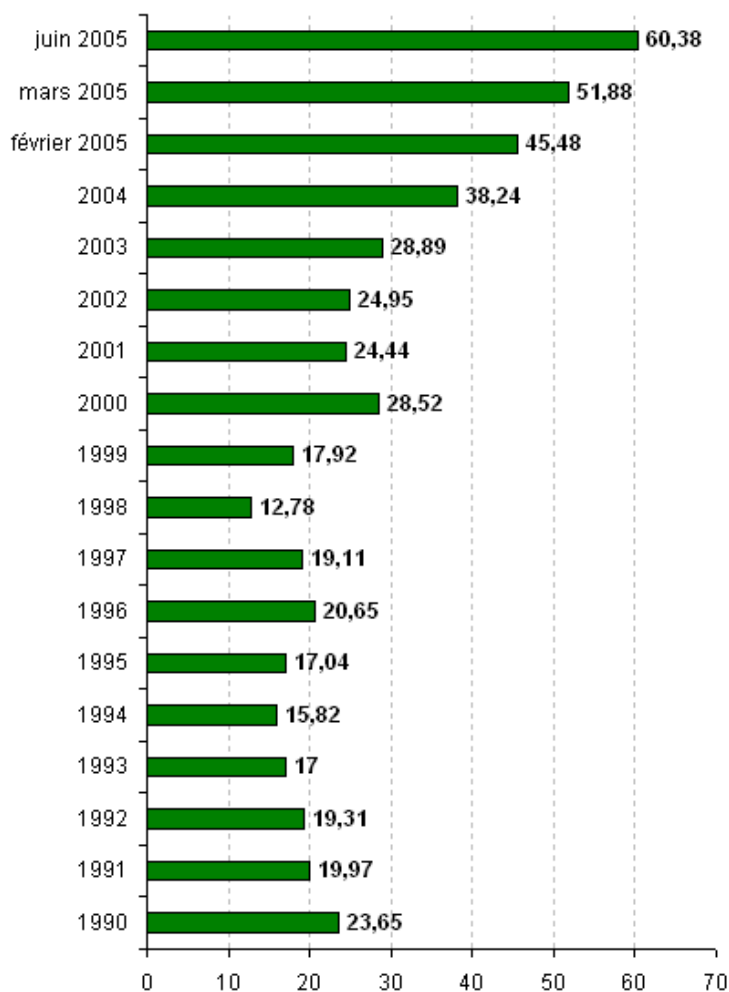
Source : ICEDD, pour la DGTRE

⁴⁷ La consommation européenne dépend à 80% des énergies fossiles dont 2/3 sont importés.

Volatilité des prix des énergies fossiles

Non seulement, la Wallonie est fortement dépendante des importations de produits fossiles, mais les prix de ceux-ci sont fortement volatils et ne cessent d'augmenter comme le montrent les figures suivantes.

Figure 32 : Evolution des cours du Brent en dollars par baril depuis 1990



Source : *Le journal du management* (Juillet 2005)

Ainsi amorcée dès le printemps 2003, la hausse du prix du pétrole s'est accélérée en 2004. Après une accalmie, les prix ont repris leur envol et la barre symbolique de 60 \$US le baril a été franchie à plusieurs reprises avec 61,35 \$US le baril le 6 juillet 2005. Le gaz suit le même genre de tendance.

Parmi les causes de cette hausse et de la volatilité des prix on retrouve le fait que les ressources fossiles commencent à se raréfier et que la demande continue de croître.

Les coûts d'extraction de ces ressources deviennent également de plus en plus élevés car les réserves faciles d'accès ont déjà été exploitées et il faut maintenant extraire celles-ci dans des conditions moins faciles.

De plus, les ressources se trouvent souvent dans des régions « à risque » d'un point de vue géopolitique. Le fléau terroriste n'améliore pas cette situation.

Cette volatilité augmente les risques pour les producteurs d'énergie qui ne peuvent répercuter les prix sur les consommateurs aussi rapidement.

Il devient également difficile d'établir des budgets énergétiques. Cela peut aussi générer de grosses variations dans les prix de l'électricité.

Sortie du nucléaire

Rappelons également que la Belgique a pris la décision de se passer de l'énergie nucléaire d'ici quelques années. Les centrales seront progressivement arrêtées quand elles auront atteint l'âge de 40 ans. Entre 2015 et 2025 c'est ainsi tout le parc nucléaire wallon et belge qui sera désactivé.

Or, le nucléaire couvre 75 % de l'électricité produite en Wallonie. Cette situation la rend d'ailleurs fortement exportatrice d'électricité.

L'uranium consommé en Belgique provient principalement d'Australie, du Canada et d'Afrique centrale (Gabon, Niger).

3.8.2. Critères importants

Il est erroné de croire que le problème de la sécurité d'approvisionnement ne se pose qu'en terme de dépendance vis à vis des importations d'énergies.

On peut être moins importateur d'énergies, mais ne pas être capable de réagir à un soudain problème d'approvisionnement. Il n'est pas non plus conseillé d'avoir un secteur de son économie totalement dépendant d'une source d'énergie particulière.

Les critères importants ne sont donc pas la diminution de la dépendance ni la maximisation de l'autonomie énergétique vis à vis de l'extérieur. Il faut en réalité équilibrer et diversifier ses différentes sources d'énergies par produit et par région géographique dans le but de réduire au maximum le risque lié aux ruptures d'approvisionnement. Il faut un système énergétique et une économie flexible.

3.8.3. Importation de granulés et sécurité d’approvisionnement

L’importation de granulés pour la production d’énergie n’est pas négative dans le contexte décrit ci-dessus et ce malgré le fait qu’elle n’améliore pas notre autonomie énergétique puisque l’énergie provient d’en dehors de nos frontières.

En effet, l’importation de granulés participe à la diminution de la dépendance wallonne vis à vis de combustibles fossiles en remplaçant ces derniers dans le mix énergétique. Elle permet une diversification des sources à la fois au niveau des produits et au niveau des régions géographiques.

Il est à souligner que le bois est une ressource naturelle variée et abondante disponible un peu partout sur le globe. Il ne pose donc aucun problème géostratégique comme le font le pétrole et le gaz qui sont confinés dans des régions particulières.

Du point de vue européen il serait même plus intéressant d’importer des granulés en Wallonie en provenance d’Europe plutôt que du Canada ou d’Afrique du Sud par exemple. Un autre avantage réside dans la stabilité de ses prix comparé à d’autres combustibles.

Remarquons toutefois, que le bois ne représente qu’une partie tout à fait mineure des ressources importées et que son effet bénéfique est donc fortement réduit.

Ce sera d’autant plus vrai que les besoins continueront de croître. Ainsi une bonne politique de sécurité d’approvisionnement se doit de contenir un volet de réduction de la demande régionale d’énergie.

Notons également, au niveau du secteur électrique, que les centrales à charbon qui seront converties aux granulés conserveront la possibilité d’être reconverties au charbon en très peu de temps. Ainsi, le système devient très flexible au niveau géostratégique.

