

REFERENTIELS COMBUSTIBLES BOIS ENERGIE DEFINITION ET EXIGENCES

25 avril 2008

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par FCBA

Coordination technique : Elisabeth Le Net - Pôle Economie, Energie et Prospective,
10 avenue de Saint Mandé 75012 Paris

Remerciements

Ce travail n'a pu se réaliser que par le concours d'un certain nombre de personnes qui ont donné leurs conseils et avis lors de nombreuses réunions. Il doit également beaucoup à J-L. Bonnet (ex. CTBA) qui était à l'initiative de ce projet.

Ont participé :

C. Rantien pour l'ADEME

V. Joucla pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

M. Leclercq pour le Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi

J. Garet pour le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

M. Boyadjian et S. Prioux pour Elyo

P. Ollivier pour RBM

P. Pascal et A. Arnaud pour Veolia Propreté

D. Coutrot pour l'UIPP

Un remerciement spécial à P. Léon (SITA Suez), P. Chanrion (groupe PGS) et T. Charloux (FNB) pour leur active participation et disponibilité.

Merci également à ceux qui ont apporté leur contribution notamment lors de l'élaboration du référentiel « plaquettes forestières » en 2006 (A. Graffin – ONF, M. Guennoc – Dalkia, D. Cappe – ATEE, S. Villar - FIBOIS) et le SIEL pour la partie « emballage léger ».

L'UCFF (S. Pitocchi) a été partie-prenante en tant que sous-traitant à ce travail.

Tous les organismes professionnels n'ont pu être sollicités pour l'élaboration des référentiels. Leur utilisation permettra certainement de détecter des points d'amélioration. Tout retour d'information est donc le bienvenu auprès de l'ADEME (boisenergie@ademe.fr).

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

En anglais :

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

<http://www.ademe.fr>

En anglais :

About ADEME :

The French Agency for the Environment and Energy Management (ADEME) is a public agency under the joint supervision of the French Ministries for Ecology, Sustainable Development and Spatial Planning, and for Higher Education and Research. It participates in the implementation of public policies in the fields of the environment, energy and sustainable development. The agency makes its expertise and consultancy skills available to business, local communities, public authorities and the general public and helps them to finance projects in five areas (waste management, soil preservation, energy efficiency and renewable energies, air quality and noise abatement) and to make progress with their sustainable development procedures.

<http://www.ademe.fr>

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| CHAPITRE 1 - GENERALITES SUR LES REFERENTIELS BOIS COMBUSTIBLES BOIS ENERGIE..... | 9 |
| 1. Définition et origine des combustibles bois énergie..... | 9 |
| 1.1 Nature générale et cadre règlementaire des combustibles..... | 9 |
| 1.2 Principes généraux retenus | 11 |
| 1.3 Identification des combustibles bois énergie selon l'origine..... | 11 |
| 1.3.1 Les plaquettes forestières..... | 11 |
| 1.3.2 Les produits connexes des industries du bois | 12 |
| 1.3.3 Les produits bois en fin de vie | 12 |
| 1.3.4 Les mélanges et préparations..... | 12 |
| 1.3.5 Des référentiels ?..... | 12 |
| 1.3.6 Les types de combustibles bois énergie : application des référentiels | 13 |
| 1.3.7 Les catégories de combustibles bois énergie : produits traités/adjuvantés®, etc... 13 | |
| 2. Caractérisation des combustibles bois énergie | 14 |
| 2.1 Nature des informations | 14 |
| 2.2 Caractéristiques des combustibles bois énergie..... | 14 |
| 2.2.1 Granulométrie | 15 |
| 2.2.2 Taux d'humidité..... | 16 |
| 2.2.3 Quantité de chaleur fournie (PCI) | 18 |
| 2.2.4 Taux de cendres | 21 |
| 2.2.5 Taux de chlore | 22 |
| 2.2.6 Taux d'azote | 23 |
| 2.2.7 Autres paramètres | 24 |
| 2.2.8 Provenance du combustible bois énergie | 25 |
| 2.2.9 Pour résumer | 25 |
| 3. Garantie de respect des référentiels combustible bois énergie..... | 26 |
| 3.1 Principes de la chaîne de contrôle des combustibles bois énergie..... | 26 |
| 3.1.1 Livraison d'un combustible unique..... | 26 |
| 3.1.2 Livraison d'un mix produit | 27 |
| 3.2 Informations à recenser | 28 |
| 3.3 Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des combustibles bois énergie | 29 |
| 3.4 Procédures de mesure et de contrôle | 31 |
| 3.5 Intervention possible d'un organisme certificateur | 31 |
| 4. Qualité des combustibles bois énergie | 32 |

| | |
|---|-----------|
| CHAPITRE 2 - REFERENTIEL « PLAQUETTES FORESTIERES » | 35 |
| 1. Définition et origine des plaquettes forestières | 35 |
| 2. Caractéristiques des plaquettes forestières | 35 |
| 2.1 Caractéristiques des plaquettes forestières | 36 |
| 2.1.1 <i>Granulométrie</i> | 36 |
| 2.1.1.1 Importance de la granulométrie | 36 |
| 2.1.1.2 Mesure de la granulométrie | 36 |
| 2.1.1.3 Classes de granulométrie | 37 |
| 2.1.2 <i>Taux d'humidité</i> | 37 |
| 2.1.2.1 Importance de l'humidité | 37 |
| 2.1.2.2 Mesure de l'humidité | 38 |
| 2.1.2.3 Classes d'humidité | 39 |
| 2.1.3 <i>Quantité de chaleur fournie (PCI)</i> | 39 |
| 2.1.3.1 Importance du PCI | 39 |
| 2.1.3.2 Mesure du PCI | 40 |
| 2.1.4 <i>Taux de cendres</i> | 42 |
| 2.1.4.1 Importance du taux de cendres | 42 |
| 2.1.4.2 Mesure du taux de cendres | 42 |
| 2.1.4.3 Classes de taux de cendres | 43 |
| 2.2 Pour résumer | 43 |
| 3. Garantie de respect du référentiel "plaquettes forestières" | 44 |
| 3.1 Principes de la chaîne de contrôle des plaquettes forestières | 44 |
| 3.1.1 <i>Livraison d'un combustible unique</i> | 44 |
| 3.1.2 <i>Livraison d'un mix produit</i> | 44 |
| 3.2 Informations à recenser | 45 |
| 3.3 Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des plaquettes forestières | 46 |
| 3.4 Procédures de mesure et de contrôle | 47 |
| 3.5 Intervention possible d'un organisme certificateur | 47 |
| 4. Qualité des plaquettes forestières | 48 |
| CHAPITRE 3 - REFERENTIEL « CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS » | 50 |
| 1. Définition et origine des « connexes des industries du bois » | 50 |
| 2. Caractéristiques des « connexes des industries du bois » | 50 |
| 2.1 Caractéristiques des connexes des industries du bois | 50 |
| 2.1.1 <i>Granulométrie</i> | 51 |
| 2.1.1.1 Importance de la granulométrie | 51 |
| 2.1.1.2 Mesure de la granulométrie | 52 |
| 2.1.1.3 Classes de granulométrie | 52 |
| 2.1.2 <i>Taux d'humidité</i> | 52 |
| 2.1.2.1 Importance de l'humidité | 52 |
| 2.1.2.2 Mesure de l'humidité | 53 |
| 2.1.2.3 Classes d'humidité | 54 |
| 2.1.3 <i>Quantité de chaleur fournie (PCI)</i> | 54 |
| 2.1.3.1 Importance du PCI | 54 |
| 2.1.3.2 Mesure du PCI | 55 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.1.4 | <i>Taux de cendres</i> | 57 |
| 2.1.4.1 | Importance du taux de cendres | 57 |
| 2.1.4.2 | Mesure du taux de cendres | 57 |
| 2.1.4.3 | Classes de taux de cendres..... | 58 |
| 2.1.5 | <i>Taux de chlore</i> | 58 |
| 2.1.5.1 | Importance du taux de chlore | 58 |
| 2.1.5.2 | Mesure du taux de chlore | 59 |
| 2.1.5.3 | Classes de taux de chlore..... | 59 |
| 2.1.6 | <i>Taux d'azote (bois adjuvantés seulement)</i> | 59 |
| 2.1.7 | <i>Autres paramètres</i> | 60 |
| 2.1.7.1 | Soufre | 60 |
| 2.1.7.2 | Autres éléments (niveaux de concentration) (bois adjuvantés seulement)..... | 60 |
| 2.1.7.3 | Provenance du combustible bois énergie | 61 |
| 2.1.8 | <i>Pour résumer</i> | 61 |
| 3. | Garantie de respect du référentiel « connexes des industries du bois » | 62 |
| 3.1 | Principes de la chaîne de contrôle des connexes des industries du bois | 62 |
| 3.1.1 | <i>Livraison d'un combustible unique</i> | 62 |
| 3.1.2 | <i>Livraison d'un mix produit</i> | 62 |
| 3.2 | Informations à recenser | 63 |
| 3.3 | Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des connexes des industries du bois..... | 64 |
| 3.4 | Procédures de mesure et de contrôle | 65 |
| 3.5 | Intervention possible d'un organisme certificateur | 65 |
| 4. | Qualité des connexes des industries du bois | 66 |
| CHAPITRE 4 - REFERENTIEL « PRODUITS EN FIN DE VIE » | | 69 |
| 1. | Définition et origine des « produits en fin de vie » | 69 |
| 2. | Caractéristiques des « produits en fin de vie » | 69 |
| 2.1 | Caractéristiques des produits en fin de vie | 70 |
| 2.1.1 | <i>Importance de la granulométrie</i> | 70 |
| 2.1.2 | <i>Mesure de la granulométrie</i> | 70 |
| 2.1.2.1 | Classes de granulométrie | 71 |
| 2.1.3 | <i>Taux d'humidité</i> | 71 |
| 2.1.3.1 | Importance de l'humidité..... | 71 |
| 2.1.3.2 | Mesure de l'humidité..... | 71 |
| 2.1.3.3 | Classes d'humidité..... | 72 |
| 2.1.4 | <i>Quantité de chaleur fournie (PCI)</i> | 73 |
| 2.1.4.1 | Importance du PCI | 73 |
| 2.1.4.2 | Mesure du PCI | 73 |
| 2.1.5 | <i>Taux de cendres</i> | 76 |
| 2.1.5.1 | Importance du taux de cendres | 76 |
| 2.1.5.2 | Mesure du taux de cendres | 76 |
| 2.1.5.3 | Classes de taux de cendres..... | 76 |
| 2.1.6 | <i>Taux de chlore</i> | 77 |
| 2.1.6.1 | Importance du taux de chlore | 77 |
| 2.1.6.2 | Mesure du taux de chlore | 77 |
| 2.1.6.3 | Classes de taux de chlore..... | 78 |
| 2.1.7 | <i>Taux d'azote (bois adjuvantés seulement)</i> | 78 |
| 2.1.8 | <i>Autres paramètres</i> | 78 |

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| 2.1.8.1 | Soufre | 78 |
| 2.1.8.2 | Autres éléments (niveaux de concentration) (bois adjuvantés seulement)..... | 79 |
| 2.1.8.3 | Provenance du combustible bois énergie | 79 |
| 2.1.9 | <i>Pour résumer</i> | 80 |
| 3. | Garantie de respect du référentiel « produits en fin de vie » | 80 |
| 3.1 | Principes de la chaîne de contrôle des produits en fin de vie | 80 |
| 3.1.1 | <i>Livraison d'un combustible unique</i> | 80 |
| 3.1.2 | <i>Livraison d'un mix produit</i> | 81 |
| 3.2 | Informations à recenser | 82 |
| 3.3 | Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des produits en fin de vie..... | 83 |
| 3.4 | Procédures de mesure et de contrôle | 84 |
| 3.5 | Intervention possible d'un organisme certificateur | 84 |
| 4. | Qualité des produits en fin de vie..... | 85 |
| ANNEXES..... | | 88 |
| Annexe 1. | TC 343 « solid recovered fuels » (biocombustibles solides de récupération)..... | 88 |
| Annexe 2. | Prestataires/laboratoires (à titre indicatif) | 89 |
| Annexe 3. | Glossaire..... | 90 |
| Annexe 4. | Liste des produits..... | 96 |
| Annexe 5. | Information sur la nomenclature ICPE et la réglementation | 104 |
| Annexe 6. | Certification en forêt..... | 106 |
| Annexe 7. | Exemple de fiche de prélèvement..... | 109 |
| Annexe 8. | Constitution des échantillons selon CEN/TS 14 778, 14 779, 14780 | 110 |
| Annexe 9. | Exemple de procédure de détermination de la granulométrie | 112 |
| Annexe 10. | Exemple de procédure de détermination de l'humidité (simplifiée) | 113 |
| Annexe 11. | Exemple de procédure de détermination de l'humidité (micro-onde) | 114 |
| Annexe 12. | Exemple de procédure de détermination de l'humidité (PCI-mètre)..... | 115 |
| Annexe 13. | Exemple de procédure de détermination de l'humidité..... | 116 |
| Annexe 14. | Exemple de procédure de détermination du pouvoir calorifique inférieur..... | 117 |
| Annexe 15. | Exemple de procédure de détermination du pouvoir calorifique inférieur (à partir de l'humidité)..... | 119 |
| Annexe 16. | Exemple d'abaque Pouvoir Calorifique Inférieur Humidité du bois pour les plaquettes forestières..... | 120 |
| Annexe 17. | Exemple de procédure de détermination du taux de cendres | 122 |
| Annexe 18. | Exemple de procédure d'évaluation du taux de cendres d'après l'origine..... | 123 |
| Annexe 19. | Références bibliographiques | 124 |

Résumé

Les référentiels ont pour objet de définir les caractéristiques et exigences techniques liées aux combustibles bois énergie utilisés pour l'alimentation de :

- Chaudières automatiques utilisées par des particuliers ;
- Chaudières automatiques utilisées dans des réseaux de chaleur des installations énergétiques ;
- Chaudières automatiques utilisées par des sites industriels ou des centrales de cogénération (permettant la production à la fois de chaleur et d'électricité).

Les référentiels ne portent pas sur l'ensemble des combustibles bois énergie (ils ne s'appliquent pas au bois sous forme de bûches, aux granulés et briquettes de bois reconstitué) et sont ciblés sur une partie de la « biomasse ».

Le travail a consisté à :

- Identifier les produits pouvant être valorisés comme combustibles en s'appuyant sur les spécifications techniques rédigées et publiées par le Comité Technique 335 de la Commission Européenne de Normalisation (CEN TC335 « biocombustibles solides »). En lien avec l'approche suivie par le CEN TC335, l'identification des produits (et leur listing) a été réalisée selon leur origine (activités) ;
- Démontrer la conformité du combustible à la définition de la biomasse pouvant être utilisée dans les unités de combustion.

Les résultats sont déclinés en 4 chapitres. Un premier chapitre porte sur les combustibles bois énergie. Il s'agit d'éléments généraux qui structurent l'approche. Ces éléments sont repris pour établir un référentiel par grands types de combustibles : les « plaquettes forestières » (chapitre 2), les « connexes des industries du bois » (chapitre 3) et les « produits en fin de vie » (chapitre 4).

La catégorie mélange et préparation se retrouve au sein de ces trois référentiels « produits » selon les principes suivants : 1/ entrent dans les référentiels, les mélanges et préparations composés uniquement des produits listés ; 2/ les tests et informations à apporter sont ceux du produit le plus "critique", ce qui est conforme aux dispositions du CEN TC335.

D'une manière générale, les référentiels proposent de réaliser des tests *a minima* et n'excluent pas, de fait, que des mesures supplémentaires puissent être faites (en lien avec la réglementation).

CHAPITRE 1 - GENERALITES SUR LES REFERENTIELS BOIS COMBUSTIBLES BOIS ENERGIE

1. Définition et origine des combustibles bois énergie

Le cahier des charges a pour objet de définir les caractéristiques et exigences techniques liées à des combustibles "bois énergie" alimentant des :

- Chaudières automatiques utilisées par des particuliers ;
- Chaudières automatiques utilisées dans des réseaux de chaleur des installations énergétiques ;
- Chaudières automatiques utilisées par des sites industriels ou des centrales de cogénération (permettant la production à la fois de chaleur et d'électricité).

Selon la directive européenne 2001/80/CE du 23 octobre 2001 relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des grandes installations de combustion¹, on entend par « combustible » :

« Toute matière combustible solide, liquide ou gazeuse alimentant l'installation de combustion, à l'exception des déchets visés dans la directive 89/369/CEE du Conseil du 8 juin 1989 concernant la prévention de la pollution atmosphérique en provenance des installations nouvelles d'incinération des déchets municipaux, dans la directive 89/429/CEE du Conseil du 21 juin 1989 concernant la réduction de la pollution atmosphérique en provenance des installations existantes d'incinération des déchets municipaux et dans la directive 94/67/CE du Conseil du 16 décembre 1994 concernant l'incinération de déchets dangereux ou dans tout acte communautaire ultérieur abrogeant et remplaçant une ou plusieurs de ces directives. »

Ces référentiels ne s'appliquent ni au bois sous forme de bûches, ni aux granulés et briquettes de bois reconstitué².

1.1 Nature générale et cadre réglementaire des combustibles

Deux directives européennes donnent une cohérence au cadre réglementaire des combustibles.

La directive européenne 2000/76/CE dite directive incinération du 4 décembre 2000 a décidé d'exclure de son champ d'application certains déchets d'origine végétale afin qu'il puisse être valorisé dans des chaufferies :

- a) *Déchets végétaux agricoles et forestiers ;*
- b) *Déchets végétaux provenant du secteur de la transformation alimentaire, si la chaleur produite est valorisée ;*
- c) *Déchets végétaux fibreux issus de la production de la pâte vierge et de la production du papier au départ de la pâte, s'ils sont co-incinérés sur le lieu de production et si la chaleur produite est valorisée ;*
- d) *Déchets de bois, à l'exception des déchets de bois qui sont susceptibles de contenir des composés organiques halogénés ou des métaux lourds à la suite d'un traitement avec des conservateurs du bois ou du placement d'un revêtement, y compris en particulier les déchets de bois de ce type provenant de déchets de construction ou de démolition ;*
- e) *Déchets de liège.*

¹ Supérieures à 20 MW.

² Ces produits entrent dans les travaux du TC335.
ADEME

Selon la directive européenne 2001/80/CE du 23 octobre 2001 relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des grandes installations de combustion, on entend par « biomasse » :

« Les produits composés de la totalité ou d'une partie d'une matière végétale agricole ou forestière susceptible d'être utilisée comme combustible en vue de reconstituer son contenu énergétique et les déchets ci-après utilisés comme combustible :

- a) Déchets végétaux agricoles et forestiers ;*
- b) Déchets végétaux provenant du secteur industriel de la transformation alimentaire, si la chaleur produite est valorisée ;*
- c) Déchets végétaux fibreux issus de la production de pâte vierge et de la production de papier à partir de pâte, s'ils sont co-incinérés sur le lieu de production et si la chaleur produite est valorisée ;*
- d) Déchets de liège ;*
- e) Déchets de bois, à l'exception des déchets de bois qui sont susceptibles de contenir des composés organiques halogénés ou des métaux lourds à la suite d'un traitement avec des conservateurs du bois ou du placement d'un revêtement, y compris en particulier les déchets de bois de ce type provenant de déchets de construction ou de démolition. »*

L'article 29 de la loi 2005-781 du 13 juillet 2005 (loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique) définit quant à lui la biomasse par :

« La fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales, de la sylviculture et des industries connexes ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers. »

Cette définition de la biomasse est la plus extensive et permet de prendre en compte la contribution de la biomasse dans la production d'énergie des installations d'incinération.

On retrouve donc des définitions différenciées de la biomasse en fonction de la finalité des textes (incinération, émissions, ...). Les présents référentiels visent ainsi à identifier les produits pouvant être valorisés comme combustibles en s'appuyant sur les **spécifications techniques rédigées et publiées par le CEN TC335** (ces documents techniques doivent être transformés en normes européennes). Ces documents sont disponibles auprès de l'AFNOR :

Association Française de Normalisation
11 avenue Francis de Pressensé
93571 Saint Denis La Plaine Cedex
www.afnor.fr

Les référentiels ont pour but de démontrer la conformité du combustible à la définition de la biomasse pouvant être utilisée dans les unités de combustion ou de gazéification. Cette définition est donnée par la directive européenne 2000/76/CE dite directive incinération du 4 décembre 2000 et reprise dans la directive européenne 2001/80/CE du 23 octobre 2001 relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des grandes installations de combustion.

1.2 Principes généraux retenus

Pour une cohérence en terme de terminologie, on parlera pour les référentiels non pas de biomasse mais de combustibles bois énergie.

Tout ajout par rapport aux propositions du CEN TC335, notamment les références au CEN TC343 (**Annexe 1**), est identifié. Les coûts pour les tests et échantillonnage sont indiqués à titre indicatif et reposent sur des informations 2006/2007. On peut penser qu'ils pourront être moindres avec les économies d'échelle. Quelques laboratoires et organismes sont identifiés en **Annexe 2** - liste non-exhaustive.

Un glossaire est proposé en **Annexe 3** ; les principaux termes sont identifiés par un @ au cours du texte.

Un travail d'identification des produits selon leur origine (activités) a été réalisé (**Annexe 4**). Pour certains produits dont les bois de construction ou de démolition, la probabilité qu'ils contiennent des composés organiques halogénés@ ou des métaux lourds@ est plus grande. Ceci est donc souligné.

A RETENIR :

1. Entrent dans les référentiels :
 - Les produits listés dans les catégories de traitements/d'adjuvants@ adéquates (**Annexe 4**) ;
 - Les mélanges et préparations composés de ces produits.
2. Les tests et éléments d'information à apporter sur les mélanges et préparations sont ceux du produit le plus "critique", ce qui est conforme aux dispositions du CEN TC335.
3. Les référentiels proposent de réaliser des tests *a minima* et n'excluent pas, en particulier pour des mélanges/préparations de produits, que des mesures supplémentaires puissent être faites (en lien avec la réglementation).

1.3 Identification des combustibles bois énergie selon l'origine

Les combustibles bois énergie sont définis selon leur origine. Il faut ainsi distinguer **4 grandes origines, et donc 4 types de combustibles bois énergie**, à savoir :

- 1- Les plaquettes forestières
- 2- Les produits connexes des industries du bois
- 3- Les produits bois en fin de vie
- 4- Les mélanges et les préparations

Les paragraphes qui suivent décrivent ces combustibles.

1.3.1 Les plaquettes forestières

Il s'agit de combustible obtenu par broyage ou déchiquetage de tout ou partie de végétaux ligneux issus de peuplements forestiers et de plantations n'ayant subi aucune transformation (directement après exploitation).

Du fait de leur origine, les plaquettes forestières peuvent contenir des fragments de bois, d'écorce, de feuilles ou d'aiguilles.

Le broyage ou le déchiquetage peut se réaliser en forêt, en bord de parcelle, sur place de dépôt, sur aire de stockage ou directement à l'entrée de la chaufferie et/ou de l'unité de transformation.

A noter : le référentiel plaquettes forestières peut s'appliquer au bois d'origine bocagère et bois d'origine urbaine tels les bois d'élagage urbains, y compris la partie ligneuse des refus de crible issus du compostage de déchets verts.

1.3.2 Les produits connexes des industries du bois

Les produits connexes des industries du bois (ou sous-produits) sont constitués de : écorces, sciures, copeaux, plaquettes et broyats, dosses, délignures, chutes de tronçonnage, chutes de production de merrains, chutes de placage, mises au rond des bois déroulés et noyaux de déroulage, chutes d'usinage de panneaux à base de bois, chutes de fabrication de parquets, menuiseries, éléments de charpentes, etc.

La liste des origines (activités³) et produits se retrouve en **Annexe 4**.

Ces produits peuvent être exempts de tout traitement chimique : écorces, dosses, délignures, chutes de fabrication de merrain, etc. Certains peuvent contenir des adjuvants chimiques[@] qui contiennent ou non des métaux lourds et/ou organo-halogénés[@]. Certains produits peuvent être considérés comme combustibles bois énergie (ex. panneaux de particules, bois aboutés, poutre en lamellé, ...), d'autres (ex. certains bois traités avec des produits de préservation[@]) peuvent entrer dans la catégorie des combustibles de récupération⁴.

Note : Les produits composites[@] sont *a priori* exclus à moins que des solutions de séparation performantes permettent d'isoler la partie combustible bois énergie qu'ils contiennent.

1.3.3 Les produits bois en fin de vie

Il s'agit de bois provenant du broyage de palettes en fin de vie ou d'éléments en bois (mobilier, éléments en bois provenant de la déconstruction, etc.). La liste des origines (activités⁵) et produits est mise en **Annexe 4**.

Certains produits peuvent contenir des adjuvants[@] et traitements. Selon les cas, ces produits entrent dans la catégorie combustibles bois énergie ou dans la catégorie combustibles solides de récupération.

La traçabilité peut particulièrement poser problème pour ces produits.

Note : Les produits composites[@] sont *a priori* exclus à moins que des solutions de séparation performantes permettent d'isoler la partie combustible bois énergie qu'ils contiennent.

1.3.4 Les mélanges et préparations⁶

Sont appelés « mélanges » des produits contenant une proportion inconnue des différents combustibles décrits dans les paragraphes précédents. Lorsque la proportion de chaque combustible est connue, les produits sont alors appelés « préparations » ou « assortiments ».

En application du principe de non dilution[@] de la pollution, ces mélanges et préparations sont assimilables à des combustibles bois énergie si chacun des différents combustibles qui les composent sont assimilables à des combustibles bois énergie.

L'origine du mélange ou de l'assortiment/préparation doit être décrite à l'aide de la liste établie dans les référentiels. Si le mélange ou l'assortiment/préparation est susceptible de contenir des matériaux traités[@] chimiquement, cela doit être mentionné.

1.3.5 Des référentiels ?

Un référentiel a été constitué par grand type de combustibles bois énergie à partir d'éléments généraux identifiés dans le présent chapitre.

Il y a donc un référentiel « plaquettes forestières » (chapitre 2), un référentiel « connexes des industries du bois » (chapitre 3) et un référentiel « produits en fin de vie » (chapitre 4).

La catégorie mélange et préparation se retrouve au sein de ces trois référentiels « produits ».

³ Scierie, tranchage, pâte à papier/papier, panneaux, construction, emballage, ameublement, autres fabrications en bois.

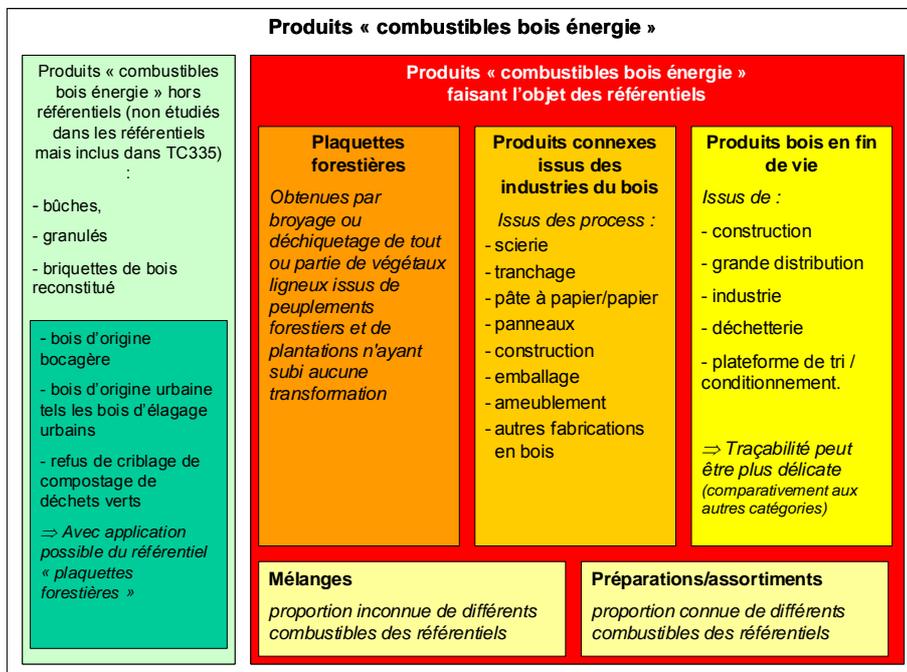
⁴ Objet d'un autre comité technique du CEN, le TC 343 (**Annexe 1**).

⁵ Construction, grande distribution, industries, déchetteries, plateformes de tri / conditionnement.

⁶ Adaptation de TS 14961

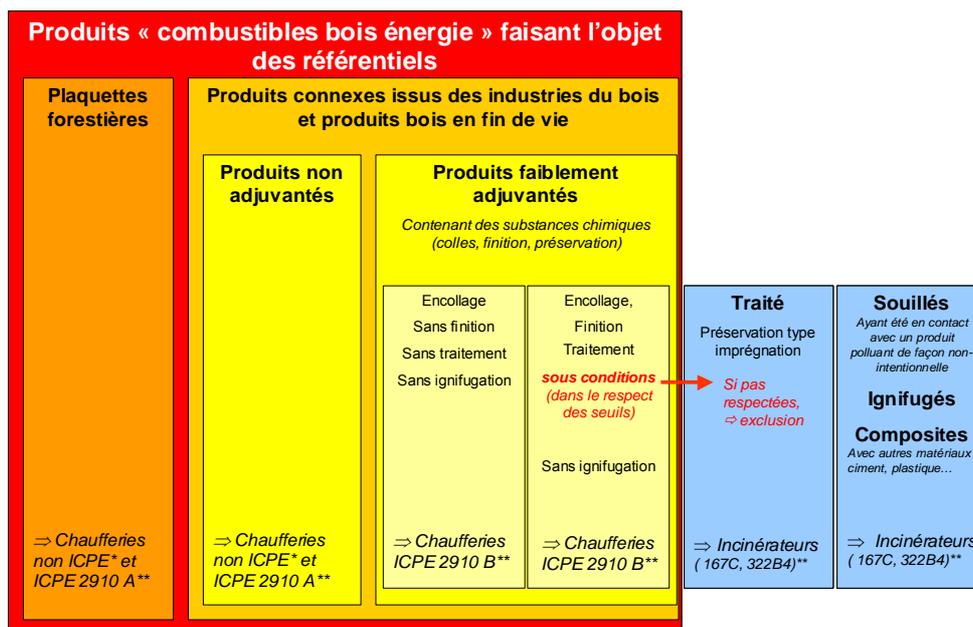
1.3.6 Les types de combustibles bois énergie : application des référentiels

Le schéma ci-dessous permet de présenter de façon synthétique et lisible les différents types de combustibles bois énergie existants. Il permet notamment d'identifier clairement les produits faisant l'objet des référentiels et ceux qui en sont exclus. Toutefois, et comme indiqué sur le schéma, le référentiel « plaquette forestières » peut s'appliquer à certains produits non référencés dans ce document.



1.3.7 Les catégories de combustibles bois énergie : produits traités/adjuvantés⁷, etc.

Le schéma ci-après permet de mettre en évidence les différentes catégories de produits et indique s'ils sont susceptibles ou non de contenir des adjuvants⁷ ou des traitements⁷. Le schéma présente aussi les types d'installations pouvant utiliser chaque catégorie de produit, sous réserve du respect de la réglementation des installations classées (**Annexe 5**).



* = puissance inférieure à 2 MW

** = sous réserve du respect de la réglementation des installations classées

⁷ Cf. glossaire en **Annexe 3**.
ADEME

2. Caractérisation des combustibles bois énergie

2.1 Nature des informations

On distinguera dans les référentiels, trois types d'informations :

- Les résultats d'une mesure ou d'un test réalisé spécifiquement pour la livraison et permettant de donner une valeur précise du paramètre (par exemple détermination de l'humidité avant livraison à l'aide d'un appareil étalonné) ;
- Celles déduites du process de récolte ou du matériel utilisé (par exemple évaluation de la granulométrie d'un lot en fonction du type de matériel utilisé et correctement entretenu) ;
- Celles liées à l'origine du produit (exemple taux de chlore des plaquettes forestières).

D'une façon générale, les informations fournies s'expriment le plus souvent en classes et non en valeur exacte.

2.2 Caractéristiques des combustibles bois énergie

Les présents référentiels permettent d'informer l'utilisateur sur les principales propriétés des combustibles bois énergie. En accord avec la classification des biocombustibles solides CEN/TS 14961, il faut distinguer :

- Des paramètres dits « normatifs » :
 - ⇒ Granulométrie ;
 - ⇒ Humidité ;
 - ⇒ Taux de cendres ;
 - ⇒ Taux d'azote (pour certains produits) ;
- Des paramètres dits « informatifs » :
 - ⇒ Quantité d'énergie disponible par unité de masse ;
 - ⇒ Taux de chlore (pour certains produits) ;
 - ⇒ Autres : à préciser par produits⁸ (cf. listes des produits en **Annexe 4** et section **2.2.7**).

La provenance (zone géographique de production du produit), n'est pas un critère de classement (CEN/TS 15234⁹ recommande de préciser le pays d'origine du combustible sur la fiche de déclaration du combustible). Toutefois, cette information peut être exigée contractuellement (région, département, zonage spécifique type ICHN¹⁰, ...), tout comme la certification « gestion durable » (cf. **Annexe 6**).

La détermination de caractéristiques des combustibles nécessite de réaliser des mesures sur un **échantillon représentatif** des produits livrés. L'**Annexe 7** « Exemple de fiche de prélèvement » présente à titre indicatif un exemple de fiche qui peut être remplie lors des prélèvements. L'**Annexe 8** « Constitution des échantillons selon CEN/TS 14778, 14779, 14780 » présente une méthode permettant de déterminer la taille et la composition des prélèvements.

La taille de l'échantillon à tester tient compte de deux paramètres :

- La représentativité de l'échantillon ;
- Les capacités des appareils de mesures existants sur le marché.

⁸ Cette catégorie entre dans la logique du CEN TC335 sur la composition chimique des produits, car certaines propriétés comme les « éléments majeurs et mineurs [...] peuvent apporter des compléments d'information utiles » (CEN/TS 14234).

⁹ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).

¹⁰ Indemnités Compensatoires de Handicaps Naturels, pour plus d'information : <http://agriculture.gouv.fr>

Les prélèvements peuvent être réduits après malaxage (éventuellement précédé d'un broyage) afin de s'ajuster à la taille des appareils de mesure. Les spécifiques techniques de mesures précisent généralement la taille de l'échantillon à tester après réduction.

Pour la mesure du taux de cendres, du taux de chlore et la mesure directe du PCI, les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à quelques grammes. L'affinage est généralement réalisé par le laboratoire.

2.2.1 Granulométrie

2.2.1.1 Importance de la granulométrie

Le choix de la granulométrie s'établit selon le type d'installation de combustion : type de foyer et système d'aménagement du combustible du silo au foyer.

Elle dépend de quatre paramètres principaux : la nature, l'état et le réglage des couteaux, l'outil utilisé (type de broyeur ou de coupeuse), la dimension des éléments broyés (houppiers, perches, rémanents, etc.) et la vitesse d'introduction des bois dans la machine.