Un point plus négatif est le fait que les granulés prennent la place du charbon pour la production d’électricité. Or celui-ci représente la source fossile la plus abondante, la moins concentrée géographiquement et parmi les moins chères et les plus stables au niveau des prix. Il est quelque part dommage du point de vue géostratégique que le bois n’ait pas remplacé des centrales utilisant plutôt du pétrole ou du gaz.

4. ALTERNATIVES A L'IMPORTATION PHYSIQUE

Nous avons vu que l'importation pouvait avoir des inconvénients comme des avantages, soit par rapport à la production locale, soit par rapport à l'importation d'autres combustibles.

Certains avancent toutefois d'autres pistes par rapport au commerce international de biomasse. Pour arriver à leur théorie, il faut inclure dans la discussion la combustion de la biomasse et comparer la situation d'un point de vue économique, environnemental, social et géopolitique pour le couple exportateur/importateur.

Ils partent de la constatation que les systèmes énergétiques à base de biomasse apportent, entre autres, les bénéfices potentiels suivants :

- La fourniture d'énergie sous diverses formes (électricité, chaleur)
- Une réduction des émissions de GES au coût minimum
- D'autres bénéfices tels que, la création d'emploi, diminution locale de la pollution de l'air, diminution de la dépendance énergétique, etc.

Bien entendu, ces bénéfices dépendent d'une série de conditions à respecter.

Le premier bénéfice cité doit être fourni au lieu d'origine de la demande d'énergie, alors que les deux autres sont plus ou moins indépendants du lieu d'origine de la demande, même s'ils se produisent localement.

Ceci amène à considérer que si la demande porte essentiellement sur les deux derniers bénéfices, il n'est pas toujours nécessaire de procéder au transport physique de granulés. On pourrait par exemple produire de l'énergie dans le pays « exportateur » et transporter cette énergie vers le pays importateur, par exemple sous forme d'électricité. On pourrait également procéder à un échange de services immatériels tels que les droits d'émissions de CO₂ ou les certificats verts.

4.1. Le cas du commerce international de granulés

Au niveau du problème des GES, on peut mettre en rapport les émissions dues à l'importation ainsi qu'à la combustion en Wallonie par rapport aux émissions qui seraient émises dans le pays exportateur si celui-ci avait utilisé les granulés localement.

Lorsqu'un pays produit des granulés, on assiste dans ce pays à une diminution de la quantité de CO₂ dans l'air puisque la biomasse, en poussant, a emmagasiné le CO₂ via photosynthèse.

Le pays importateur, lui, voit la même quantité de CO₂ être libérée dans son atmosphère.

Ainsi globalement, les émissions de CO₂ sont neutres, mis à part celles dues à la chaîne logistique entre les pays.

Toutefois, le pays importateur aura épargné de plus grosses émissions de CO₂ en ne brûlant pas de combustibles fossiles. Il voit donc une diminution de ses émissions dans l'inventaire national.

Au total, le bénéfice de réduction d'émission GES dépendra de l'intensité des émissions de CO₂ provenant de la production d'énergie dans les 2 pays. Ainsi, si on diminue plus les émissions de GES en utilisant les granulés dans le pays exportateur qu'en les utilisant dans le pays importateur, il est préférable de ne pas procéder à l'échange.

En général, il n'est donc pas intéressant du point de vue GES d'importer des granulés d'un pays ayant des équipements de production d'énergie relativement inefficients au niveau des émissions vers un pays ayant un parc de production efficient.

4.2. Le cas du commerce international d'électricité

On propose dans ce cas de procéder à la production d'électricité dans le pays d'origine et transporter celle-ci vers le pays importateur.

A nouveau d'un point de vue émissions globales de GES, il est parfois préférable pour un pays de ne plus produire d'électricité, mais de l'importer. En effet, les émissions de CO₂ sont comptabilisées dans l'inventaire national du pays producteur.

L'avantage est ici maximalisé si la production d'électricité qui aurait eu lieu sans l'importation était fortement émettrice de GES.

Il convient dès lors à nouveau d'analyser la situation dans les deux pays.

4.3. Le cas du commerce international de certificats verts

Dans ce cas-ci, un pays produit plus que son quota de certificats verts et vend le solde à un pays qui n'a pas atteint son quota.

Ainsi, les pays où il est plus facile et plus efficace de produire de l'énergie verte va produire plus, tandis que le pays se trouvant dans une situation inverse pourra se contenter d'acheter des certificats. Cela permet une optimisation globale des coûts.

4.4. Le cas du commerce international de crédits d'émissions

Ici, il s'agit de profiter des mécanismes flexibles prévus par le protocole de Kyoto. Un pays ou une entreprise pourrait investir dans un autre pays pour produire de l'énergie à partir de granulés et percevoir en retour des crédits d'émissions.

Ceci permet de profiter du coût inférieur d'investissement dans un autre pays tout en obtenant le même résultat au niveau de la baisse des émissions de GES. Cela permet aussi un débouché local pour les granulés.

4.5. Application en Wallonie

Les facteurs moteurs du développement du marché de granulés en Wallonie sont le système de certificats verts qui soutient la production d'énergie par le bois, le système de permis d'émission négociable qui pénalise les formes polluantes de production d'énergie et le besoin de répondre à une demande d'énergie en hausse constante.

Les 2 premiers facteurs ont un impact pour le moment uniquement la production électrique et ont poussé, notamment Electrabel à convertir des centrales à charbon en centrales à granulés, ce qui leur permet de profiter de ces deux systèmes de promotion des SER et rend le système au granulés économiquement intéressant.

Le système de certificats verts en Wallonie n'est applicable que dans la région. Il n'y a pas de reconnaissance de certificats verts obtenus ailleurs. Ce mécanisme ne peut donc être appliqué.

L'importation d'électricité est déjà utilisée. Toutefois, étant donné la situation au niveau des réseaux de transport en Europe, cette importation est limitée d'une part aux pays ayant un réseau interconnecté, et d'autre part, les capacités du réseau limite les quantités d'énergie qui peuvent être transportées d'un pays à l'autre. On pourrait toutefois imaginer la production de granulés et d'électricité en Pologne et une importation de celle-ci vers la Wallonie. Ce système pourrait en effet globalement être plus efficace à tout point de vue par rapport à une importation de granulés vers la Wallonie.

Le système de crédits d'émissions peut également être appliqué en Wallonie.

Prenons un pays africain qui a de grandes ressources en bois, mais qui ne possède pas les technologies, ni les capacités de financement pour produire des granulés et les exporter vers la Wallonie. Imaginons qu'une entreprise en Wallonie investisse dans le pays en question pour la production de granulés et d'électricité et perçoive via le mécanisme de développement propre des crédits d'émissions. L'entreprise pourrait, de cette façon, réaliser des investissements moins chers pour arriver à un résultat identique en terme de réduction des GES.

CONCLUSION

Ce travail consistait à analyser les critères socio-économiques, environnementaux et géostratégiques pouvant influencer un agent économique ou public à importer des granulés de bois pour la production d'énergie en Wallonie.

Nous nous sommes pour cela limité à analyser la filière d'approvisionnement de combustible, sans prendre en compte la transformation de ce combustible en énergie utile.

D'un point de vue économique, les éléments importants dont il faut tenir compte sont les prix, la qualité du combustible, la sécurité d'approvisionnement.