2.2.1.2 Mesure de la granulométrie

La classe de granulométrie est déterminée par tri des éléments dans différents tamis animés d'un mouvement rotatif. Il faut disposer au minimum de 4 tamis pour déterminer la classe de granulométrie :

- Le tamis correspondant à la partie « grossière » ;
- Le tamis correspondant à la classe de granulométrie ;
- Le tamis à maille de 3,15 mm ;
- Le tamis correspondant de 1 mm.

On trouvera en **Annexe 9** un exemple de procédure de détermination de la granulométrie conforme aux exigences de CEN/TS 15149.

2.2.1.3 Classes de granulométrie

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de granulométries (P pour *particle size*) suivantes :

| | Fraction principale > 80 % du poids | Fines < 5 % | Fraction dont la granulométrie est supérieure à ... (la valeur ci-dessous) doit être < 1 % |
|------|--|-------------|--|
| pg11 | P < 8 mm | < 1 mm | < 45 mm |
| P16 | 3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm | < 1 mm | > 45 mm, l'ensemble < 85 mm |
| P45 | 3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm | < 1 mm | > 63 mm |
| P63 | 3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm | < 1 mm | > 100 mm |
| P100 | 3,15 mm ≤ P ≤ 100 mm | < 1 mm | > 200 mm |
| P300 | 3,15 mm ≤ P ≤ 300 mm | < 1 mm | > 400 mm |

CEN/TS 14961 précise que 80 % (en masse) du combustible doit passer entre les mailles d'un tamis correspondant à la classe de granulométrie et être retenue dans le tamis correspondant à une granulométrie de 3,15 mm.

En aucun cas, la masse de « fines » ne doit dépasser 5 % (les fines sont des éléments passant au travers du tamis de 1 mm). Le respect de ce paramètre est indispensable pour limiter l'envol de poussières dans les fumées. Le filtrage des poussières nécessite des investissements importants et peut générer des coûts d'élimination élevés. Il est admis que 1 % des éléments (en masse) peuvent avoir une granulométrie dépassant nettement la valeur nominale de la classe, ces éléments constituant alors la « fraction grossière ». En pratique, cela signifie que dans une tonne de bois combustible on peut trouver jusqu'à 50 kg de fines et 10 kg de fractions grossières.

¹¹ Catégorie ajoutée par rapport au CEN pour, par exemple, les besoins de certaines installations (dont gazéification) ayant des demandes spécifiques.
ADEME

2.2.2 Taux d'humidité

2.2.2.1 Importance de l'humidité

L'humidité contenue dans le bois est déterminante pour le bon fonctionnement de la chaudière. Une humidité mal adaptée est susceptible de réduire son rendement thermique et également de provoquer des rejets dans l'atmosphère pouvant dégrader la qualité de l'air. Une humidité trop faible peut entraîner des surchauffes dans le foyer et l'endommager. Par ailleurs le pouvoir calorifique dépend principalement du taux d'humidité du bois.

2.2.2.2 Mesure de l'humidité

La précision de la détermination de l'humidité dépend de deux paramètres :

- La taille de l'échantillon ;
- L'appareil de mesure : étuve, « PCI-mètre », four à micro-ondes, etc., ...¹²

Selon CEN/TS 14774, le minimum à tester est de 300 g ; cependant il est recommandé de tester une masse supérieure à 500 g, voire 1 à 2 kg lorsque la granulométrie est supérieure à 100 mm. CEN/TS 14774 propose une méthode de référence et une méthode simplifiée :

- La méthode de référence et la méthode simplifiée sont des méthodes par déshydratation en étuve à une température comprise entre 103 et 107°C. Elles nécessitent de posséder une balance de précision (0,1 g), pour peser le combustible, avant et après élimination de l'eau. La durée de la déshydratation est d'environ 24 heures.
- La méthode de référence exige que l'échantillon soit disposé dans des coupelles de façon à exercer une pression d'environ 1 g/cm². Cette disposition permet une meilleure ventilation des éléments et une dessiccation homogène

On trouvera en **Annexe 10** un exemple de procédure pour appliquer la méthode simplifiée.

Lorsque le combustible est homogène (granulométrie et humidité), il n'y a pratiquement pas de différence entre la méthode de référence et la méthode simplifiée proposée dans le CEN TC335. CEN/TS 14774 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures. Le choix de la méthode pour mesurer l'humidité dépendra d'abord de l'incertitude maximale, par rapport à la méthode de référence normalisée (CEN/TS 14774-1) et de l'intérêt de disposer d'un résultat immédiat.

¹² Cf. « Mesure des caractéristiques des combustibles bois : évaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible », CRITT bois, FIBOIS, CTBA, Juin 2001.

| Méthodes | Avantage | Inconvénient | Temps passé par l'opérateur |
|---|---------------------|---|-----------------------------|
| Méthode de référence (CEN/TS 14774-1) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures | 30 à 40 minutes |
| Méthode simplifiée (CEN/TS 14774-2) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures Incertitude de 1 à 2 points par rapport à la méthode de référence | 20 à 30 minutes |
| <i>Méthodes et quelques outils possibles de façon opérationnelle¹³</i> | | | |
| Méthode par micro-ondes | Résultat immédiat | Incertitude pouvant atteindre 10 à 15 points par rapport à la méthode de référence Risque d'auto - inflammation | 30 à 40 minutes |
| « PCI-mètre » pour taux d'humidité | Résultat Immédiat | Incertitude de 2 à 3 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. | 30 à 40 minutes |
| FMV 3000 | Immédiat | Nécessite des étalonnages précis. Risque d'incertitude élevé pouvant atteindre 10 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. Limite surtout pour les produits « humides » | 5 à 10 minutes |

Les laboratoires facturent généralement les mesures d'humidité entre 30 et 70 € par mesure (à titre indicatif).

2.2.2.3 Classes d'humidité

Le CEN/TS 14961 a retenu différentes classes d'humidité (M pour *moisture*), complétées dans la rédaction des référentiels par les besoins des utilisateurs/opérateurs (avec un *) :

| Humidité (% à la livraison) ¹⁴ | |
|--|----------------------|
| M10* | ≤ 10 % ¹⁵ |
| M20 | ≤ 20 % |
| M25* | ≤ 25 % |
| M30 | ≤ 30 % |
| M35* | ≤ 35 % |
| M40 | ≤ 40 % |
| M45* | ≤ 45 % |
| M50* | ≤ 50 % |
| M55 | ≤ 55 % |
| M65 | ≤ 65 % |

Les classes sont données en pourcentage d'humidité sur brut (masse d'eau /masse totale).

Les classes d'humidité ont des amplitudes de 10 à 15 points dans le CEN TC335 et sont plus précises dans les référentiels. Les valeurs ont été choisies de telle sorte que les concepteurs de chaufferies, chaudières et dispositifs de stockage puissent disposer de l'information nécessaire pour concevoir les appareils, préciser le cahier des charges des combustibles à respecter et rédiger le carnet d'entretien des matériels.

¹³ Cf. **Annexe 11**, **Annexe 12** et **Annexe 13**.

¹⁴ Les classes avec un * sont celles qui ont été ajoutées par rapport au CEN TC335.

¹⁵ Pour emploi intérieur, dont parquet...

2.2.3 Quantité de chaleur fournie (PCI)

2.2.3.1 Importance du PCI

Le pouvoir calorifique correspond à la quantité d'énergie (par unité de masse ou de volume) dégagée par un corps lors de sa combustion complète (CEN/TS 14588). Il faut distinguer :

- Le **pouvoir calorifique supérieur (PCS)** : valeur absolue de l'énergie spécifique de combustion (exprimée en Joules par unité de masse) d'un combustible solide brûlé en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique dans des conditions spécifiques (CEN/TS 14588). La mesure est relevée avant que la vapeur d'eau ne se condense.
- Le **pouvoir calorifique inférieur (PCI)** : valeur mesurée lorsque toute l'eau des produits de la réaction est à l'état de vapeur (0,1 Mpa). Cette valeur sert souvent de base pour les transactions commerciales des combustibles bois.

Le PCI correspond à la quantité de chaleur maximale qui pourra être dégagée dans une chaudière classique. La détermination du PCI nécessite la mesure du PCS, c'est pourquoi cette notion est souvent utilisée. On peut également penser que les parcs de chaudières compteront de plus en plus d'appareils à condensation permettant d'utiliser la totalité de l'énergie contenue dans le PCS.

Bien que les travaux européens conseillent l'emploi du Joule et de ses multiples, l'usage est le plus souvent d'exprimer les résultats en kilowatt-heure (kWh) ou mégawatt-heure (MWh).

La mesure du PCI peut se faire par mesure du PCS dans une bombe calorimétrique, puis détermination dans un condenseur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à la capacité de l'appareil (généralement 1 à 2 g, parfois 5 g)

Selon CEN/TS 14918 la précision des mesures est satisfaisante si les essais de répétabilité donnent des résultats qui diffèrent de moins de 120 J/g et ceux de reproductibilité des écarts inférieurs à 300J/g.

Les déterminations du PCI par essai en bombe calorimétrique sont facturées à titre indicatif entre 250 et 450 € par essai (broyage du combustible compris). Il est conseillé de réaliser au moins trois essais pour appliquer les tests de répétabilité.

Un exemple de procédure de mesure du PCI en application de CEN/TS 14918 figure en **Annexe 14**.

On constate que PCS et PCI à l'état anhydre varient peu suivant les différentes essences de bois. Pour les feuillus le pouvoir calorifique inférieur anhydre se situe 18 et 19 MJ/kg (4 800 à 5 300 kWh/tonne) ; pour les conifères, il est légèrement plus élevé compte tenu de la présence de résine.

2.2.3.2 Mesure du PCI

Le PCI **dépend principalement de l'humidité du combustible**, c'est pourquoi le PCI est souvent évalué à partir de l'humidité du bois (H) par la formule :

$$Q = Q_0 \times \frac{100 - H}{100} - 0,02443 \times H \quad \text{pour un PCI en MJ/kg.}$$

Si le résultat doit être donné en kWh/kg il faut diviser par 3,6 la valeur exprimée en MJ/kg.

Q_0 correspond au PCI du bois à l'état anhydre.

Exemple numérique :

$Q_0 = 17,3 \text{ MJ/kg}$ (4 800 kWh/t)

$H = 30 \%$

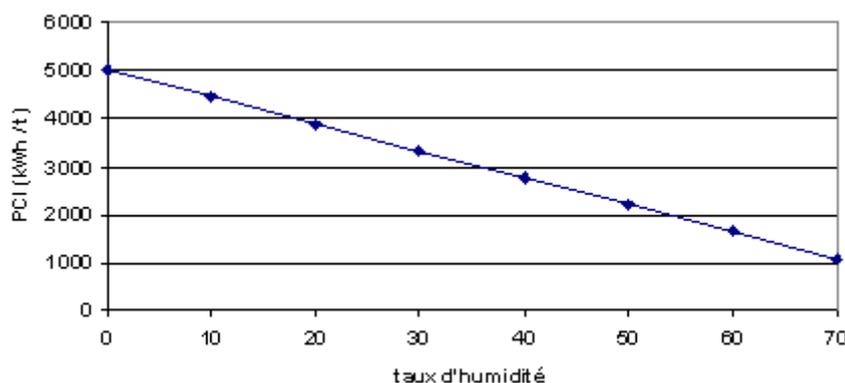
Le PCI est 11,4 MJ/kg, soit 3 160 kWh/t

On trouvera en **Annexe 15** un exemple de procédure de calcul du PCI à partir de l'humidité moyenne du lot.

La précision de la détermination du PCI dépend bien évidemment de la précision avec laquelle a été déterminée la valeur du PCI anhydre et celle de l'humidité.

Le site DGEMP-ADEME propose, dans un objectif statistique, de calculer, à l'aide d'une formule simplifiée le PCI d'un lot de bois à partir de l'humidité.

Evolution du PCI du combustible en fonction de son humidité (sur brut)



Formule (en kWh / t) : $\text{PCI} (E \%) = (\text{PCI} (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6 \times E$ avec E = l'humidité (sur masse brute) du bois en pourcentage

La formule exacte est : $\text{PCI} (E \%) = (\text{PCI} (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6.7861 \times E$

La courbe est représentée pour un PCI anhydre de 5 000 kWh / t. Selon CEN/TS 14961, le PCI anhydre varie généralement entre 5 000 et 5 300 kWh/t (18 à 19 MJ/kg).

Un exemple d'abaque de calcul du PCI en fonction de l'humidité uniquement et des données par essence sont mis en **Annexe 16** (il s'agit uniquement de données pour les plaquettes forestières¹⁶).

Le tableau ci-après résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du PCI anhydre et de l'humidité du lot :

¹⁶ Pour les plaquettes forestières, il est possible d'avoir recours à un outil disponible en ligne (feuille Excel) avec des conversions par essence sur : <http://www.itebe.org/portail/affiche.asp?arbo=1&num=455>.
ADEME

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertitude par point d'humidité | Incertitude en % sur le PCI anhydre | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| 15 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 |

Ce tableau montre que :

- Si l'on utilise la classe d'humidité (et non la valeur exacte) de la classe de PCI, l'incertitude est d'environ 20 % pour les bois appartenant aux classes M55 et M65, elle est d'environ 15 % pour les classes M20, M30 et M40 ;
- Si l'on recherche une précision de 10 % il faut connaître l'humidité avec une incertitude inférieure ou égale à 5 %. Le PCI-mètre et, dans certains cas, le FMV 3000 peuvent être utilisés pour ces mesures ;
- Si l'on recherche une précision de 5 %, il faut connaître l'humidité avec une précision de 2 %, la méthode simplifiée CEN/TS 14474-2 peut être appliquée ;
- Si l'on recherche une précision inférieure à 5 %, seule la méthode de référence CEN/TS 14474-1 peut être appliquée.

Un résultat plus précis pourrait être obtenu en faisant intervenir le taux de cendres. Il permet en fait d'avoir une meilleure précision sur le PCI anhydre, en déterminant le PCI, hors cendres. L'application de la formule nécessite de connaître le taux de cendres du combustible. La littérature donne quelques valeurs moyennes de taux de cendres non exogène (cf. 2.2.4) des principaux combustibles bois. Les cendres exogènes pouvant être en quantité très variable, l'utilisation de cette formule n'a de réel intérêt que si des mesures fréquentes sont réalisées pour déterminer le taux de cendres.

$$Q = Q_{o,net,daf} \times \frac{100 - (H + A_{h\%})}{100} - 0,02443 \times H$$

où

Q est le PCI en MJ/kg ;

$Q_{o,net,daf}$ est le PCI à l'état anhydre et pour un combustible, taux de cendres exclus.

H est l'humidité du lot ;

$A_{h\%}$ est le taux de cendres du lot, exprimée en pourcentage de la masse totale (eau comprise).

Exemple numérique :

$$Q_{o,net,daf} = 17,5 \text{ MJ/kg (4 860 kWh/kg)}$$

$$H = 30 \%$$

$$A_{h\%} = 3 \%$$

Le PCI est 12 MJ/kg, soit 3,3 45 kWh/t

Le tableau ci-dessous résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du taux de cendres et de l'humidité du combustible.

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertitude par point d'humidité | Incertitude sur le taux de cendres | | | | | 10 |
|----------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| 15 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 23 |

2.2.4 Taux de cendres

2.2.4.1 Importance du taux de cendres

Les cendres sont un sous produit de la combustion qu'il faut stocker puis valoriser ou éliminer. Par ailleurs, Il existe deux types de cendres :

- Les cendres non exogènes produites par les matières minérales constitutives du bois ;
- Les cendres exogènes produites par des impuretés acheminées avec le bois (terres, cailloux, graviers chutes de métal, etc.).

La détermination du taux de cendres est nécessaire lorsque l'on souhaite calculer de façon très précise le PCI du combustible.

L'usage a souvent consacré le terme taux de cendres pour les cendres non exogènes et taux d'impureté pour les cendres exogènes.

2.2.4.2 Mesure du taux de cendres

Le taux de cendres se mesure dans un incinérateur, généralement sur des échantillons de 1 à 2 g, parfois 5 g. Le combustible est réduit en particules de moins de 1 mm de granulométrie (idéalement 0,25 mm). Le taux de cendres mesuré correspond le plus souvent au taux de cendres non exogènes.

CEN/TS 14775 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures, toutefois l'annexe informative suggère d'utiliser le test de répétabilité et reproductibilité de ISO 1171 (Solid Mineral Fuels) :

Test suggéré pour accepter le résultat de la détermination du taux de cendres

| Taux de cendres | Valeur maximale acceptable entre les résultats | |
|--------------------------|--|--|
| | Répétabilité (Même laboratoire) | Reproductibilité (Entre plusieurs laboratoires) |
| Inférieur à 10 % | 0,2 % sur l'écart maximal | 0,3 % sur l'écart maximal |
| Supérieur ou égal à 10 % | 2 % par rapport à la moyenne | 2 % par rapport à la moyenne |

On trouvera en **Annexe 17** un exemple de procédure de détermination du taux de cendres en incinérateur.

2.2.4.3 Classes de taux de cendres

CEN/TS 14961 recommande d'exprimer le taux de cendres en classes allant de A0,7 à A10+ correspondant au pourcentage (en masse) du poids de cendres sur le poids de combustible sec.

La mesure du taux de cendres est généralement facturée entre 100 et 200 € par essai (à titre indicatif). Il est recommandé de réaliser au moins trois mesures pour appliquer le test de répétabilité.

Il est possible de connaître le taux de cendres habituellement constaté à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 (voir **Annexe 18**) :

- Ecorces : 5 %
- Rémanents forestiers : 2 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,3 %.

Pour le broyat de palette, des essais de combustion réalisés par le CTBA pour l'ADEME indiquent des valeurs de 0,6 à 1 % et 0,75 % en moyenne¹⁷.

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de cendres (A pour *ash*) suivantes

| Cendres (% en masse sur produit sec) | |
|---|----------|
| A0.7 | ≤ 0,7 % |
| A1.5 | ≤ 1,5 % |
| A3.0 | ≤ 3,0 % |
| A6.0 | ≤ 6,0 % |
| A10.0 | ≤ 10,0% |
| A10.0+ | > 10,0 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Note : une classe spécifique est proposée dans CEN/TS 14961 pour l'écorce : A12 ≤ 12,0%.

2.2.5 Taux de chlore

2.2.5.1 Importance du taux de chlore

A l'état naturel le bois comporte des chaînes moléculaires organo-chlorées. Un certain nombre de produits de préservation du bois ont pour substances actives des composés organo-chlorés qui viennent se fixer sur le bois.

La présence de chlore dans un combustible peut avoir comme conséquence la production d'acide chlorhydrique pouvant endommager certains constituants de la chaudière. C'est pourquoi certains cahiers des charges, en particulier lorsque l'approvisionnement se fait avec des bois susceptibles d'avoir subi un traitement chimique, prévoient un taux maximal admis.

Bien que nécessaire à la production de dioxine, la quantité de chlore ne suffit pas à en estimer le risque. En effet le taux de chlore n'est pas corrélé aux taux d'organo-chlorés et aux taux d'organo-halogénés. Néanmoins, un taux de chlore supérieur aux teneurs naturelles démontre l'existence d'un traitement. Il restera à définir l'importance de ce traitement en analysant les organo-halogénés totaux (cf. **2.2.7**).

2.2.5.2 Mesure du taux de chlore

Le taux de chlore se fait après oxydation du combustible en incinérateur, puis recherche du chlore par analyse par chromatographie. CEN/TS 15289 attire l'attention sur le respect des règles nationales de sécurité à observer et sur la nécessité de faire appel à du personnel qualifié. En pratique, ces mesures sont à faire par des laboratoires spécialisés. Elles sont généralement facturées entre 225 et 400 € (à titre indicatif). CEN/TS 15289 ne donne pas d'indications chiffrées pour évaluer la précision des mesures, il recommande aux laboratoires de mettre en place des procédures d'assurance qualité et de bonnes pratiques de laboratoire.

Lorsque la connaissance de l'origine du bois permet d'assurer que le bois n'a fait l'objet d'aucun traitement chimique, le taux de chlore peut être évalué à partir des données contenues dans les annexes de CEN/TS 14961.

¹⁷ CTBA (1999), « Etude comparative de combustion de broyats de palettes et d'écorces sur chaufferie collective », étude pour l'ADEME. ADEME page 22/124

2.2.5.3 Classes de taux de chlore

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de chlore suivantes

| Chlore (% en masse sur produit sec) | |
|--------------------------------------|----------|
| Cl0.03 | ≤ 0,03 % |
| Cl0.07 | ≤ 0,07 % |
| Cl0.01 | ≤ 0,10 % |
| Cl0.01+ | > 0,10 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Il est possible de connaître le taux de chlore habituellement constaté pour les seuls produits suivants à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 :

- Ecorces : 0,02 %
- Rémanents forestiers : 0,01 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,01 %.

Ainsi, selon le CEN/TS 14961 le bois non-traité chimiquement appartient normalement à la classe 0,03, ce qui revient à dire qu'il contient moins de 0,03 % de chlore par rapport à la masse totale.

2.2.6 Taux d'azote

La détermination du taux d'azote est demandée par le CEN TC335 pour les bois ayant subi un traitement chimique (colle, vernis, etc.). Plus le taux d'azote est élevé, plus le combustible contient une proportion importante d'adjuvant[®]. Par ailleurs le taux d'azote est une caractéristique facile à mesurer. A titre indicatif, le coût d'une mesure faite en laboratoires spécialisés est de 350 €¹⁸.

La mesure du taux d'azote ne dispense pas le producteur de combustible de démontrer, grâce à une chaîne de traçabilité, que le bois n'a pas été enduit avec des composés organiques halogénés ou des métaux lourds[®] (pour plus de précision, cf. 2.2.7).

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux d'azote (N pour *nitrogen*) suivantes :

| Azote (% en masse sur produit sec) | |
|------------------------------------|---------|
| N0.5 | ≤ 0,5 % |
| N1.0 | ≤ 1,0 % |
| N3.0 | ≤ 3,0 % |
| N3.0+ | > 3,0 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Il est possible de connaître le taux d'azote habituellement constaté pour les produits suivants à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 :

- Ecorces : 0,5 %
- Rémanents forestiers : 0,5 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,1 %.

¹⁸ La détermination se fait conformément à CEN/TS 15104 (détermination du carbone, hydrogène et azote). La mesure consiste à incinérer un échantillon de combustible réduit à l'état de particules de moins de 1 mm de granulométrie. L'échantillon est réalisé selon CEN/TS 14780 et l'humidité déterminée suivant CEN/TS 14774. L'azote se trouve sous forme de gaz et d'oxydes d'azote. La fraction d'azote est évaluée quantitativement par dosage des gaz. CEN/TS 15104 propose les tests de répétabilité (dans un même laboratoire) et répétitivité (entre plusieurs laboratoires).

2.2.7 Autres paramètres

2.2.7.1 Soufre

Si l'objectif est d'identifier des produits pouvant potentiellement avoir un effet corrosif sur les installations, des recherches sur le **soufre**¹⁹ (et le chlore) peuvent être entreprises. En effet, lors de la combustion, les oxydes de soufre peuvent entraîner une corrosion du système et participer à réduire son efficacité et donc impacter la qualité des émissions atmosphériques. Le soufre est donc recherché pour ces raisons.

2.2.7.2 Autres éléments (niveaux de concentration)

Plusieurs principes généraux peuvent être repris :

- Si finition (produit de surface, revêtement), alors intérêt d'étudier les métaux lourds totaux.
- Si traitement de durabilité (dont pesticides/fongicides), alors intérêt d'étudier les métaux lourds totaux (300 euros à titre indicatif), les organo-halogénés (1 300 € à titre indicatif), éventuellement le bore (traitement temporaire).
- Si traitement pour ignifugation, alors intérêt d'étudier le bore ou le phosphore (250-300 euros l'analyse du prélèvement à titre indicatif²⁰).

Afin de donner des ordres de grandeur, on peut estimer, sur la base de l'étude CTBA réalisée pour l'ADEME en 2003²¹, que les **critères d'inclusion** des produits aux référentiels sont les suivants :

- **Organo-halogénés totaux**[@] : max 10 ppm (valeur matière sèche totale)²²
- Métaux lourds (dont notamment **cuivre, chrome, arsenic**) : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)
- **Bore** : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)

Cette approche rejoint celle que l'on retrouve dans la circulaire du 12 mai 2005²³ relative aux installations de combustion de bois - Cas particulier des panneaux de particules - Inspection des installations classées : « un classement sous la rubrique 2910 B est possible [...] dans le cas de déchets de bois adjuvants (déchets contenant des restes de colle, produits de finition et de préservation), et plus particulièrement de résidus de panneaux de particules [...] sous réserve que l'exploitant démontre par analyse l'absence de métaux et de substances halogénées dans les adjuvants utilisés et susceptibles d'être retrouvés dans les résidus [...] ».

Le CEN/TS 15297 donne des indications sur les méthodes de détermination des éléments mineurs : arsenic*, cadmium*, cobalt, chrome*, cuivre*, mercure*, manganèse, molybdène, nickel*, plomb*, antimoine*, vanadium et zinc. Ces méthodes peuvent être utilisées pour le dosage du sélénium*, de l'étain* et du thallium* (* correspondent aux métaux lourds identifiés dans la réglementation déchet, annexe II).

¹⁹ Le CEN TC335 mentionne également le soufre pour les briquettes et granulés, produits qui ne sont pas étudiés dans les présents référentiels.

²⁰ Il faut également noter que pour toute analyse, le coût d'un prélèvement de l'ordre de 600 à 800 €.

²¹ Ce travail visait à vérifier dans les produits bois, les éléments réglementés qui sont susceptibles d'être présents à des concentrations significatives, c'est à dire à des concentrations supérieures aux **niveaux naturellement existant** dans la biomasse.

identifier concentrations significatives, c'est à dire à des concentrations supérieures aux niveaux naturellement existant dans la biomasse

²² Organo-halogénés totaux : (PCP - pentachlorophénol, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide.

²³ BOMEDD n° 05/20 du 30 octobre 2005, NOR : DEV0540259C (<http://www.ecologie.gouv.fr/Bulletin-officiel-No-20-du-30,4875.html>)
ADEME

2.2.8 Provenance du combustible bois énergie

La provenance (origine géographique) du combustible peut permettre d'apporter des informations complémentaires quant aux caractéristiques de certains produits. CEN/TS 15234²⁴ recommande de préciser le pays d'origine du combustible. Une telle indication est surtout intéressante pour évaluer la nature des adjuvants (produit de traitement de préservation), lorsque le combustible a pour origine les connexes de la transformation du bois et *a fortiori* les produits en fin de vie. CEN/TS 15234 précise toutefois, qu'une localisation plus précise peut être prévue contractuellement.

2.2.9 Pour résumer

| | | Plaquettes forestières | Produits connexes des industries du bois | Produits en fin de vie |
|-------------------|--|----------------------------------|---|---|
| NORMATIF | Granulométrie (plaquette et broyat; écorce si déchetée ou non) | * | * | * |
| | Humidité | * | * | * |
| | Taux de cendres | * | * | * |
| | Azote | | <i>si encollage</i> | <i>si encollage</i> |
| INFORMATIF | Quantité d'énergie disponible par unité de masse | * | * | * |
| | Masse volumique apparente | <i>si transaction par volume</i> | <i>si transaction par volume</i> | <i>si transaction par volume</i> |
| | Chlore | (*) | <i>selon le produit</i> | <i>selon le produit</i> |
| <i>Informatif</i> | <i>Métaux lourds, organo-halogénés</i> | | <i>si ajouts de produits de finition ou de préservation</i> | <i>si ajouts de produits de finition ou de préservation</i> |
| | <i>Autres critères</i> | | <i>selon le produit (ex. traitement anti-bleu : bore)</i> | <i>selon le produit (ex. traitement anti-bleu : bore)</i> |

Note : Pour toutes les rubriques, des classes sont proposées à partir du CEN TC335. Pour les métaux lourds, organo-halogénés et autres critères des seuils limites sont indiqués.

Le CEN TC335 identifie deux classes, non-traitée et traitée[@], qui ne permettent pas de bien identifier les différentes opérations/ajouts pratiqués dans les process. Le tableau ci-dessous illustre les catégories proposées dans les référentiels (cf. 1.3.7) et qui ont été utilisées pour établir les listes des produits (**Annexe 4**).

| Combustibles bois énergie | | | | |
|--|--|---|--|--|
| CEN TC335 | Non-traité | Traité [@] | | Hors CEN TC335 |
| Référentiels combustibles bois énergie | Non-adjuvanté [@] | Faiblement adjuvanté [@] | | Hors référentiels combustibles bois énergie |
| Définition | Sans aucun ajout chimique | Encollage sans autre ajout chimique | Encollage avec faibles ajouts de produits de finition ou de préservation | Mélanges avec d'autres matériaux, produits souillés, ignifugés et/ou avec produits chimiques à forte teneur |
| Exemples significatifs | Bois massif, plaquettes forestières | Panneaux de process bruts, poutre lamellée-collée | Panneaux mélaminés ²⁵ , palettes traitées anti-bleu ²⁶ | Bois traité par imprégnation ou ignifugé |
| Traçabilité/composition | Traçabilité de tous les produits y compris mélange | Traçabilité sur le type de colle et la quantité | Traçabilité sur le type et la concentration de la colle/finition/préservation | Absence de traçabilité complète ou partielle |
| Paramètres | Teneur naturelle en azote, chlore | Teneur en azote ($\leq 15\%$), teneur naturelle en chlore | Teneur en azote $\leq 15\%$ Métaux lourds (ML) : ≤ 1000 ppm Organo-halogénés (OH) : ≤ 10 ppm Bore : ≤ 1000 ppm | Teneur en azote $> 15\%$ Métaux lourds (ML) : > 1000 ppm Organo-halogénés (OH) : > 10 ppm Bore : > 1000 ppm |

A partir de cette **grille de critères 'qualité'** fondée sur la composition chimique du combustible bois énergie, il convient d'analyser les **risques** de dépassement par gisement, les besoins de **tri** correspondants, ainsi que les **contrôles** nécessaires pour garantir la qualité du combustible.

3. Garantie de respect des référentiels combustibles bois énergie

Afin de garantir l'origine des combustibles bois énergie, les opérateurs peuvent décider de mettre en place un système de traçabilité des produits. Ceci permettrait d'assurer un suivi des combustibles depuis leur site de production (forêt, usine de transformation du bois, centre de tri...) jusqu'à la chaufferie ou l'usine qui doit être approvisionnée avec l'objectif de connaître l'historique d'ajout d'adjuvants[@].

3.1 Principes de la chaîne de contrôle des combustibles bois énergie

Deux cas doivent être distingués :

- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un seul et même produit ;
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un mix de différents produits.

3.1.1 Livraison d'un combustible unique

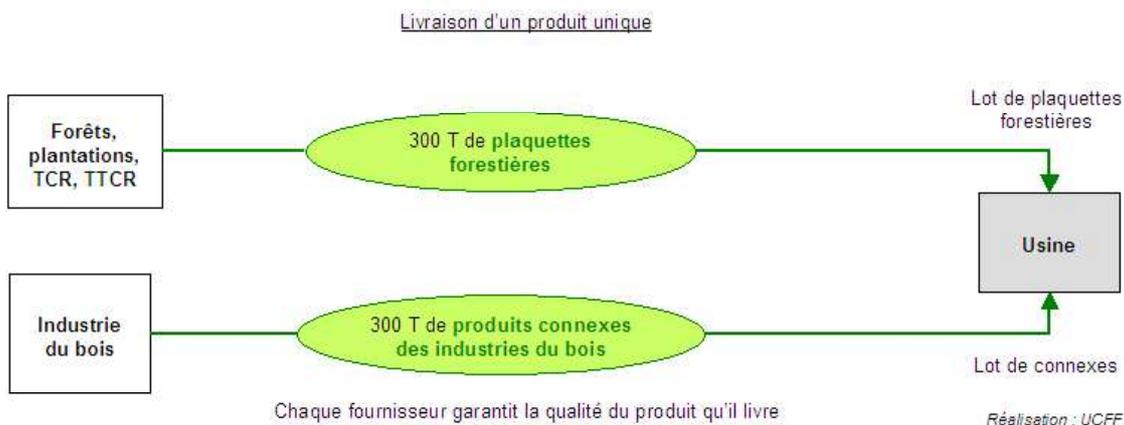
Dans ce cas là, il est facile d'avoir une traçabilité précise du produit qui est livré à la chaufferie. En effet, l'unique fournisseur du combustible doit garantir la qualité des produits qu'il livre.

Il semble donc aisé de mettre en place une chaîne de contrôle basée sur le **principe de la séparation physique des lots de produits**, supportée par chaque fournisseur. Les fournisseurs doivent garantir la qualité des produits qu'ils livrent et doivent s'assurer d'être capables de prouver qu'ils respectent leurs engagements.

²⁵ Pour des informations, cf. http://www.le-bois.com/fiche_materiau/2005/materiauthèque-filière-bois-panneaux-de-parement-interieur-bois-application-bois-construction-assemblage-bois-et-derivés.doc

²⁶ Moins de 25 % des sciages utilisés pour les palettes.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTTCR = taillis à très courte rotation

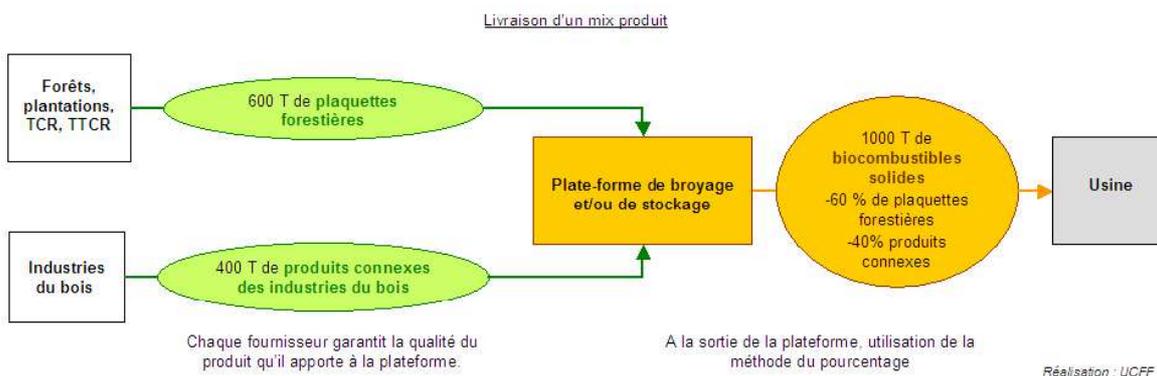
3.1.2 Livraison d'un mix produit

Il s'agit des cas où le produit qui est livré à la chaufferie est un mélange de différents combustibles, qu'il soit livré par un seul ou plusieurs fournisseurs. Cette situation se rencontre lorsque **les produits transitent par une plateforme** de broyage et/ou de stockage pour être mélangés par la suite.

Dans ce cas là, la règle de la séparation physique des produits ne peut plus s'appliquer, c'est la **méthode du pourcentage** qu'il faut suivre. Le mix produit livré à la chaufferie contiendra une proportion de chaque combustible égale à : quantité du combustible / quantité totale livrée.