Le marché des granulés pour être scindé entre une filière pour la production électrique et une pour la chaleur. En Belgique, ce marché n'est pas encore développé si ce n'est pour une petite quantité destinée au chauffage. Mais les politiques adoptées par la région wallonne pour la promotion de la production d'électricité verte vont commencer à porter leurs effets. Les fournisseurs d'électricité et les gestionnaires de réseaux doivent fournir un quota de certificats verts correspondant à une proportion de leurs ventes sous peine de se voir attribuer une pénalité de 100 EUR/MWh. Cette production doit se situer en région wallonne. Ainsi, malgré le coût supérieur des granulés par rapport aux combustibles fossiles, ceux-ci deviennent largement rentables. La demande en Wallonie sera de 380.000 t/an.

La filière du chauffage, elle, a du mal à se développer par manque de politiques de soutien. Les investissements à réaliser sont très coûteux, que ce soit pour les particuliers ou pour le secteur tertiaire et public. Ceci constitue un frein malgré que les prix pour ce marché soient de plus en plus compétitifs par rapport au mazout par exemple. Un autre problème vient du manque de confiance des consommateurs par rapport à leur sécurité d'approvisionnement. Malgré ces freins, la demande attendue dans le futur pourrait atteindre 85.000 t/an.

Le demande pour le marché électrique a donné le coup d'envoi pour le développement de l'offre en Wallonie et en Belgique. Ainsi des producteurs vont bientôt produire en Wallonie avec une capacité totale de 190.000 t/an. Cela devrait rassurer les particuliers quant à la disponibilité de combustibles en Wallonie.

Les matières premières qui seront utilisées pour cette production devraient en priorité être les produits connexes de l'industrie de transformation du bois et les rémanents forestiers. Des problèmes pourraient survenir suite à la compétition pour cette matière première qui est également demandée par des industries de fabrication de panneaux ou de papier. Des pressions sur les quantités disponibles et sur les prix pourraient survenir.

Que ce soit pour l'électricité ou la chaleur, les granulés doivent présenter des qualités élevées afin de garantir l'efficacité de la combustion, la pérennité des équipements ou la minimisation des émissions et des poussières. De plus, cette qualité permet de faciliter la chaîne logistique (le transport, le stockage et la manutention) des granulés et de minimiser les pertes lors de ces activités. Des normes de qualité devraient bientôt voir le jour au niveau européen. Enfin, les consommateurs doivent obtenir des garanties de leurs fournisseurs pour leur sécurité d'approvisionnement.

Dans la littérature relative au bois énergie, on vante souvent le potentiel de cette activité pour générer et sécuriser des emplois, surtout dans les régions rurales qui en ont besoin. Dans les échanges internationaux, ces avantages profiteront surtout au pays exportateur. Nous pensons que la Wallonie ne profitera d'emplois créés que dans le transport routier et la distribution de granulés pour le marché du chauffage. De plus, à demande énergétique équivalente, ces emplois seront pris au détriment des secteurs concurrents comme celui du mazout.

On ne parle pas souvent des nombreux problèmes sociaux rencontrés dans le secteur du bois et de la sylviculture. La tendance à la sous-traitance dans ces métiers ne fait qu'aggraver la situation. Bien entendu, les situations varient d'un pays à l'autre et certains ont fait d'énormes progrès.

L'importation créera ainsi une hausse de l'activité dans le pays exportateur, mais également une hausse des problèmes, notamment des accidents dans ce pays.

Il est difficile de savoir si le commerce international peut aggraver les problèmes ou plutôt les améliorer. Nous sommes d'avis que la hausse des échanges commerciaux peut être un moyen pour faire évoluer des situations sociales difficiles. Il est toutefois évident qu'il est éthiquement inapproprié de commercer avec des pays où les droits fondamentaux des travailleurs, définis par l'OIT, ne sont pas respectés.

Les certifications mises en place pour contrôler la gestion durable des forêts prévoient des critères sociaux à respecter. Celles-ci ne sont qu'un outil à la disposition des consommateurs pour inciter à une évolution positive, mais ne constituent pas une solution aux problèmes. Pour voir un réel changement, il conviendrait d'inciter les importateurs de bois, eux-mêmes, à faire du commerce de manière plus morale. Etant donné la mondialisation du commerce, cela ne peut malheureusement que se faire à un niveau global.

Notons que les secteurs de l'extraction de combustibles fossiles présentent également des problèmes d'ordre éthique et qu'on ne mentionne ceux-ci que rarement pour questionner le bien-fondé d'une importation...

Comme toutes les activités humaines, la filière d'approvisionnement a des impacts environnementaux. Ceux-ci dépendent essentiellement de l'origine sectorielle et géographique de la matière première et des granulés ainsi que du secteur énergétique cible (chaleur ou électricité). Certains de ces impacts peuvent toutefois être supprimés ou amoindris si on prend des mesures adéquates. Ainsi, les certifications de gestion durable des forêts peuvent aider à minimiser les effets potentiellement dévastateurs d'activités forestières réalisées sans contrôle et sans respect de certaines règles. Elles ne garantissent toutefois pas le résultat. En Wallonie, la CWAPE demande aux producteurs d'électricité à partir de bois, de démontrer que la quantité de CO₂ libérée par la combustion du bois sera compensée par une capture de CO₂ au moins équivalente. Sans cela, le producteur n'aura pas droit aux certificats verts. Ainsi, celui-ci doit prouver, soit en utilisant du bois certifié (FSC, PEFC...), soit via des audits indépendants, que le bois répond bien à ces conditions. Ceci constitue déjà un bon outil de contrôle, mais c'est loin d'être suffisant.

Les modes de transport et les distances parcourues ont également un impact important.

Lorsqu'on analyse les émissions de CO₂ liées aux filières à granulés, on remarque que les étapes émettant le plus sont celles de la récolte, de la production de granulés et du transport.

La filière issue des rémanents forestiers est plus émettrice que celle issue de produits connexes de l'industrie de transformation du bois.

Sur base de quelques scénarios, il semble qu'il est presque aussi intéressant de faire venir des granulés sur longues distance par bateau (14000 km) que de les faire venir par camion sur une distance de quelques centaines de kilomètres.

La comparaison des nuisances de cette filière avec les filières d'approvisionnement de combustibles fossiles n'est pas aisée de par la multitude d'impacts à analyser pour lesquelles trop souvent les données manquent.

Une étude a toutefois permis de montrer que l'énergie et les émissions (en équivalent CO₂) nécessaires pour l'approvisionnement du gaz étaient plus importantes que celles pour le mazout. Une comparaison entre la filière du mazout avec les filières de granulés montre que la filière d'importation à partir de pays limitrophes à la Wallonie serait moins émettrice que la filière du mazout, qui elle, fait venir le pétrole d'assez loin. Une comparaison entre la filière d'importation des granulés sur longues distance par bateau avec la filière du charbon aurait été intéressante, mais nous n'avons pas toutes les données pour pouvoir la réaliser. Nous pouvons uniquement dire que le transport par bateau sur longues distances est plus intéressant pour le charbon, pour une distance identique, de par ses caractéristiques énergétiques et de masse volumique par rapport aux granulés.

La filière des granulés ne pose pas les mêmes problèmes que celles des combustibles fossiles en cas d'accidents/incidents. Nous pensons par exemple aux marées noires, aux déversements d'hydrocarbures, aux explosions, aux fuites de gaz naturel qui peuvent se produire tout au long de ces filières.

La majorité des nuisances de l'importation de granulés auront une incidence sur le pays producteur/exportateur. Le pays importateur subira principalement les nuisances dues à la distribution des granulés sur son territoire.

La production de granulés en Wallonie engendrera probablement une baisse des émissions de GES globales par rapport aux émissions lors d'une importation longue distance, mais toutes les nuisances seront supportées par la Région.

Un point intéressant est que le lieu d'émissions de GES n'a pas d'importance, car leur impact est global. L'important est de faire baisser les émissions globales du couple exportateur/importateur. C'est ici qu'interviennent les mécanismes flexibles du protocole de Kyoto qui permettent de baisser ces émissions globales tout en minimisant les coûts totaux. On pourrait ainsi importer des crédits d'émission plutôt que des granulés.

Nous pensons que le système de certificats verts Wallon, dans sa manière actuelle de fonctionner, présente un frein par rapport à ces possibilités. En effet, ce système oblige la production d'énergie renouvelable à ce faire d'abord sur le territoire wallon. Ainsi toute flexibilité afin de tenir compte de bénéfices supérieurs en termes de GES et de coûts est exclue.

Il est en effet plus intéressant économiquement, pour une entreprise wallonne, de d'abord profiter à la fois des certificats verts et des crédits d'émissions (par exemple en convertissant une centrale à charbon en centrale à granulés) avant d'investir ailleurs.

De même, l'alternative consistant à importer des certificats verts au lieu de granulés est exclue par le système wallon. Enfin, l'importation d'électricité verte ne serait intéressante que si le pays importateur évite ainsi une émission plus importante de GES que le pays exportateur et peut l'obtenir à un prix raisonnable.

Or les possibilités d'importation d'électricité sont encore limitées par les infrastructures européennes et le parc wallon de production d'électricité est assez efficace, surtout si on tient compte de la conversion des centrales à charbon, ce qui rend l'importation moins attrayante.

Pour finir, l'importation de granulés est moins bénéfique qu'une production locale, mais dans le contexte actuel de dépendance énergétique de la Wallonie, elle est quand même positive dans une optique de diversification des sources d'énergie en terme géographique et en terme de type de combustibles. Le bois ne pose pas les problèmes géostratégique comme le font le pétrole ou le gaz.

BIBLIOGRAPHIE

BAUEN A. et al., A biomass blueprint to meet 15 % of OECD electricity demand by 2020, London, April 2004, 60 p.

BAUEN A. et al., Bioelectricity Vision : achieving 15 % of Electricity from Biomass Countries by 2020, WWF international, April 2004, 54 p.

BERNHEIM T. et al., Un pas vers un développement durable ?, Rapport fédéral sur le développement durable 2002, Belgique, Février 2003.

BERNDES G. et al., The contribution of biomass in the future global energy supply : a review of 17 studies, Biomass and Bioenergy 25, Sweden, 2003, p. 1-28 .

BJERG J., Pellets for Europe-Barriers and perspectives for increased market penetration, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 1811-1813.

BJERG J., The Danish pellet Boom, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 1697-1698.

BLOMBACK P. et POSCHEN P., Travail décent dans le secteur forestier? Améliorer le travail et Les moyens d'existence axés sur les forêts, mémoire soumis au XIIème Congrès International forestier, Québec city, Canada, 2003.

BRIERLEY E., et al., Environmental impacts of the extraction of forestry residues, Cranfield University with Macaulay Land Use Research Institute, DTI, 2004, 86 p.

CARPENTIERI, A.E., Larson, E.D. et Woods, J.. Future biomass-based electricity supply in Brazil. Biomass and Bioenergy, 4 (3) , 1993: 149-179.

Confederation of European Paper Industries, Comparative Matrix of Forest Certification Schemes, Brussels, November 2001, 11 p.

Conseil Européen de Bruxelles 22 et 23 MARS 2005, CONCLUSIONS DE LA PRÉSIDENTE 7619/05

CREHAY R. & Marchal D., Valbiom, La filière Bois énergie, Décembre 2004

DAMEN K., FAAIJ A., A life cycle inventory of existing biomass import chains for “green” electricity production, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2225-2228.

DOMAC J., Bioénergie et création d'emploi, Unasylva 211, Vol. 53, 2002,.

DRIGO R. et al., Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu, *Unasylva* 211, Vol. 53, 2002, p. 36-40.

DIRECTIVE 2003/87/CE du Parlement européen et du conseil du 13 octobre 2003 établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté et modifiant la directive 96/61/CE du Conseil

DIRECTIVE 2001/77/CE du Parlement européen et du conseil du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité .

EREC, European Renewable Energy Council, Joint declaration for a European Directive to promote renewable heating and cooling, 2005

European Commission, Directorate-General for Research, External Costs Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport, 2003

FAAIJ A., International debate on international biotrade, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2239-2242.

FAAIJ A. et al., Launching a new task under the IEA bio-energy agreement, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2221-2224.

FEEHAN J., PETERSEN J.-E., A Framework for Evaluating the Environmental Impact of Biofuel Use, EEA, OECD Publication Service, Paris, September 2004, p. 151-167.

FERN, Derrière le label, Une évaluation des programmes de certification des forêts du point écologique et social, Mai 2001

GERARD M.-M., Politiques incitatives pour la cogénération bois, Salon Bois-Energie, Lons le Saunier, 3 Avril 2004.

GRULOIS C. et al., Actualités et perspectives du bois énergie en Europe, ERBE, CRA.

GRULOIS C., Le potentiel Bois-énergie en Région Wallonne, ERBE asbl, Libramont, 30 juillet 2003.

HANSSON J., International bioenergy trade - an assessment of the prospects for large scale import of biomass and biofuels to Sweden, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2235-2238.

HECHT J., Les incidences sur l'environnement du transport de marchandises, OCDE, Paris, 1997, 40 p.

HORGAN G.-F. et al., Le marché des granulés de bois en Wallonie, 5^{ème} Forum Suisse sur les granulés de bois, Bulle, 18 Mars 2005, 7 p.

IEA, Energy and Poverty, World Energy Outlook, IEA Publication, Paris, 2002, 47 p.

IEA, Renewables for power Generation, Edition 2003, Paris, 189 p.

ITEBE, Etat des lieux des logistiques de fourniture de plaquettes forestières en Europe, Programme Interreg II de promotion du bois-énergie, Suisse, Octobre 2001, 40 p.

MARCHAL D., Le bois-énergie: vers une diversification de la forêt, Canada, 2003.

MINISTERE DE LA REGION WALLONNE, DGRNE, Etat de l'environnement wallon, édition 2000, L'Environnement Wallon à l'aube du XXI^e siècle.

KIRSCHBAUM M.U.F., To sink or burn? A discussion of the potential contributions of forests to greenhouse gas balances through storing carbon or providing biofuels, Biomass and Bioenergy 24, Australia, p. 297-310.