Chaque produit composant le mix doit être assimilable à du combustible bois énergie faisant partie de la liste de produits identifiés dans les référentiels.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTTCR = taillis à très courte rotation

3.2 Informations à recenser

Plusieurs renseignements seront à noter au cours de cette traçabilité :

- **L'origine du produit** (produits issus de forêts et / ou de plantations et / ou de haies, produits issus des industries du bois, produits bois en fin de vie, assortiments/préparations et / ou mélanges de produits) ;
- La **provenance du produit** en fonction de différents zonages géographiques : pays²⁷, région, département, zonages spécifiques de type ICHN (dans le cas des plaquettes forestières).

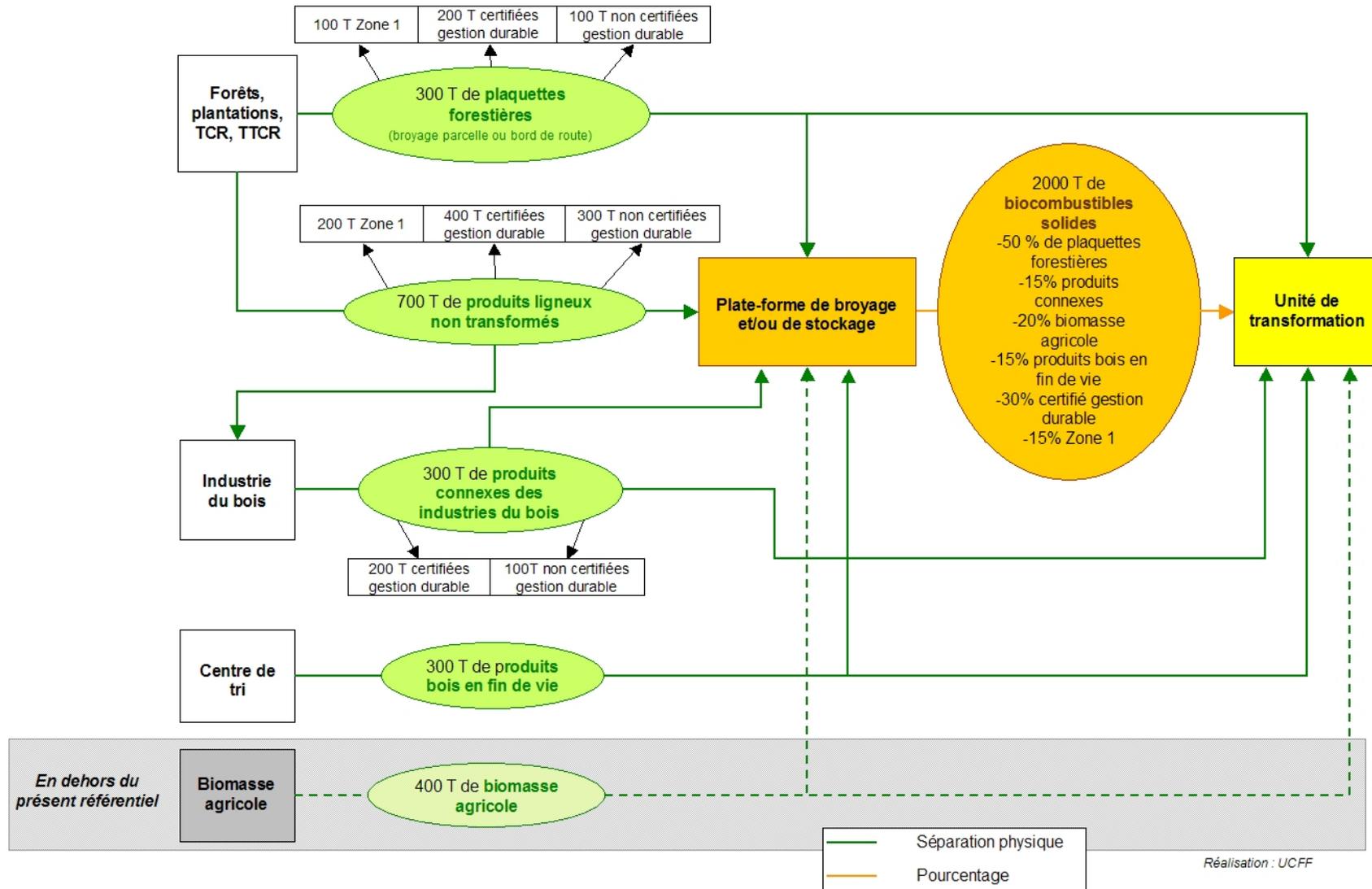
La traçabilité peut être assurée en complément de la chaîne de contrôle de certification « gestion durable »²⁸. Outre les informations prévues par les référentiels combustibles bois énergie, cela permettra d'identifier le volume provenant de forêts gérées durablement. Cela permettra également d'utiliser les contrôles réalisés en aval de la chaîne (granulométrie par exemple).

²⁷ L'origine « pays » est recommandée pour tous les produits par CEN/TS 15234. Il s'agit du lieu de récolte ou du premier lieu de commercialisation du produit.

²⁸ En **Annexe 6**, présentation de la certification forestière. Pour la liste des organismes certificateurs, cf. <http://pro.pefc-france.org/Topic.aspx?i=3&v=2133> et <http://www.fsc-france.org>.

3.3 Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des combustibles bois énergie

Le schéma ci-après illustre le système qui pourrait être mis en place.



Ce schéma reprend les différentes possibilités de livraison (produit unique ou mix produit) selon l'origine de chaque combustible. Les combustibles sont donc soit apportés séparément à l'usine qui les consomme (méthode de la séparation physique des produits), soit par l'intermédiaire d'une plateforme (méthode des pourcentages).

Ce schéma détaille, pour chaque combustible, la quantité de produit mais aussi des informations complémentaires qu'il est possible de suivre comme ici :

- Identification si besoin des quantités de produits certifiées « gestion durable » (PEFC, FSC....) ;
- Identification si besoin de la provenance des produits.

Il s'agit de deux types d'informations complémentaires données à titre d'exemple et qui pourront être complétées par d'autres renseignements le cas échéant.

Exemple : 300 T de plaquettes forestières dont :

- 100 T provenant de la zone géographique 1, par exemple le département de la Savoie (et donc 200 T dont la provenance n'est pas précisée) ;
- 200 T de plaquettes forestières certifiées PEFC/FSC... (et donc 100 T de plaquettes non PEFC/FSC...).

Afin de laisser à chaque utilisateur de combustible bois la liberté d'indiquer les caractéristiques des produits qu'il souhaite, les critères mis en évidence sur ce schéma ne sont présents qu'à titre indicatif. Les cahiers des charges de livraison des combustibles seront à préciser contractuellement selon les besoins.

De la même façon, nous avons laissé sur ce schéma la possibilité d'apporter des produits certifiés « gestion durable » pour toutes les origines de combustible bois, il ne s'agit que d'une proposition.

3.4 Procédures de mesure et de contrôle

A ce jour, le système de traçabilité envisagé est un système déclaratif, basé sur l'autocontrôle mené par les fournisseurs et les clients à partir des procédures décrites en annexe.

Plusieurs exigences découlent de la mise en place d'un système de chaîne de contrôle permettant de garantir la qualité des combustibles bois énergie livrés tel que définis précédemment. La mise en place de procédures aux différentes étapes de la production et de la commercialisation permet de garantir que les exigences des référentiels sont satisfaites.

3.5 Intervention possible d'un organisme certificateur

La chaîne de contrôle des combustibles bois énergie peut être ou non certifiée par un organisme extérieur¹. Le rôle de l'organisme certificateur serait alors de vérifier que :

- Les procédures mises en place (traçabilité incluse) permettent d'atteindre les exigences des référentiels ;
- Les procédures sont correctement appliquées.

¹ Quelques expériences se développent. Voir à titre d'exemple, http://www.fibra.net/fr/actualites.php?show_new=85.
ADEME

4. Qualité des combustibles bois énergie

Les contrats, bordereaux de livraison, factures ou autres documents annexés aux livraisons renvoient les valeurs de chacun des critères retenus pour la fourniture de combustibles bois énergie. Ces informations permettent le suivi de la qualité des produits et contiennent les renseignements normatifs et *informatifs* (en italique) suivants :

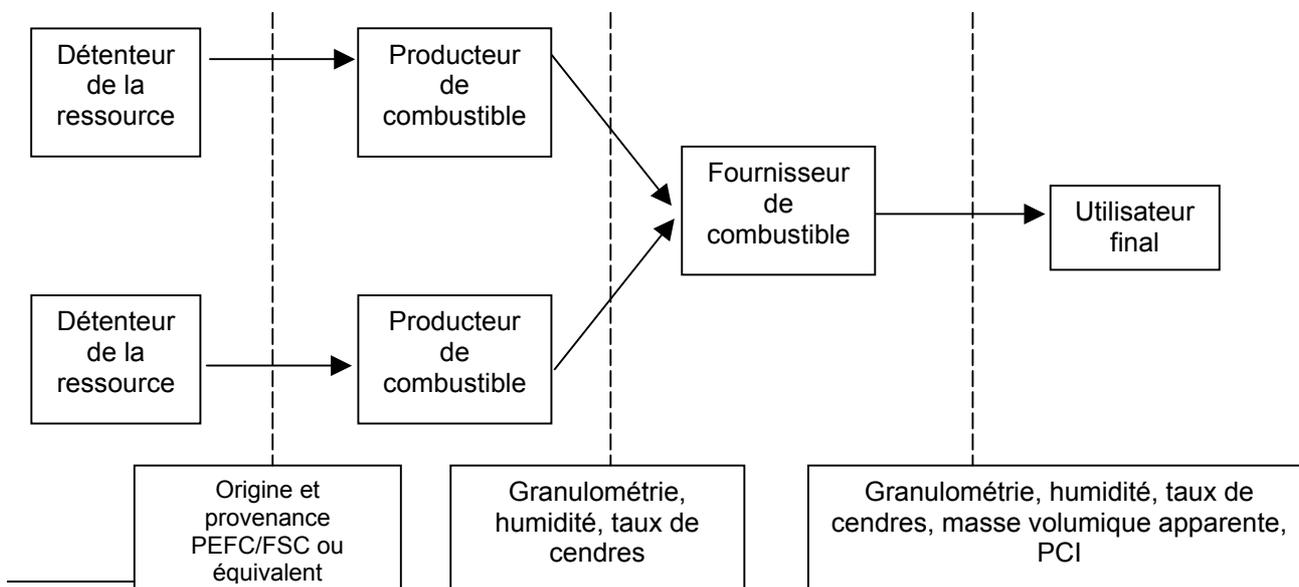
Éléments à recenser pour assurer la qualité des combustibles bois énergie

| | |
|--|---|
| Origine | <ul style="list-style-type: none"> - Plaquettes forestières - Produits connexes des industries du bois - Produits bois en fin de vie - Assortiments/préparations et mélanges de produits |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | <ul style="list-style-type: none"> - Provenance - Certification « gestion durable » |
| Quantité livrée | En tonne ou en m ³ (apparents) |
| Classe de granulométrie (mm) | P8, P16, P45, P63, P100, P300 |
| Classe d'humidité (%) | M10*, M20, M25*, M30, M35*, M40, M45*, M50*, M55, M65 (* = nouvelles classes par rapport au CEN TC335) |
| Taux de cendres (%) | A0.7, A1.5, A3.0, A6.0, A10.0, A10.0+ (1) |
| Taux d'azote (%) pour certains produits | N0.5, N1.0, N3.0, N3.0+ (1) |
| Taux de chlore (%) pour certains produits | Cl0.03, Cl0.07, Cl0.10, Cl0.10+ (1) |
| Pouvoir calorifique Inférieur | en kWh/kg |
| Autres ? | <ul style="list-style-type: none"> Métaux lourds (1) Organo-halogénés (1) Bore (1) Soufre (1) ... <p>Sont exclus les produits ignifugés, souillés, composites (non-séparation des matériaux) et produits dont les concentrations sont supérieures aux seuils proposés (cf. 2.2.7.2)</p> |

(1) Préciser la valeur exacte

Les responsabilités des opérateurs pour la collecte des informations seront fixées contractuellement. On pourra s'inspirer des recommandations de CEN/TS 15234² résumées sur le schéma ci dessous :

Exemple de points de collecte des informations :



² CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).
ADEME

On pourra décider de façon contractuelle de transférer ces informations sur une fiche de déclaration de la qualité, dont un modèle figure ci-dessous, ou de les inclure dans les documents commerciaux.

Exemple de fiche qualité dans la livraison de combustible bois énergie :

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| NOM DU FOURNISSEUR : | NOM DU CLIENT : |
| N° SIRET : | N° SIRET : |
| Adresse fournisseur : | Adresse client : |
| Code postal : | Code postal : |
| Tel : | Tel : |

| | | |
|--|--|---|
| Origine du bois | <input type="checkbox"/> Plaquettes forestières <ul style="list-style-type: none"> • forêts • plantations <input type="checkbox"/> Autres plaquettes (haies bocagères ; zone urbaine ; refus de crible issus du compostage de déchets verts...) <input type="checkbox"/> Produits connexes des industries du bois <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) | <input type="checkbox"/> Produits bois en fin de vie <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) <input type="checkbox"/> Assortiments/préparations et mélanges de produits <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | Types de provenance : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pays d'origine <input type="checkbox"/> Région ou département (si prévu contractuellement) | Pour plaquettes forestières (si prévu contractuellement) <ol style="list-style-type: none"> 1. Mentionner le zonage (ex. ICHN, Prométhée) (mentionner) : 2. Indiquer les quantités ou % provenant de forêts certifiées PEFC ou équivalent : |
| Quantité livrée | Masse/volume : Unité : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> tonnes <input type="checkbox"/> m³ apparents | |
| Classe de granulométrie (en mm) <i>(P pour particle size)</i> | <input type="checkbox"/> P8 <input type="checkbox"/> P16 <input type="checkbox"/> P45 <input type="checkbox"/> P63 <input type="checkbox"/> P100 <input type="checkbox"/> P300 | |
| Classe d'humidité (%) <i>(M pour moisture)</i> | <input type="checkbox"/> M10 <input type="checkbox"/> M20 <input type="checkbox"/> M30 <input type="checkbox"/> M35 <input type="checkbox"/> M40 | <input type="checkbox"/> M45 <input type="checkbox"/> M50 <input type="checkbox"/> M55 <input type="checkbox"/> M65 |

| | |
|--|--|
| <p>Taux de cendres (%) <i>(A pour ash)</i></p> | <p><input type="checkbox"/> A0.7 <input type="checkbox"/> A1.5 <input type="checkbox"/> A3.0 <input type="checkbox"/> A6.0 <input type="checkbox"/> A10.0 <input type="checkbox"/> A10.0+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Taux de chlore <i>(cas des bois adjuvantés/traités)</i></p> | <p><input type="checkbox"/> Cl0.03 <input type="checkbox"/> Cl0.07 <input type="checkbox"/> Cl0.10 <input type="checkbox"/> Cl0.10+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Taux d'azote <i>(cas des bois adjuvantés/traités)</i> <i>(N pour nitrogen)</i></p> | <p><input type="checkbox"/> N0.5 <input type="checkbox"/> N1.0 <input type="checkbox"/> N 3.0 <input type="checkbox"/> N 3.0+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Pouvoir calorifique Inférieur <i>(kWh/t ou kWh/map)</i></p> | <p>.....</p> |
| <p>Autres ?</p> | <p><i>Bore - Valeur mesurée :</i> <i>Soufre - Valeur mesurée :</i> <i>Métaux lourds - Valeur mesurée :</i> <i>Organo-halogénés - Valeur mesurée :</i> ... Sont exclus les produits ignifugés, souillés, composites (non-séparation des matériaux) et produits dont les concentrations sont supérieures aux seuils proposés</p> |
| <p>Essence ou groupe d'essences</p> | <p><i>Pour les plaquettes forestières</i> <i>Pour les connexes de scierie par exemple</i></p> |

En italique : éléments informatifs

(1) Les adjuvants ne doivent contenir ni composés organo-halogénés, ni métaux lourds, ni bore au-delà des seuils : organo-halogénés totaux : max 10 ppm (valeur matière sèche totale), métaux lourds (dont cuivre, chrome, arsenic) : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale) ; bore : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)

Quelques définitions

Adjuvanté : contenant des substances chimiques, colles ; finition (vernis, peinture, lasure), préservation,...

Composite : est composé de biocombustibles et d'autres matériaux de type ciment, plastique... impropres à la combustion. Les produits composites sont exclus des référentiels à moins qu'une opération de séparation ne soit effectuée et ne permette d'isoler le combustible bois énergie et que celui-ci entre dans l'une des trois catégories identifiées.

Faiblement adjuvanté : adjuvanté qui respecte les seuils recommandés ci-dessus (étude CTBA, 2003). Sont inclus par exemple les panneaux, ... Sont exclus par exemple les bois traités par imprégnation ou ignifugation.

Traité : ayant subi un traitement impliquant des produits chimiques autres que l'air et l'eau (par exemple, colle ou peinture).

Souillé : ayant été en contact avec un produit polluant de façon non-intentionnelle

Métaux lourds : à regarder particulièrement le cuivre, chrome, arsenic (autres métaux possibles : cadmium, mercure, nickel, plomb, antimoine, vanadium, zinc...)

Organo-halogénés totaux : (PCP, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide

Traitements d'ignifugation : ils visent à conférer au matériau un classement de réaction au feu M1. Le traitement consiste à ajouter des sels métalliques au matériau.

Pour plus d'information, cf. les référentiels « combustibles bois énergie »
sur le site de l'ADEME : www.ademe.fr



CHAPITRE 2 - REFERENTIEL « PLAQUETTES FORESTIERES »

1. Définition et origine des plaquettes forestières

Il s'agit de combustible obtenu par broyage ou déchiquetage de tout ou partie de végétaux ligneux issus de peuplements forestiers et de plantations n'ayant subi aucune transformation (directement après exploitation).