LEWANDOWSKI I., Certification option for sustainable biomass production and export systems, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p.2229-2232.

LOCHLMAIER M., Pellets appeal, Renewable Energy World, Vol. 8, n° 2, March-April 2005, p. 96-99.

MARCHAL D. et al., Agriculture and Renewable Resource Chains in Wallonia, Belgium, OECD Publication Service, Paris, Septembre 2004, p. 301-305.

MARCHAL D. et al., Emissions de CO² fossile pour la fabrication et le transport des granulés de bois, Première évaluation, ValBiom, Gembloux, Octobre 2003, 12 p.

MAJERCZAK Julie, Pour l'Europe, l'après-Kyoto s'arrête en 2020, jeudi 24 mars 2005 (Liberation - 06:00)

MONITEUR BELGE, Procédures et code de comptage de l'électricité verte en région wallonne, 17/09/2004, Belgique, p. 67907- 67925.

NOWICKI M., NYLZAJ M., Swaping Debts for promotion of bioenergy, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2233-2234.

OIT (Le magazine de): TRAVAIL No. 24 - Emploi et production dans le secteur pétrolier, Avril 1998

OSTWALD M., Clean development mechanism and local sustainable development, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2213-2216.

PASSALACQUA F., Pellets in southern Europe. The state of the art of pellets utilisation in southern Europe. New perspectives of pellets from agri-residues, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 1806-1810.

PEFC, Strengthening the PEFC certification framework, Final Report, Helsinki, 15 January 2002, 62 p.

PIGAHT M. et al., Opportunities for Pellet Trade, Pellets for Europe, Task 3.2.3 Deliverable 20, Mars 2005, 56 p.

RDC Environnement, Bilan énergétique et des émissions de gaz à effet de serre tout au long du cycle de vie du gaz naturel et du mazout comme combustible pour le chauffage domestique, Bruxelles, Juin 2004, update février 2005, 10 p.

REACT, Renewable energy action, Altener 2002-157, Wood pellet heating, Case study 13, Austria, 21 October 2004

REINAUD J., Emissions trading and its possible impacts on investment decisions in the power sector, IEA Information Paper, Paris, 74 p.

REMEDIO E.M., Bois-énergie et modèles de subsistance: une étude de cas relative aux Philippines, Unasylva 211, Vol. 53, 2002, p. 13-22.

RODA J-M, CIRAD-Forêt, Nouvelles perspectives pour les filières forestières tropicales, 2003

RYDEHELL M., Pellets – A sustainable solution for Västra Götaland, World Sustainable Energy Days, Sweden, 2005, 8 p.

SCHLAMADINGER B., Should we trade biomass, electricity, renewable certificates, or CO² credits?, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 2217-2220.

SIEMONS R. et al., Bio-energy's role in the EU energy market, A view of developments until 2020, Report to the European Commission, 2 April 2004, 270 p.

SINTZOFF Y., Woodsustain : Contributions du bois-énergie au développement durable en Belgique, Rapport final, UCL, Juin 2001, 37 p.

SINTZOFF Y., Introduction à la biomasse-énergie, Cours ENER002-ULB « Energies non conventionnelles », 2004, 53 p.

SMEERS Y. et al., Coal Options, Evaluation of coal-based power generation in an uncertain context, Final report, UCL, Brussels, September 2001, 46 p.

SUURS, R., Long Distance Bioenergy Logistics - An assessment of costs and energy consumption for various biomass transport chains. Copernicus Institute - STS -University Utrecht, 2002.

VAN BELLE J.-F. et at., Potentiel bois en Wallonie pour la production d'électricité, Centre de recherche Agronomique, Gembloux, Août 1998, 123 p.

VAN BELLE J.-F. et at., Three level procurement of forest residues for power plant, Biomass and Bioenergy 24, Belgium, 2003, p. 401-409.

VASEN N., Agri-pellets: perspectives of pellets from Agricultural residues, Wels, March 2005.

WAHLUND B. et al., Increasing biomass utilisation in energy systems: A comparative study of CO² reduction and cost for different bioenergy processing options, Biomass and Bioenergy 26, Sweden, 2004, p. 531-544.

ZAETTA C., The pellet market in Italy: main barriers and perspectives, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Italy, p. 1843-1847.

Sites internet consultés

Atlas énergétique de Wallonie 2004 : www.iwallon.be/atlasenergie

Commission européenne, Direction générale Energie et Transport, [Statistical pocket book 2004](#).

CWAPE (Commission wallonne pour l'énergie) : www.cwape.be

European Pellet centre, Quality standards for pellets in European Countries: <http://www.pelletcentre.info/cms/site.asp?p=2550> (15 Mars 2005)

European Biomass Industry Association : www.eubia.org

Houtinfo Bois (site internet sur le bois en Belgique) : http://www.houtinfo.be/fr/lebois_enbelgique.asp

IEA Bioenergy : www.ieabioenergy.com

ITEBE – Le portail du bois-énergie : www.itebe.org (01 juillet 2005)

Food and agriculture organization of the United Nations : www.fao.org

Le bureau fédéral du Plan : www.plan.be

Magazine The Bioenergy international : www.bioenergyinternational.com

Ministère de la région Wallonne: www.environnement.wallonie.be

PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) : www.pefc.be et www.pefc.org

FSC (Forest Stewardship Council): www.fsc.org

Pellets Fuels Institute (EU) : <http://pelletheat.org/>

Asbl Valbiom : www.valbiom.be

OROL Ron, La pollution de l'air par les navires : un sujet de préoccupation croissant, été 2005, article paru dans TRIO (le bulletin de la Commission de coopération environnementale de l'Amérique du Nord disponible sur internet) : <http://www.cec.org/trio/stories/index.cfm?ed=15&ID=166&varlan=français> (25 juillet 2005)

Listes des principaux acronymes utilisés

BE :	Bois énergie
CCNUCC :	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CRA :	Centre de recherche agronomique (Gembloux)
CWAPE :	Commission wallonne pour l'énergie
EET :	Economie en transition
GES :	Gaz à effet de serre
FERN :	Forest and European Union Resource Network
FRW :	Fondation Rurale de Wallonie
FSC :	Forest Stewardship Council
ICEDD :	Institut de conseil et d'études de développement durable
MAP :	Mètre cube apparent de plaquettes
MOC :	Mise en oeuvre conjointe
OCDE :	Organisation de coopération et de développement économique
PK :	Protocole de Kyoto
PCI :	Pouvoir calorifique inférieur
PEFC :	Pan-European Forest Certification
PIB :	Produit intérieur brut
QA :	Quantité attribuée (PK)
Tms :	Tonnes de matière sèche
OIT :	Organisation internationale du travail
PED :	Pays en voie de développement
PEN :	Permis d'émissions négociables
PMDE :	Plan pour la maîtrise durable de l'énergie
REC :	Réduction d'émissions certifiées
SAU :	Surface agricole utile
SER :	Source d'énergie renouvelable
TEP :	Tonnes équivalent pétrole
TiCR :	Taillis à très courte rotation
UE :	Union Européenne

ANNEXES

Annexe A : Pays de l'Annexe I et II de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	132
Annexe B: Engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions	134
Annexe C: Répartition des compétences entre Régions et Etat Fédéral	136
Annexe D : Les équivalences énergétiques des combustibles bois	136
Annexe E : Organigramme de la filière bois	139
Annexe F : Résumé des normes relatives aux granulés en Europe	140
Annexe G: Charte qualité éditée par le French Pellet Club en 2002	141
Annexe H : Ventes de granulés aux USA, exprimées en tonne US	142
Annexe I : Charte PEFC pour la gestion forestière durable en Région wallonne	143
Annexe J : Résumé des effets nocifs causés par la pollution atmosphérique sur l'environnement	146

Annexe A : Pays de l'Annexe I et II de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

1. ANNEXE I

Allemagne
Australie
Autriche
Bélarus a/
Belgique
Bulgarie a/
Canada
Communauté économique européenne
Danemark
Espagne
Estonie a/
Etats-Unis d'Amérique
Fédération de Russie a/
Finlande
France
Grèce
Hongrie a/
Irlande
Islande
Italie
Japon
Lettonie a/
Lituanie a/
Luxembourg
Norvège
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
Pologne a/
Portugal
Roumanie a/
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie a/
Turquie
Ukraine a/

a/ Pays en transition vers une économie de marché.

2. ANNEXE II

Allemagne

Australie

Autriche

Belgique

Canada

Communauté économique européenne

Danemark

Espagne

Etats-Unis d'Amérique

Finlande

France

Grèce

Irlande

Islande

Italie

Japon

Luxembourg

Norvège

Nouvelle-Zélande

Pays-Bas

Portugal

Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord

Suède

Suisse

Turquie

Annexe B: Engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions (en pourcentage des émissions de l'année ou de la période de référence)

PARTIE 2

Allemagne	92
Australie	108
Autriche	92
Belgique	92
Bulgarie*	92
Canada	94
Communauté européenne	92
Croatie*	95
Danemark	92
Espagne	92
Estonie*	92
États-Unis d'Amérique	93
Fédération de Russie*	100
Finlande	92
France	92
Grèce	92
Hongrie*	94
Irlande	92
Islande	110
Italie	92
Japon	94
Lettonie*	92
Liechtenstein	92
Lituanie*	92
Luxembourg	92
Monaco	92
Norvège	101
Nouvelle-Zélande	100
Pays-Bas	92
Pologne*	94
Portugal	92
République tchèque*	92
Roumanie*	92
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	92
Slovaquie*	92
Slovénie*	92
Suède	92
Suisse	92
Ukraine*	100

* Pays en transition vers une économie de marché.

Annexe C : Répartition des compétences entre Régions et Etat Fédéral

Relèvent de la compétence de l'Etat fédéral :

- le plan d'équipement électrique;
- le cycle du combustible nucléaire;
- les grandes infrastructures de stockage, transport et production d'énergie;
- les tarifs.

Relèvent exclusivement de la compétence régionale :

- l'utilisation rationnelle de l'énergie;
- les sources nouvelles et renouvelables d'énergie;
- les réseaux de chaleur;
- la distribution de gaz et d'électricité;
- les récupérations d'énergie;
- la valorisation des terrils;
- l'utilisation du grisou et du gaz de haut fourneau.

Annexe D : Les équivalences énergétiques des combustibles bois⁴⁸

Les unités dérivées du système international

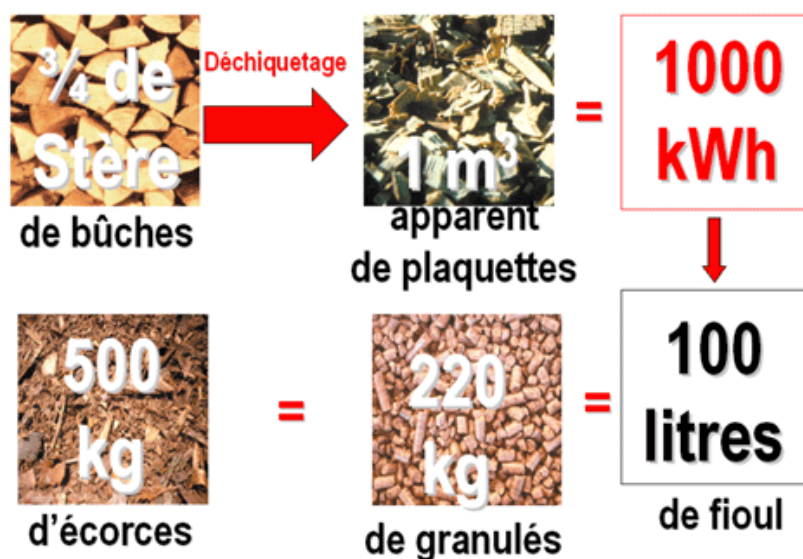
Grandeur	Nom	Symbole	Correspondances
Force	Newton	N	1kgf = 9,81 N
Travail, Energie, Quantité de chaleur	Joule	J ou N·m	Kilowattheure 1 kWh = 3,6 10 ⁶ J
Puissance, Flux énergétique	Watt	W ou J/s ou N·m/s	1 kcal/h = 1,16 W

Les puissances de 10

10 ¹⁸	10 ¹⁵	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹
E	P	T	G	M	k	m	m	n
exa	péta	téra	giga	méga	kilo	milli	micro	nano

⁴⁸ <http://www.itebe.org>

Equivalences simplifiées entre les combustibles



Equivalences des unités d'énergies

	KWh	kcal	Joule	TEP
KWh	1	860	$3,600 \times 10^6$	86×10^{-7}
Kcal	$1,16 \times 10^{-3}$	1	4 180	10^{-7}
Joule	$2,78 \times 10^{-5}$	239×10^{-6}	1	24×10^{-7}
TEP	11 610	10^7	4.179×10^4	1

Equivalences moyennes du MAP et de la TEP

<i>1 MAP de plaquettes =</i>	<i>1 tep = énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen</i>
330 kg plaquettes 0.5 m ³ plein bois 2/3 m3 Stères 220 kg granulés 500 kg écorces 88 m3 gaz naturel 78 kg propane 100 l fioul 1000 kWh	42 GJ 1163 l fioul 4500 kW électricité 3 t bois sec 1,5 t charbon 13 000 kWh PCS gaz naturel 0.91 t propane 3.496 t paille sèche

Les conversions entre unités

1 ... équivalent à :	GJ	tep	MBtu	kWh	m ³ de gaz	Baril de pétrole
1 GJ	1	1/42 = 0,238	0,948	278	23,89	0,1751
1 tep	41,855	1	39,68	11 628	1 000	7,33
1 MBtu	1,0551	0,0252	1	293,1	25,2	0,185
1 kWh	0,0036	0,086 10 ⁻³	3,412 10 ⁻³	1	0,086	630,4 10 ⁻⁶
1 m ³ de gaz *	0,041855	10 ⁻³	0,03968	11,628	1	7,33 10 ⁻³
1 Baril de pétrole	5,7	0,1364	5,4	1 580	136,4	1

« La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité de mesure couramment utilisée par les économistes de l'énergie pour comparer les énergies entre elles.