Du fait de leur origine, les plaquettes forestières peuvent contenir des fragments de bois, d'écorce, de feuilles ou d'aiguilles.

Le broyage ou le déchiquetage peut se réaliser en forêt, en bord de parcelle, sur place de dépôt, sur aire de stockage ou directement à l'entrée de la chaufferie et/ou de l'unité de transformation.

A noter : le référentiel plaquettes forestières peut s'appliquer au bois d'origine bocagère et bois d'origine urbaine tels les bois d'élagage urbains, y compris la partie ligneuse des refus de crible issus du compostage de déchets verts.

A noter :

- Le référentiel plaquettes forestières peut s'appliquer au bois d'origine bocagère et bois d'origine urbaine tels les bois d'élagage urbains ;
- Le référentiel propose de réaliser les tests *a minima* et n'exclut pas que pour des mélanges et préparations de produits de la catégorie "non-adjuvantée/non-traitée" (dont font partie les « plaquettes forestières ») exclusivement, des mesures supplémentaires puissent être faites (en lien avec la réglementation).
- Les mélanges et préparations n'intégreront que les produits entrant dans la catégorie « combustibles bois énergies » définis dans le référentiel.

2. Caractéristiques des plaquettes forestières

Les plaquettes forestières n'étant pas susceptibles d'avoir subi un traitement chimique et autres adjuvants, les critères permettant de les caractériser sont

- Des paramètres dits « normatifs » :
 - ⇒ Granulométrie ;
 - ⇒ Humidité ;
 - ⇒ Taux de cendres
- Des paramètres dits « informatifs » :
 - ⇒ Quantité d'énergie disponible par unité de masse
 - ⇒ (Taux de chlore)

La provenance (zone géographique de production du produit), n'est pas un critère de classement (CEN/TS 15234¹ recommande de préciser le pays d'origine du combustible sur la fiche de déclaration du combustible). Toutefois, cette information peut être exigée contractuellement (région, département, zonage spécifique type ICHN², ...), tout comme la certification « gestion durable » (cf. **Annexe 6**). A titre d'exemple, les plaquettes forestières issues de peuplements forestiers situés en bordure maritime peuvent être amenées à contenir un taux de chlore plus élevé que d'ordinaire (le paramètre « informatif » chlore peut donc être ainsi d'intérêt).

La détermination de caractéristiques des combustibles nécessite de réaliser des mesures sur un **échantillon représentatif** des produits livrés. L'**Annexe 7** « Exemple de fiche de prélèvement » présente à titre indicatif un exemple de fiche qui peut être remplie lors des prélèvements. L'**Annexe 8** « Constitution des échantillons selon CEN/TS 14778, 14779, 14780 » présente une méthode permettant de déterminer la taille et la composition des prélèvements.

La taille de l'échantillon à tester tient compte de deux paramètres :

- La représentativité de l'échantillon ;
- Les capacités des appareils de mesures existants sur le marché.

Les prélèvements peuvent être réduits après malaxage (éventuellement précédé d'un broyage) afin de s'ajuster à la taille des appareils de mesure. Les spécifiques techniques de mesures précisent généralement la taille de l'échantillon à tester après réduction.

Pour la mesure du taux de cendres, du taux de chlore et la mesure directe du PCI, les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à quelques grammes. L'affinage est généralement réalisé par le laboratoire.

2.1 Caractéristiques des plaquettes forestières

2.1.1 Granulométrie

2.1.1.1 Importance de la granulométrie

Le choix de la granulométrie s'établit selon le type d'installation de combustion : type de foyer et système d'aménagement du combustible du silo au foyer.

Elle dépend de quatre paramètres principaux : la nature, l'état et le réglage des couteaux, l'outil utilisé (type de broyeur ou de coupeuse), la dimension des éléments broyés (houppiers, perches, rémanents, etc.) et la vitesse d'introduction des bois dans la machine.

2.1.1.2 Mesure de la granulométrie

La classe de granulométrie est déterminée par tri des éléments dans différents tamis animés d'un mouvement rotatif. Il faut disposer au minimum de 4 tamis pour déterminer la classe de granulométrie :

- Le tamis correspondant à la partie « grossière » ;
- Le tamis correspondant à la classe de granulométrie ;
- Le tamis à maille de 3,15 mm ;
- Le tamis correspondant de 1 mm.

On trouvera en **Annexe 9** un exemple de procédure de détermination de la granulométrie conforme aux exigences de CEN/TS 15149.

¹ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).

² Indemnités Compensatoires de Handicaps Naturels, pour plus d'information : <http://agriculture.gouv.fr>

2.1.1.3 Classes de granulométrie

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de granulométries suivantes (excepté P8) :

| | Fraction principale > 80 % du poids | Fines < 5 % | Fraction dont la granulométrie est supérieure à < 1 % |
|------|--|-------------|--|
| P16 | $3,15 \text{ mm} \leq P \leq 16 \text{ mm}$ | < 1 mm | > 45 mm, l'ensemble < 85 mm |
| P45 | $3,15 \text{ mm} \leq P \leq 45 \text{ mm}$ | < 1 mm | > 63 mm |
| P63 | $3,15 \text{ mm} \leq P \leq 63 \text{ mm}$ | < 1 mm | > 100 mm |
| P100 | $3,15 \text{ mm} \leq P \leq 100 \text{ mm}$ | < 1 mm | > 200 mm |
| P300 | $3,15 \text{ mm} \leq P \leq 300 \text{ mm}$ | < 1 mm | > 400 mm |

CEN/TS 14961 précise que 80 % (en masse) du combustible doit passer entre les mailles d'un tamis correspondant à la classe de granulométrie et être retenue dans le tamis correspondant à une granulométrie de 3,15 mm.

En aucun cas, la masse de « fines » ne doit dépasser 5 % (les fines sont des éléments passant au travers du tamis de 1 mm). Le respect de ce paramètre est indispensable pour limiter l'envol de poussières dans les fumées. Le filtrage des poussières nécessite des investissements importants et peut générer des coûts d'élimination élevés. Il est admis que 1 % des éléments (en masse) peuvent avoir une granulométrie dépassant nettement la valeur nominale de la classe, ces éléments constituant alors la « fraction grossière ». En pratique, cela signifie que dans une tonne de bois combustible on peut trouver jusqu'à 50 kg de fines et 10 kg de fractions grossières.

2.1.2 Taux d'humidité

L'humidité des plaquettes forestières varie suivant :

- l'essence puisque l'on peut rencontrer des écarts sensibles ;
- la grosseur des bois ou plus précisément l'importance du rapport « volume aubier/volume total » dans la mesure où les cellules jeunes contiennent toujours une quantité d'eau plus importante que celle rencontrée au niveau du bois parfait ;
- la période d'exploitation car la période végétative entraîne une augmentation d'humidité liée à la circulation de la sève ;
- les conditions de stockage car un abri des intempéries réduit logiquement les possibilités de reprise d'humidité ;
- les délais et périodes de stockage.

NB : à titre indicatif, le taux d'humidité des plaquettes forestières est d'environ 50 % lorsque le déchetage se fait sur du bois vert. Il peut être abaissé à 30 % après ressuyage à l'air libre, voire à moins de 20 % après stockage sous abri.

2.1.2.1 Importance de l'humidité

L'humidité contenue dans le bois est déterminante pour le bon fonctionnement de la chaudière. Une humidité mal adaptée est susceptible de réduire son rendement thermique et également de provoquer des rejets dans l'atmosphère pouvant dégrader la qualité de l'air. Une humidité trop faible peut entraîner des surchauffes dans le foyer et l'endommager. Par ailleurs le pouvoir calorifique dépend principalement du taux d'humidité du bois.

2.1.2.2 Mesure de l'humidité

La précision de la détermination de l'humidité dépend de deux paramètres :

- La taille de l'échantillon ;
- L'appareil de mesure : étuve, « PCI-mètre », four à micro-ondes, etc., ...³

Selon CEN/TS 14774, le minimum à tester est de 300 g ; cependant il est recommandé de tester une masse supérieure à 500 g, voire 1 à 2 kg lorsque la granulométrie est supérieure à 100 mm. CEN/TS 14774 propose une méthode de référence et une méthode simplifiée :

- La méthode de référence et la méthode simplifiée sont des méthodes par déshydratation en étuve à une température comprise entre 103 et 107°C. Elles nécessitent de posséder une balance de précision (0,1 g), pour peser le combustible, avant et après élimination de l'eau. La durée de la déshydratation est d'environ 24 heures.
- La méthode de référence exige que l'échantillon soit disposé dans des coupelles de façon à exercer une pression d'environ 1 g/cm². Cette disposition permet une meilleure ventilation des éléments et une dessiccation homogène

On trouvera en **Annexe 10** un exemple de procédure pour appliquer la méthode simplifiée.

Lorsque le combustible est homogène (granulométrie et humidité), il n'y a pratiquement pas de différence entre la méthode de référence et la méthode simplifiée proposée dans le CEN TC335. CEN/TS 14774 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures. Le choix de la méthode pour mesurer l'humidité dépendra d'abord de l'incertitude maximale, par rapport à la méthode de référence normalisée (CEN/TS 14774-1) et de l'intérêt de disposer d'un résultat immédiat.

| Méthodes | Avantage | Inconvénient | Temps passé par l'opérateur |
|--|---------------------|---|-----------------------------|
| Méthode de référence (CEN/TS 14774-1) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures | 30 à 40 minutes |
| Méthode simplifiée (CEN/TS 14774-2) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures Incertitude de 1 à 2 points par rapport à la méthode de référence | 20 à 30 minutes |
| <i>Méthodes et quelques outils possibles de façon opérationnelle⁴</i> | | | |
| Méthode par micro-ondes | Résultat immédiat | Incertitude pouvant atteindre 10 à 15 points par rapport à la méthode de référence Risque d'auto - inflammation | 30 à 40 minutes |
| « PCI-mètre » pour taux d'humidité | Résultat Immédiat | Incertitude de 2 à 3 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. | 30 à 40 minutes |
| FMV 3000 | Immédiat | Nécessite des étalonnages précis. Risque d'incertitude élevé pouvant atteindre 10 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. Limite surtout pour les produits « humides » | 5 à 10 minutes |

Les laboratoires facturent généralement les mesures d'humidité entre 30 et 70 € par mesure (à titre indicatif).

³ Cf. « Mesure des caractéristiques des combustibles bois : évaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible », CRITT bois, FIBOIS, CTBA. Juin 2001.

⁴ Cf. **Annexe 11**, **Annexe 12** et **Annexe 13**.
ADEME

2.1.2.3 Classes d'humidité

Le CEN/TS 14961 a retenu différentes classes d'humidité (M pour *moisture*), complétées dans la rédaction du référentiel par les besoins des utilisateurs/opérateurs (avec un *) :

| Humidité (% à la livraison) ⁵ | |
|---|---------------------|
| M10* | ≤ 10 % ⁶ |
| M20 | ≤ 20 % |
| M25* | ≤ 25 % |
| M30 | ≤ 30 % |
| M35* | ≤ 35 % |
| M40 | ≤ 40 % |
| M45* | ≤ 45 % |
| M50* | ≤ 50 % |
| M55 | ≤ 55 % |
| M65 | ≤ 65 % |

Les classes sont données en pourcentage d'humidité sur brut (masse d'eau /masse totale).

Les classes d'humidité ont des amplitudes de 10 à 15 points dans le CEN TC335 et sont plus précises dans le référentiel. Les valeurs ont été choisies de telle sorte que les concepteurs de chaufferies, chaudières et dispositifs de stockage puissent disposer de l'information nécessaire pour concevoir les appareils, préciser le cahier des charges des combustibles à respecter et rédiger le carnet d'entretien des matériels.

2.1.3 Quantité de chaleur fournie (PCI)

2.1.3.1 Importance du PCI

Le pouvoir calorifique correspond à la quantité d'énergie (par unité de masse ou de volume) dégagée par un corps lors de sa combustion complète (CEN/TS 14588). Il faut distinguer :

- Le **pouvoir calorifique supérieur (PCS)** : valeur absolue de l'énergie spécifique de combustion (exprimée en Joules par unité de masse) d'un combustible solide brûlé en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique dans des conditions spécifiques (CEN/TS 14588). La mesure est relevée avant que la vapeur d'eau ne se condense.
- Le **pouvoir calorifique inférieur (PCI)** : valeur mesurée lorsque toute l'eau des produits de la réaction est à l'état de vapeur (0,1 Mpa). Cette valeur sert souvent de base pour les transactions commerciales des combustibles bois.

Le PCI correspond à la quantité de chaleur maximale qui pourra être dégagée dans une chaudière classique. La détermination du PCI nécessite la mesure du PCS, c'est pourquoi cette notion est souvent utilisée. On peut également penser que les parcs de chaudières compteront de plus en plus d'appareils à condensation permettant d'utiliser la totalité de l'énergie contenue dans le PCS.

Bien que les travaux européens conseillent l'emploi du Joule et de ses multiples, l'usage est le plus souvent d'exprimer les résultats en kilowatt-heure (kWh) ou mégawatt-heure (MWh).

La mesure du PCI peut se faire par mesure du PCS dans une bombe calorimétrique, puis détermination dans un condenseur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à la capacité de l'appareil (généralement 1 à 2 g, parfois 5 g)

Selon CEN/TS 14918 la précision des mesures est satisfaisante si les essais de répétabilité donnent des résultats qui diffèrent de moins de 120 J/g et ceux de reproductibilité des écarts inférieurs à 300J/g.

⁵ Les classes avec un * sont celles qui ont été ajoutées par rapport au CEN TC335.

⁶ Pour emploi intérieur, dont parquet...

Les déterminations du PCI par essai en bombe calorimétrique sont facturées à titre indicatif entre 250 et 450 € par essai (broyage du combustible compris). Il est conseillé de réaliser au moins trois essais pour appliquer les tests de répétabilité.

Un exemple de procédure de mesure du PCI en application de CEN/TS 14918 figure en **Annexe 14**.

On constate que PCS et PCI à l'état anhydre varient peu suivant les différentes essences de bois. Pour les feuillus le pouvoir calorifique inférieur anhydre se situe 18 et 19 MJ/kg (4 800 à 5 300 kWh/tonne) ; pour les conifères, il est légèrement plus élevé compte tenu de la présence de résine.

2.1.3.2 Mesure du PCI

Le PCI **dépend principalement de l'humidité du combustible**, c'est pourquoi le PCI est souvent évalué à partir de l'humidité du bois (H) par la formule :

$$Q = Q_0 \times \frac{100 - H}{100} - 0,02443 \times H \text{ pour un PCI en MJ/kg.}$$

Si le résultat doit être donné en kWh/kg il faut diviser par 3,6 la valeur exprimée en MJ/kg.

Q_0 correspond au PCI du bois à l'état anhydre.

Exemple numérique :

$Q_0 = 17,3 \text{ MJ/kg (4 800 kWh/t)}$

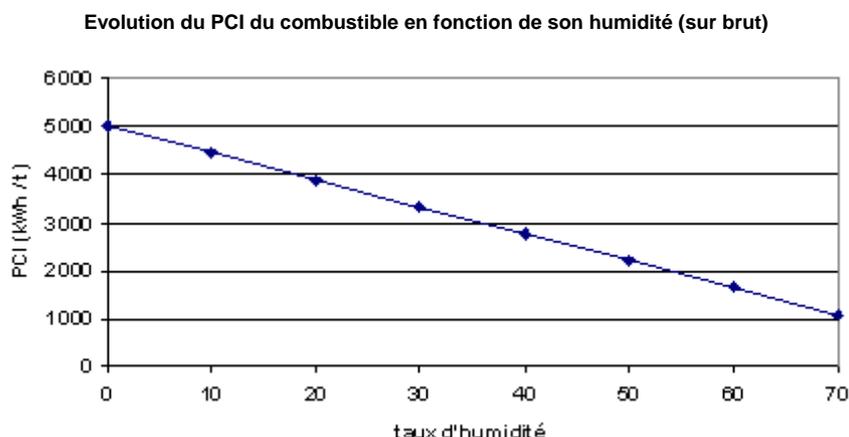
$H = 30 \%$

Le PCI est 11,4 MJ/kg, soit 3 160 kWh/t

On trouvera en **Annexe 15** un exemple de procédure de calcul du PCI à partir de l'humidité moyenne du lot.

La précision de la détermination du PCI dépend bien évidemment de la précision avec laquelle a été déterminée la valeur du PCI anhydre et celle de l'humidité.

Le site DGEMP-ADEME propose, dans un objectif statistique, de calculer, à l'aide d'une formule simplifiée le PCI d'un lot de bois à partir de l'humidité.



Formule (en kWh / t) : $PCI (E \%) = (PCI (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6 \times E$ avec E = l'humidité (sur masse brute) du bois en pourcentage

La formule exacte est : $PCI (E \%) = (PCI (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6.7861 \times E$

La courbe est représentée pour un PCI anhydre de 5 000 kWh / t. Selon CEN/TS 14961, le PCI anhydre varie généralement entre 5 000 et 5 300 kWh/t (18 à 19 MJ/kg).

Un exemple d'abaque de calcul du PCI en fonction de l'humidité uniquement et des données par essence sont mis en **Annexe 16** (il s'agit uniquement de données pour les plaquettes forestières⁷).

Le tableau ci-après résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du PCI anhydre et de l'humidité du lot :

Incertaince sur la détermination du PCI en fonction de l'incertaince sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertaince par point d'humidité | Incertaince en % sur le PCI anhydre | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| 15 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 |

Ce tableau montre que :

- Si l'on utilise la classe d'humidité (et non la valeur exacte) de la classe de PCI, l'incertaince est d'environ 20 % pour les bois appartenant aux classes M55 et M65 , elle est d'environ 15 % pour les classes M20, M30 et M40 ;
- Si l'on recherche une précision de 10 % il faut connaître l'humidité avec une incertaince inférieure ou égale à 5 %. Le PCI-mètre et, dans certains cas, le FMV 3000 peuvent être utilisés pour ces mesures ;
- Si l'on recherche une précision de 5 %, il faut connaître l'humidité avec une précision de 2 %, la méthode simplifiée CEN/TS 14474-2 peut être appliquée ;
- Si l'on recherche une précision inférieure à 5 %, seule la méthode de référence CEN/TS 14474-1 peut être appliquée.