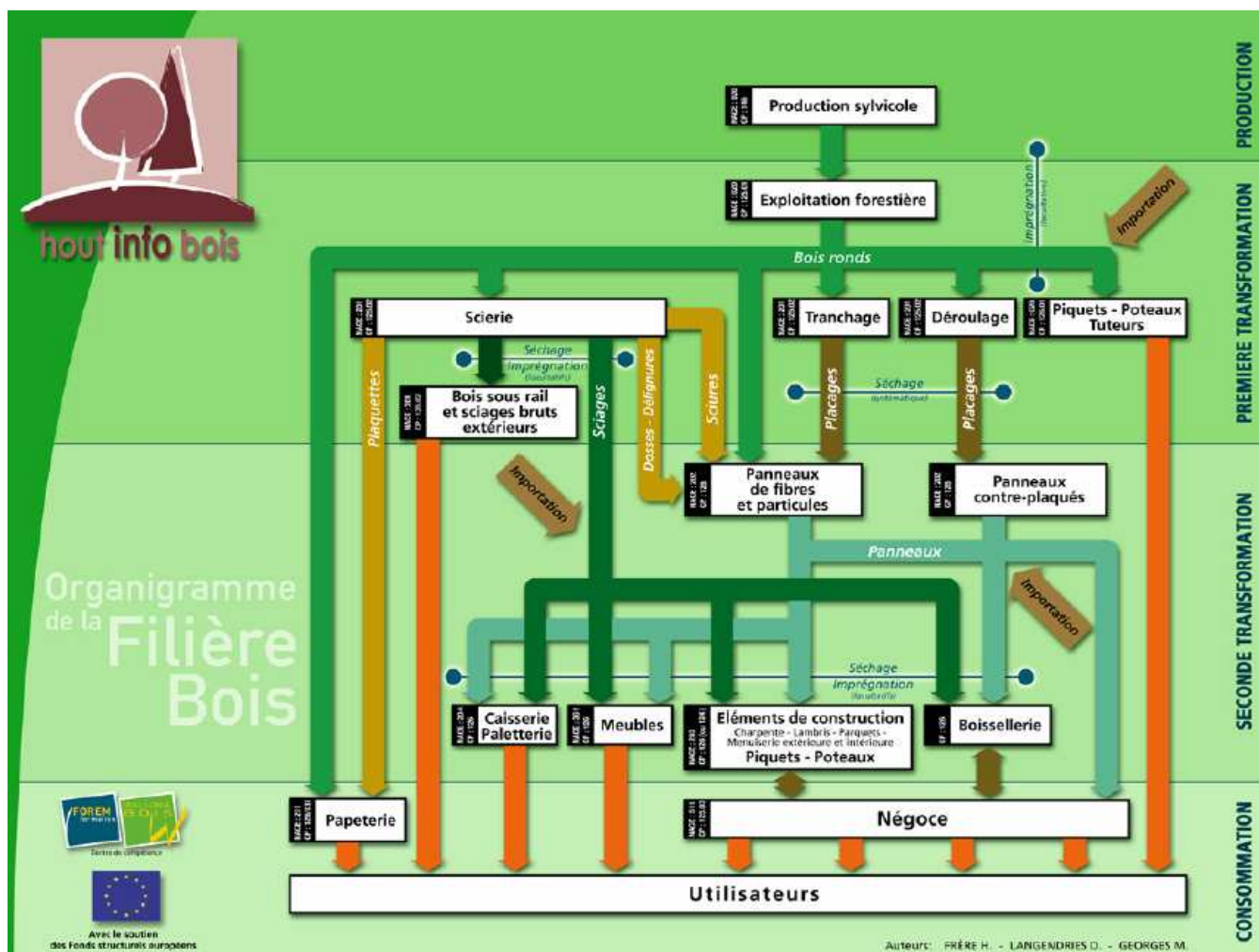
Le btu : British thermal unit.

Le m³ de gaz : les équivalences pour le m³ de gaz (ou normo-m³, aux conditions normales de température et de pression : 0°C, sous 1013 hPa, norme ISO ; par opposition au m³ standard) sont données en énergie PCS (pouvoir calorifique supérieur). L'équivalent en énergie PCI (pouvoir calorifique inférieur) s'obtient en multipliant par 0,9.

Le Therm anglais, unité utilisée par la bourse de Londres pour la cotation du gaz NBP équivaut à : 29,31 kWh, soit 0,1 Mbtu

Les unités de mesure de l'énergie sont très nombreuses. Elles ont varié au cours du temps et leur définition est souvent liée au type d'énergie qu'elles mesurent. Aujourd'hui, bien que l'unité de mesure officielle soit le joule (J), d'autres unités sont, par habitude, utilisées : par exemple la kilocalorie (kcal) pour l'énergie contenue dans un repas, le kilowatt-heure (kWh) pour la consommation d'électricité domestique. Les différents systèmes d'unités sont liés par des équivalences qui permettent d'effectuer les conversions : par exemple, 1 kWh = 3 600 000 joules = 860 kcal. Les Anglo-saxons utilisent aussi le British thermal unit ou Btu (1 kWh = 3413 Btu). L'unité couramment utilisée dans les statistiques énergétiques est la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole brut (ou tep pour tonne équivalent pétrole) : 1 tep = 11 700 kWh. »

Annexe E : Organigramme de la filière bois



Annexe F : Résumé des normes relatives aux granulés en Europe

Specification	Austria ÖNORM M7135		Sweden SS 18 71 20			Germany DIN 51731 / DIN plus			CEN CEN/TS 14961:2005 Annex A
	Wood pellets	Bark pellets	Group 1	Group 2	Group 3	5 size classes [cm]			
Origin									Chemically untreated wood without bark
Size	- Pellets : 4 - 20 mm Ø max.100 mm lg.	-Briketts: 20 -120 mm Ø max. 400 mm lg.	max. 4 Ø**)	max. 5 Ø	max. 6 Ø		Length	Ø	D06 ≤ 6 mm ± 0,5 mm and L ≤ 5 x Diameter D08 ≤ 8 mm ± 0,5 mm and L ≤ 4 x Diameter
						HP1	>30	>10	
						HP2	15-30	6-10	
						HP3	10-15	3-7	
						HP4	<10	1-4	
HP5	<5	0,4-1							
Bulk density			≥ 600 kg/m ³ **)	≥ 500 kg/m ³	≥ 500 kg/m ³				Recommended to be stated if traded by volume basis
Fines in % <3mm			≤ 0,8	≤ 1,5	≤ 1,5				F1.0 ≤ 1,0 % F2.0 ≤ 2,0 %
Unit density	≥ 1,0 kg/dm ³	≥ 1,0 kg/dm ³						1-1,4 g/cm ³	
Moisture content	≤ 12 %	≤ 18 %	≤ 10 %	≤ 10 %	≤ 12 %			<12 %	M10 ≤ 10 %
Ash content	≤ 0,5 % *)	≤ 6,0%*)	≤ 0,7 %	≤ 1,5 %	>1,5 %			< 1,5 %	A0.7 ≤ 0,7 %
Calorific value	≥ 18,0 MJ/kg*)	≥ 18,0 MJ/kg*)	≥ 16,9MJ/kg ≥ 4,7 kWh/kg	≥ 16,9MJ/kg 4,7 kWh/kg	≥ 16,9MJ/kg 4,7 kWh/kg			17,5 - 19,5 MJ/kg ***)	16,9 MJ/kg 4,7 kWh/kg
Sulphur	≤ 0,04 %*)	≤ 0,08 %*)	≤ 0,08 %	≤ 0,08 %	anges			< 0,08	S0.05 ≤ 0,05 %
Nitrogen	≤ 0,3 %*)	≤ 0,6%*)						< 0,3	N0.3 ≤ 0,3 % N0.5 ≤ 0,5 % N1.0 ≤ 1,0 % N3.0 ≤ 3,0 % N3.0+ > 3,0 % (actual value to be stated)
Chlorine	≤ 0,02%*)	≤ 0,04%*)	≤ 0,03%	≤ 0,03%	anges			< 0,03	Recommended to be stated in category: CL 0.03 CL 0.07 CL 0.10 CL 0.10+ (if CL>0.10 % the actual value to be stated)
Arsenic								<0,8 mg/kg	
Cadmium								<0,5 mg/kg	
Chromium								<8 mg/kg	
Copper								<5 mg/kg	
Mercury								<0,05 mg/kg	
Lead								<10 mg/kg	
Zinc								<100 mg/kg	
EOX, extractabl. halogens								<3 mg/kg	
Fines, bevor delivery to customer	max. 1 %							max. 1 %	
Additives	max. 2 % only natural		to be stated						< 200-% of dry basis. Only products from the primarily agricultural and forest biomass that are not chemically modified are approved to be added as a pressing aids. Type and amount of additive has to be stated.
Ash melting point			temperatur to be stated						
Durability									DU97.5 ≥ 97,5

*) of dry basis **) at factory ***) without ash and water

Annexe G: Charte qualité éditée par le French Pellet Club en 2002

Paramètres	Unités	Poêle	Chaudière	BIG	Incinération
Longueur (90% en masse)	mm	10 à 30	10 à 50	Pas de contraintes	
Diamètre	mm	6 +/- 1	8 à 10 +/- 1	> 16	
Contenu en eau	%	<10			Pas de contraintes
Masse volumique apparente	kg/m3	> 650			> 580
Masse volumique spécifique	kg/m3	1.2 à 1.4			Pas de contraintes
PCI brut	kWh/kg	>4,7			Affiché sur l'emballage
Teneur en cendres	%	< 1			Pas de contraintes
Teneur en Na+	%	<300			
Teneur en Chlore - Cl-	%	< 0,3			
Teneur en soufre -S	%	0,08			
Teneur en azote -N	%	< 0,3			
Teneur en liants naturels (amidon, ligno, huile végétale)	%	Affichage obligatoire la nature et de la teneur Limitée à 5%			Pas de contraintes
Tolérance bois de rebut	Qualitatif	Interdit			

Composés organiques halogénés	3 mg/kg
Métaux lourds	
Arsenic - A	0,8 mg/kg
Cadmium - Cd	0,5 mg/kg
Chrome - Cr	8 mg/kg
Cuivre - Cu	5 mg/kg
Mercure - Hg	0,05 mg/kg
Plomb - Pb	10 mg/kg
Zinc - Zn	100 mg/kg

SOURCE : site internet ITEBE

Annexe H : Ventés de granulés aux USA, exprimées en tonne US (1 t US = 0,907 t).

REGION	2004-2005 [*]						2003-2004 [*]					
	1st qtr	2nd qtr	3rd qtr	4th qtr	total	% Chg	1st qtr	2nd qtr	3rd qtr	4th qtr	total	% Chg
U.S. Pacific	26,122	54,313	102,888		183,323	7.2%	27,000	51,000	93,000	70,000	241,000	-10.4%
Mountain	12,975	31,250	57,284		101,509	9.2%	16,000	24,000	53,000	38,000	131,000	24.8%
Central	3,985	18,000	27,190		49,176	-15.2	10,000	15,000	33,000	18,000	76,000	55.1%
Great Lakes	7,059	16,712	32,885		56,656	53.1%	3,000	16,000	18,000	16,000	53,000	29.3%
Northeast	59,832	89,325	92,387		241,344	10.7%	49,000	87,000	82,000	54,000	272,000	7.1%
Southeast	5,153	15,840	14,779		35,772	5.2%	6,000	13,000	15,000	9,000	43,000	0%
<i>Canada</i> (Marit/Quebec)	3,160	8,351	7,401		18,912	-9.9%	4,000	9,000	8,000	9,000	30,000	-6.3%
Ontario/Sask/Manti	1,658	8,351	8,097		15,818	-12.1%	2,000	7,000	9,000	7,000	25,000	4.2%
Alberta/B.C.	1,575	2,035	18,717		22,327	1.5%	5,000	7,000	10,000	10,000	32,000	0%
TOTALS	121,000	242,000	362,000	0	724,837	7.9%	122,000	229,000	321,000	231,000	903,000	6.4%
[*] Represents heating season, not annual season. 1st Quarter April-June, 2nd Quarter July-Sept, 3rd Quarter Oct-Dec, 4th Quarter Jan-Mar.												

Source : Pellet Fuels Institute (Juin 2005)

ANNEXE I: Charte PEFC pour la gestion forestière durable en Région wallonne

ANNEXE J: Résumé des effets nocifs causés par la pollution atmosphérique sur l'environnement⁴⁹

Polluant ⁴	Source	Incidences sur			
		les êtres humains	la végétation	le climat mondial	les matières
Monoxyde de carbone (CO)	Combustion incomplète	Fourniture d'oxygène insuffisante ; cœur, circulation, système nerveux		Indirectes par formation d'ozone	
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Combustion			Effet de serre important	
Hydrocarbures (HC - y compris isopentane, méthane, pentane, tolylène, etc.)	Combustion incomplète, carburation	Certains sont cancérogènes Précurseur de l'ozone	Accumulation dans le sol, l'alimentation, les cultures vivrières	Le méthane produit un effet de serre potentiellement élevé, entraînant la formation d'ozone	
Oxyde d'azote (NO _x)	Oxydation des composés N et N ₂ des carburants	Irritation du système respiratoire et autres problèmes	Acidification des sols et de l'eau, surfertilisation	NO ₂ produit un effet de serre potentiellement élevé, et entraîne la formation d'ozone	Dégradation, érosion
Particules	Combustion incomplète, poussière de la route	Problèmes respiratoires, divers contenus toxiques	Assimilation réduite		Saletés
Suie	Combustion incomplète	Peut avoir des effets cancérogènes			Saletés
Ozone (formé par l'interaction avec d'autres polluants)	Photo-oxydation avec NO _x et HC	Irritation du système respiratoire, atteintes aux poumons	Dégâts possibles aux feuillages et aux racines	Potentiel élevé d'émission de gaz à effet de serre	Décomposition des polymères

Il est à retenir que certains de ces gaz peuvent également réagir chimiquement entre eux et générer d'autres composés également nocifs.

⁴⁹ OCDE, LES INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT DE MARCHANDISES, 1997