Un résultat plus précis pourrait être obtenu en faisant intervenir le taux de cendres. Il permet en fait d'avoir une meilleure précision sur le PCI anhydre, en déterminant le PCI, hors cendres. L'application de la formule nécessite de connaître le taux de cendres du combustible. La littérature donne quelques valeurs moyennes de taux de cendres non exogène (cf. 0) des principaux combustibles bois. Les cendres exogènes pouvant être en quantité très variable, l'utilisation de cette formule n'a de réel intérêt que si des mesures fréquentes sont réalisées pour déterminer le taux de cendres.

$$Q = Q_{0,net,daf} \times \frac{100 - (H + A_{h\%})}{100} - 0,02443 \times H$$

où

Q est le PCI en MJ/kg ;

⁷ Pour les plaquettes forestières, il est possible d'avoir recours à un outil disponible en ligne (feuille Excel) avec des conversions par essence sur : <http://www.itebe.org/portail/affiche.asp?arbo=1&num=455>.

$Q_{o,net,daf}$ est le PCI à l'état anhydre et pour un combustible, taux de cendres exclus.

H est l'humidité du lot ;

$A_{h\%}$ est le taux de cendres du lot, exprimée en pourcentage de la masse totale (eau comprise).

Exemple numérique :

$$Q_{o,net,daf} = 17,5 \text{ MJ/kg (4 860 kWh/kg)}$$

$$H = 30 \%$$

$$A_{h\%} = 3 \%$$

Le PCI est 12 MJ/kg, soit 3,3 45 kWh/t

Le tableau ci-dessous résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du taux de cendres et de l'humidité du combustible.

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertitude par point d'humidité | Incertitude sur le taux de cendres | | | | | 10 |
|----------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| 15 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 23 |

2.1.4 Taux de cendres

2.1.4.1 Importance du taux de cendres

Les cendres sont un sous produit de la combustion qu'il faut stocker puis valoriser ou éliminer. Par ailleurs, Il existe deux types de cendres :

- Les cendres non exogènes produites par les matières minérales constitutives du bois ;
- Les cendres exogènes produites par des impuretés acheminées avec le bois (terres, cailloux, graviers chutes de métal, etc.).

La détermination du taux de cendres est nécessaire lorsque l'on souhaite calculer de façon très précise le PCI du combustible.

L'usage a souvent consacré le terme taux de cendres pour les cendres non exogènes et taux d'impureté pour les cendres exogènes.

2.1.4.2 Mesure du taux de cendres

Le taux de cendres se mesure dans un incinérateur, généralement sur des échantillons de 1 à 2 g, parfois 5 g. Le combustible est réduit en particules de moins de 1 mm de granulométrie (idéalement 0,25 mm). Le taux de cendres mesuré correspond le plus souvent au taux de cendres non exogènes.

CEN/TS 14775 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures, toutefois l'annexe informative suggère d'utiliser le test de répétabilité et reproductibilité de ISO 1171 (Solid Mineral Fuels) :

Test suggéré pour accepter le résultat de la détermination du taux de cendres

| Taux de cendres | Valeur maximale acceptable entre les résultats | |
|--------------------------|--|--|
| | Répétabilité (Même laboratoire) | Reproductibilité (Entre plusieurs laboratoires) |
| Inférieur à 10 % | 0,2 % sur l'écart maximal | 0,3 % sur l'écart maximal |
| Supérieur ou égal à 10 % | 2 % par rapport à la moyenne | 2 % par rapport à la moyenne |

On trouvera en **Annexe 17** un exemple de procédure de détermination du taux de cendres en incinérateur.

2.1.4.3 Classes de taux de cendres

CEN/TS 14961 recommande d'exprimer le taux de cendres en classes allant de A0,7 à A10+ correspondant au pourcentage (en masse) du poids de cendres sur le poids de combustible sec.

La mesure du taux de cendres est généralement facturée entre 100 et 200 € par essai (à titre indicatif). Il est recommandé de réaliser au moins trois mesures pour appliquer le test de répétabilité.

Il est possible de connaître le taux de cendres habituellement constaté à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 (voir **Annexe 18**) :

- Ecorces : 5 %
- Rémanents forestiers : 2 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,3 %.

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de cendres (A pour *ash*) suivantes

| Cendres (% en masse sur produit sec) | |
|---|----------|
| A0.7 | ≤ 0,7 % |
| A1.5 | ≤ 1,5 % |
| A3.0 | ≤ 3,0 % |
| A6.0 | ≤ 6,0 % |
| A10.0 | ≤ 10,0% |
| A10.0+ | > 10,0 % |
| valeur réelle à mentionner | |

2.2 Pour résumer

| | | Plaquettes forestières |
|-------------------|--|----------------------------------|
| Normatif | Granulométrie (plaquette et broyat; écorce si déchetée ou non) | * |
| | Humidité | * |
| | Taux de cendres | * |
| | Azote | |
| Informatif | Quantité d'énergie disponible par unité de masse | * |
| | Masse volumique apparente | <i>si transaction par volume</i> |
| | Chlore | (*) |

3. Garantie de respect du référentiel "plaquettes forestières"

Afin de garantir l'origine des combustibles "plaquettes forestières", les opérateurs peuvent décider de mettre en place un système de traçabilité des produits. Ceci permettrait d'assurer un suivi des combustibles depuis leur site de production (forêt, ...) jusqu'à la chaufferie ou l'usine qui doit être approvisionnée.

3.1 Principes de la chaîne de contrôle des plaquettes forestières

Deux cas doivent être distingués :

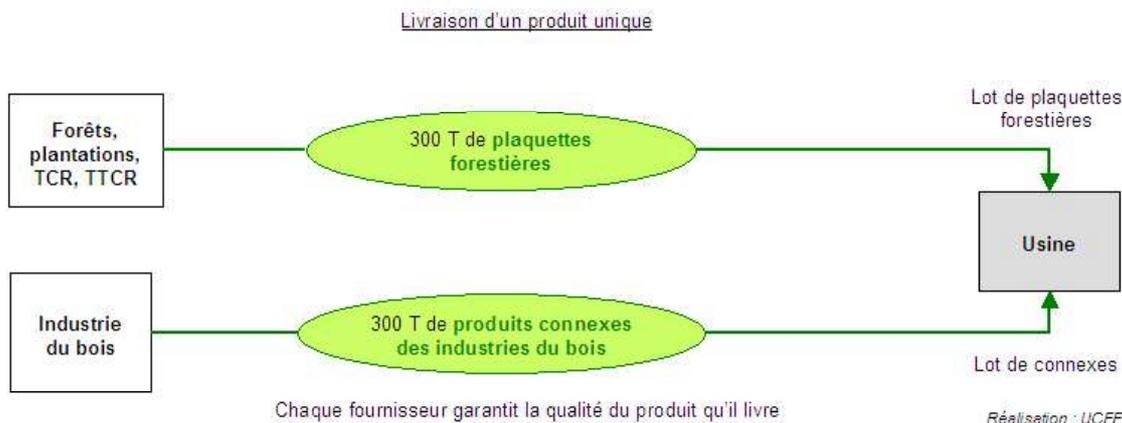
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un seul et même produit ;
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un mix de différents produits.

3.1.1 Livraison d'un combustible unique

Dans ce cas là, il est facile d'avoir une traçabilité précise du produit qui est livré à la chaufferie. En effet, l'unique fournisseur du combustible doit garantir la qualité des produits qu'il livre.

Il semble donc aisé de mettre en place une chaîne de contrôle basée sur le **principe de la séparation physique des lots de produits**, supportée par chaque fournisseur. Les fournisseurs doivent garantir la qualité des produits qu'ils livrent et doivent s'assurer d'être capables de prouver qu'ils respectent leurs engagements.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTCC = taillis à très courte rotation

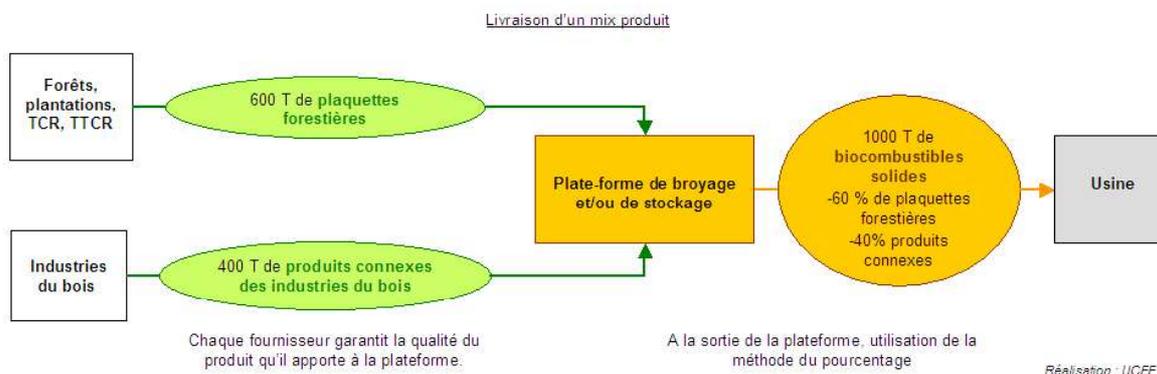
3.1.2 Livraison d'un mix produit

Il s'agit des cas où le produit qui est livré à la chaufferie est un mélange de différents combustibles, qu'il soit livré par un seul ou plusieurs fournisseurs. Cette situation se rencontre lorsque **les produits transitent par une plateforme** de broyage et/ou de stockage pour être mélangés par la suite.

Dans ce cas là, la règle de la séparation physique des produits ne peut plus s'appliquer, c'est la **méthode du pourcentage** qu'il faut suivre. Le mix produit livré à la chaufferie contiendra une proportion de chaque combustible égale à : quantité du combustible / quantité totale livrée.

Chaque produit composant le mix doit être assimilable à du combustible bois énergie faisant partie de la liste de produits identifiés dans les référentiels.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTCR = taillis à très courte rotation

3.2 Informations à recenser

Plusieurs renseignements seront à noter au cours de cette traçabilité :

- **L'origine du produit** (produits issus de forêts et / ou de plantations et / ou de haies, produits issus des industries du bois, produits bois en fin de vie, assortiments/préparations et / ou mélanges de produits) ;
- La **provenance du produit** en fonction de différents zonages géographiques : pays⁸, région, département, zonages spécifiques de type ICHN (dans le cas des plaquettes forestières).

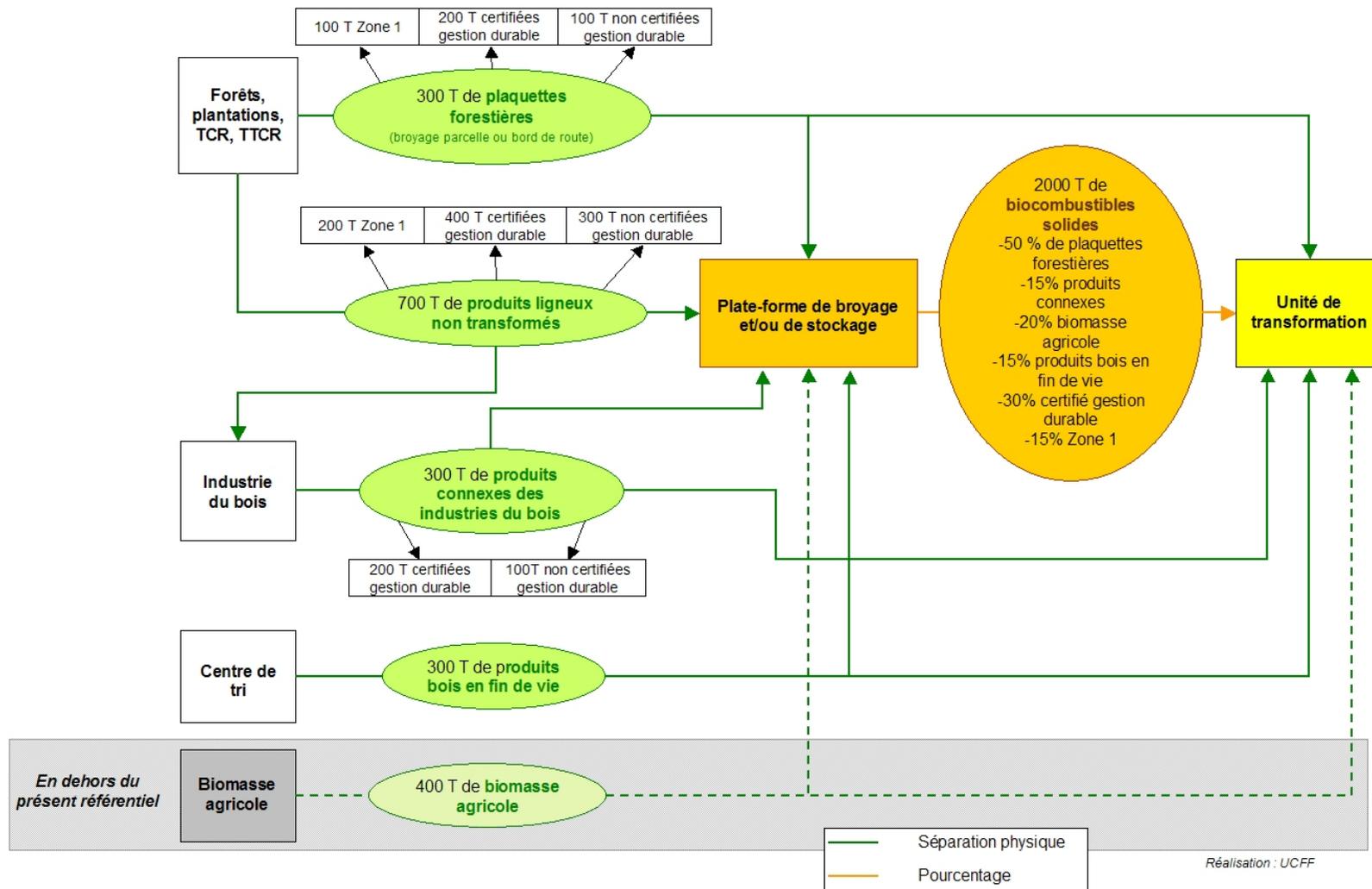
La traçabilité peut être assurée en complément de la chaîne de contrôle de certification « gestion durable »⁹. Outre les informations prévues par le référentiel « plaquettes forestières », cela permettra d'identifier le volume provenant de forêts gérées durablement. Cela permettra également d'utiliser les contrôles réalisés en aval de la chaîne (granulométrie par exemple).

⁸ L'origine « pays » est recommandée pour tous les produits par CEN/TS 15234. Il s'agit du lieu de récolte ou du premier lieu de commercialisation du produit.

⁹ En **Annexe 6**, présentation de la certification forestière. Pour la liste des organismes certificateurs, cf. <http://pro.pefc-france.org/Topic.aspx?i=3&v=2133> et <http://www.fsc-france.org>.

3.3 Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des plaquettes forestières

Le schéma ci-après illustre le système qui pourrait être mis en place.



Ce schéma reprend les différentes possibilités de livraison (produit unique ou mix produit) selon l'origine de chaque combustible. Les combustibles sont donc soit apportés séparément à l'usine qui les consomme (méthode de la séparation physique des produits), soit par l'intermédiaire d'une plateforme (méthode des pourcentages).

Ce schéma détaille, pour chaque combustible, la quantité de produit mais aussi des informations complémentaires qu'il est possible de suivre comme ici :

- Identification si besoin des quantités de produits certifiées « gestion durable » (PEFC, FSC....) ;
- Identification si besoin de la provenance des produits.

Il s'agit de deux types d'informations complémentaires données à titre d'exemple et qui pourront être complétées par d'autres renseignements le cas échéant.

Exemple : 300 T de plaquettes forestières dont :

- 100 T provenant de la zone géographique 1, par exemple le département de la Savoie (et donc 200 T dont la provenance n'est pas précisée) ;
- 200 T de plaquettes forestières certifiées PEFC/FSC... (et donc 100 T de plaquettes non PEFC/FSC...).

Afin de laisser à chaque utilisateur de combustible bois la liberté d'indiquer les caractéristiques des produits qu'il souhaite, les critères mis en évidence sur ce schéma ne sont présents qu'à titre indicatif. Les cahiers des charges de livraison des combustibles seront à préciser contractuellement selon les besoins.

De la même façon, nous avons laissé sur ce schéma la possibilité d'apporter des produits certifiés « gestion durable » pour toutes les origines de combustible bois, il ne s'agit que d'une proposition.

3.4 Procédures de mesure et de contrôle

A ce jour, le système de traçabilité envisagé est un système déclaratif, basé sur l'autocontrôle mené par les fournisseurs et les clients à partir des procédures décrites en annexe.

Plusieurs exigences découlent de la mise en place d'un système de chaîne de contrôle permettant de garantir la qualité des combustibles "plaquettes forestières" livrés tel que définis précédemment. La mise en place de procédures aux différentes étapes de la production et de la commercialisation permet de garantir que les exigences du référentiel sont satisfaites.

3.5 Intervention possible d'un organisme certificateur

La chaîne de contrôle des combustibles "plaquettes forestières" peut être ou non certifiée par un organisme extérieur. Le rôle de l'organisme certificateur serait alors de vérifier que :

- Les procédures mises en place (traçabilité incluse) permettent d'atteindre les exigences du référentiel ;
- Les procédures sont correctement appliquées.

4. Qualité des plaquettes forestières

Les contrats, bordereaux de livraison, factures ou autres documents annexés aux livraisons renvoient les valeurs de chacun des critères retenus pour la fourniture de combustibles bois énergie. Ces informations permettent le suivi de la qualité des produits et contiennent les renseignements normatifs et *informatifs* (en italique) suivants :

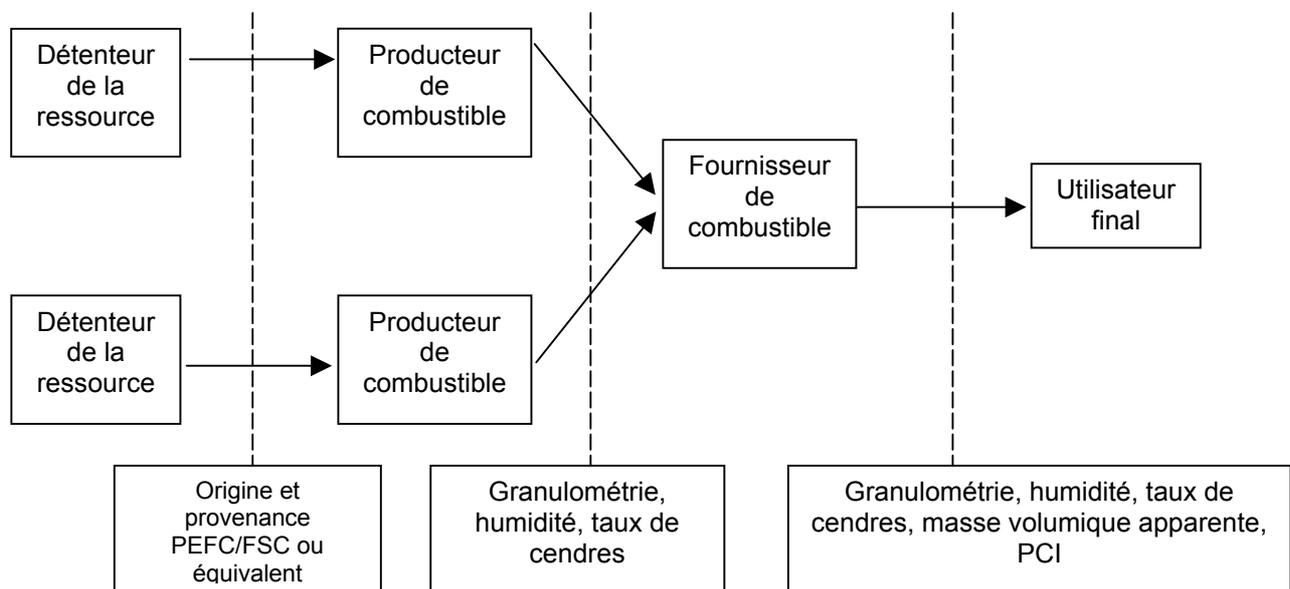
Éléments à recenser pour assurer la qualité des combustibles "plaquettes forestières"

| | |
|--|--|
| Origine | - Plaquettes forestières - ... |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | - Provenance - Certification « gestion durable » |
| Quantité livrée | En tonne ou en m ³ (apparents) |
| Classe de granulométrie (mm) | P16, P45, P63, P100, P300 |
| Classe d'humidité (%) | M20, M25*, M30, M35*, M40, M45*, M50*, M55, M65 (* = nouvelles classes par rapport au CEN TC335) |
| Taux de cendres (%) | A0.7, A1.5, A3.0, A6.0, A10.0, A10.0+ (1) |
| <i>Pouvoir calorifique Inférieur</i> | <i>en kWh/kg</i> |
| <i>Taux de chlore</i> | <i>(éventuellement)</i> |

(1) Préciser la valeur exacte

Les responsabilités des opérateurs pour la collecte des informations seront fixées contractuellement. On pourra s'inspirer des recommandations de CEN/TS 15234¹ résumées sur le schéma ci dessous :

Exemple de points de collecte des informations :



On pourra décider de façon contractuelle de transférer ces informations sur une fiche de déclaration de la qualité, dont un modèle figure ci-dessous, ou de les inclure dans les documents commerciaux.

¹ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).
ADEME

Exemple de fiche qualité dans la livraison de combustible « plaquettes forestières » :

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| NOM DU FOURNISSEUR : | NOM DU CLIENT : |
| N° SIRET : | |
| Adresse fournisseur : | Adresse client : |
| | |
| Code postal : | Code postal : |
| Tel : | Tel : |

| | | |
|--|---|--|
| Origine du bois | <input type="checkbox"/> Plaquettes forestières <ul style="list-style-type: none"> • forêts • plantations <input type="checkbox"/> Autres plaquettes (haies bocagères ; zone urbaine ; refus de crible issus du compostage de déchets verts...) | |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | 1. Types de provenance : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pays d'origine <input type="checkbox"/> Région ou département (si prévu contractuellement) <input type="checkbox"/> Mentionner le zonage (réf. ICHN ou Prométhée par ex.) (si prévu contractuellement) | 2. Indiquer le volume ou % provenant de forêts certifiées PEFC ou équivalent (si prévu contractuellement) |
| Quantité livrée | Masse/volume : Unité : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> tonnes <input type="checkbox"/> m³ apparents | |
| Classe de granulométrie (en mm) <i>(P pour particle size)</i> | <input type="checkbox"/> P16 <input type="checkbox"/> P45 | <input type="checkbox"/> P63 <input type="checkbox"/> P100 <input type="checkbox"/> P300 |
| Classe d'humidité (%) <i>(M pour moisture)</i> | <input type="checkbox"/> M20 <input type="checkbox"/> M30 <input type="checkbox"/> M35 <input type="checkbox"/> M40 | <input type="checkbox"/> M45 <input type="checkbox"/> M50 <input type="checkbox"/> M55 <input type="checkbox"/> M65 |
| Taux de cendres (%) <i>(A pour ash)</i> | <input type="checkbox"/> A0.7 <input type="checkbox"/> A1.5 <input type="checkbox"/> A3.0 | <input type="checkbox"/> A6.0 <input type="checkbox"/> A10.0 <input type="checkbox"/> A10.0+ Valeur mesurée : |
| <i>Pouvoir calorifique Inférieur (kWh/t ou kWh/map)</i> | | |
| <i>Essence ou groupe d'essences</i> | <i>Pour les plaquettes forestières</i> | |

Note : ICHN = Indemnités Compensatoires de Handicaps Naturels, pour plus d'information : <http://agriculture.gouv.fr>
En italique : éléments informatifs

Pour plus d'information, cf. le référentiel sur le site de l'ADEME : www.ademe.fr



CHAPITRE 3 - REFERENTIEL « CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS »

1. Définition et origine des « connexes des industries du bois »

Les produits connexes des industries du bois (ou sous-produits) sont constitués de : écorces, sciures, copeaux, plaquettes et broyats, dosses, délignures, chutes de tronçonnage, chutes de production de merrains, chutes de placage, mises au rond des bois déroulés et noyaux de déroulage, chutes d'usinage de panneaux à base de bois, chutes de fabrication de parquets, menuiseries, éléments de charpentes, etc.

La liste des origines (activités¹) et produits se retrouve en **Annexe 4**.

Ces produits peuvent être exempts de tout traitement chimique : écorces, dosses, délignures, chutes de fabrication de merrain, etc. Certains peuvent contenir des adjuvants chimiques[®] qui contiennent ou non des métaux lourds et/ou organo-halogénés[®]. Certains produits peuvent être considérés comme combustibles bois énergie (ex. panneaux de particules, bois aboutés, poutre en lamellé, ...), d'autres (ex. certains bois traités avec des produits de préservation[®]) peuvent entrer dans la catégorie des combustibles de récupération².

Note : Les produits composites[®] sont *a priori* exclus à moins que des solutions de séparation performantes permettent d'isoler la partie combustible bois énergie qu'ils contiennent.

A noter :

- Le référentiel propose de réaliser les tests *a minima* et n'exclut pas que pour des mélanges et préparations de produits listés (**Annexe 4**).
- Les mélanges et préparations n'intégreront que les produits entrant dans la catégorie « combustibles bois énergies » définis dans les référentiels.

2. Caractéristiques des « connexes des industries du bois »

2.1 Caractéristiques des connexes des industries du bois

Les produits connexes des industries peuvent être de deux natures différentes ;

- Aucuns traitements et adjuvants,
- Traitements et/ou adjuvants

Dans le premier cas, les critères permettant de les caractériser sont les suivants :

- Paramètres dits « normatifs » :
 - ⇒ Granulométrie ;
 - ⇒ Humidité ;
 - ⇒ Taux de cendres ;
- Paramètre dit « informatif » :
 - ⇒ Quantité d'énergie disponible par unité de masse

¹ Scierie, tranchage, pâte à papier/papier, panneaux, construction, emballage, ameublement, autres fabrications en bois.

² Objet d'un autre comité technique du CEN, le TC 343 (**Annexe 1**).

Dans le cas le deuxième cas, on ajoutera à ces paramètres, les critères permettant de les caractériser sont les suivants :

- Des paramètres dits « normatifs » :
 - ⇒ Granulométrie ;
 - ⇒ Humidité ;
 - ⇒ Taux de cendres ;
 - ⇒ Taux d'azote (pour certains produits) ;
- Des paramètres dits « informatifs » :
 - ⇒ Quantité d'énergie disponible par unité de masse ;
 - ⇒ Taux de chlore (pour certains produits);
 - ⇒ Autres : à préciser par produits³ (cf. listes des produits en **Annexe 4** et section **2.2.7**).

La provenance (zone géographique de production du produit), n'est pas un critère de classement (CEN/TS 15234⁴ recommande de préciser le pays d'origine du combustible sur la fiche de déclaration du combustible). Toutefois, cette information peut être exigée contractuellement (région, département, zonage spécifique type ICHN⁵, ...).

La détermination de caractéristiques des combustibles nécessite de réaliser des mesures sur un **échantillon représentatif** des produits livrés. L'**Annexe 7** « Exemple de fiche de prélèvement » présente à titre indicatif un exemple de fiche qui peut être remplie lors des prélèvements. L'**Annexe 8** « Constitution des échantillons selon CEN/TS 14778, 14779, 14780 » présente une méthode permettant de déterminer la taille et la composition des prélèvements.

La taille de l'échantillon à tester tient compte de deux paramètres :

- La représentativité de l'échantillon ;
- Les capacités des appareils de mesures existants sur le marché.

Les prélèvements peuvent être réduits après malaxage (éventuellement précédé d'un broyage) afin de s'ajuster à la taille des appareils de mesure. Les spécifiques techniques de mesures précisent généralement la taille de l'échantillon à tester après réduction.

Pour la mesure du taux de cendres, du taux de chlore et la mesure directe du PCI, les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à quelques grammes. L'affinage est généralement réalisé par le laboratoire.

2.1.1 Granulométrie

2.1.1.1 Importance de la granulométrie

Le choix de la granulométrie s'établit selon le type d'installation de combustion : type de foyer et système d'aménagement du combustible du silo au foyer.

Elle dépend de quatre paramètres principaux : la nature, l'état et le réglage des couteaux, l'outil utilisé (type de broyeur ou de coupeuse), la dimension des éléments broyés et la vitesse d'introduction des bois dans la machine.

³ Cette catégorie entre dans la logique du CEN TC335 sur la composition chimique des produits, car certaines propriétés comme les « éléments majeurs et mineurs [...] peuvent apporter des compléments d'information utiles » (CEN/TS 14234).

⁴ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).

⁵ Indemnités Compensatoires de Handicaps Naturels, pour plus d'information : <http://agriculture.gouv.fr>

2.1.1.2 Mesure de la granulométrie

La classe de granulométrie est déterminée par tri des éléments dans différents tamis animés d'un mouvement rotatif. Il faut disposer au minimum de 4 tamis pour déterminer la classe de granulométrie :

- Le tamis correspondant à la partie « grossière » ;
- Le tamis correspondant à la classe de granulométrie ;
- Le tamis à maille de 3,15 mm ;
- Le tamis correspondant de 1 mm.

On trouvera en **Annexe 9** un exemple de procédure de détermination de la granulométrie conforme aux exigences de CEN/TS 15149.

2.1.1.3 Classes de granulométrie

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de granulométries (P pour *particle size*) suivantes :

| | Fraction principale > 80 % du poids | Fines < 5 % | Fraction dont la granulométrie est supérieure à ... (<i>la valeur ci-dessous</i>) doit être < 1 % |
|-----------------|--|-------------|---|
| P8 ⁶ | P < 8 mm | < 1 mm | < 45 mm |
| P16 | 3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm | < 1 mm | > 45 mm, l'ensemble < 85 mm |
| P45 | 3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm | < 1 mm | > 63 mm |
| P63 | 3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm | < 1 mm | > 100 mm |
| P100 | 3,15 mm ≤ P ≤ 100 mm | < 1 mm | > 200 mm |
| P300 | 3,15 mm ≤ P ≤ 300 mm | < 1 mm | > 400 mm |

CEN/TS 14961 précise que 80 % (en masse) du combustible doit passer entre les mailles d'un tamis correspondant à la classe de granulométrie et être retenue dans le tamis correspondant à une granulométrie de 3,15 mm.

En aucun cas, la masse de « fines » ne doit dépasser 5 % (les fines sont des éléments passant au travers du tamis de 1 mm). Le respect de ce paramètre est indispensable pour limiter l'envol de poussières dans les fumées. Le filtrage des poussières nécessite des investissements importants et peut générer des coûts d'élimination élevés. Il est admis que 1 % des éléments (en masse) peuvent avoir une granulométrie dépassant nettement la valeur nominale de la classe, ces éléments constituant alors la « fraction grossière ». En pratique, cela signifie que dans une tonne de bois combustible on peut trouver jusqu'à 50 kg de fines et 10 kg de fractions grossières.

2.1.2 Taux d'humidité

2.1.2.1 Importance de l'humidité

L'humidité contenue dans le bois est déterminante pour le bon fonctionnement de la chaudière. Une humidité mal adaptée est susceptible de réduire son rendement thermique et également de provoquer des rejets dans l'atmosphère pouvant dégrader la qualité de l'air. Une humidité trop faible peut entraîner des surchauffes dans le foyer et l'endommager. Par ailleurs le pouvoir calorifique dépend principalement du taux d'humidité du bois.

⁶ Catégorie ajoutée par rapport au CEN pour, par exemple, les besoins de certaines installations (dont gazéification) ayant des demandes spécifiques.

2.1.2.2 Mesure de l'humidité

La précision de la détermination de l'humidité dépend de deux paramètres :

- La taille de l'échantillon ;
- L'appareil de mesure : étuve, « PCI-mètre », four à micro-ondes, etc., ...⁷

Selon CEN/TS 14774, le minimum à tester est de 300 g ; cependant il est recommandé de tester une masse supérieure à 500 g, voire 1 à 2 kg lorsque la granulométrie est supérieure à 100 mm. CEN/TS 14774 propose une méthode de référence et une méthode simplifiée :

- La méthode de référence et la méthode simplifiée sont des méthodes par déshydratation en étuve à une température comprise entre 103 et 107°C. Elles nécessitent de posséder une balance de précision (0,1 g), pour peser le combustible, avant et après élimination de l'eau. La durée de la déshydratation est d'environ 24 heures.
- La méthode de référence exige que l'échantillon soit disposé dans des coupelles de façon à exercer une pression d'environ 1 g/cm². Cette disposition permet une meilleure ventilation des éléments et une dessiccation homogène

On trouvera en **Annexe 10** un exemple de procédure pour appliquer la méthode simplifiée.

Lorsque le combustible est homogène (granulométrie et humidité), il n'y a pratiquement pas de différence entre la méthode de référence et la méthode simplifiée proposée dans le CEN TC335. CEN/TS 14774 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures. Le choix de la méthode pour mesurer l'humidité dépendra d'abord de l'incertitude maximale, par rapport à la méthode de référence normalisée (CEN/TS 14774-1) et de l'intérêt de disposer d'un résultat immédiat.

| Méthodes | Avantage | Inconvénient | Temps passé par l'opérateur |
|--|---------------------|---|-----------------------------|
| Méthode de référence (CEN/TS 14774-1) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures | 30 à 40 minutes |
| Méthode simplifiée (CEN/TS 14774-2) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures Incertitude de 1 à 2 points par rapport à la méthode de référence | 20 à 30 minutes |
| <i>Méthodes et quelques outils possibles de façon opérationnelle⁸</i> | | | |
| Méthode par un micro-ondes | Résultat immédiat | Incertitude pouvant atteindre 10 à 15 points par rapport à la méthode de référence Risque d'auto - inflammation | 30 à 40 minutes |
| « PCI-mètre » pour taux d'humidité | Résultat Immédiat | Incertitude de 2 à 3 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. | 30 à 40 minutes |
| FMV 3000 | Immédiat | Nécessite des étalonnages précis. Risque d'incertitude élevé pouvant atteindre 10 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. Limite surtout pour les produits « humides » | 5 à 10 minutes |

Les laboratoires facturent généralement les mesures d'humidité entre 30 et 70 € par mesure (à titre indicatif).

⁷ Cf. « Mesure des caractéristiques des combustibles bois : évaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible », CRITT bois, FIBOIS, CTBA, Juin 2001.

⁸ Cf. **Annexe 11**, **Annexe 12** et **Annexe 13**.
ADEME

2.1.2.3 Classes d'humidité

Le CEN/TS 14961 a retenu différentes classes d'humidité (M pour *moisture*), complétées dans la rédaction des référentiels par les besoins des utilisateurs/opérateurs (avec un *) :

| Humidité (% à la livraison) ⁹ | |
|---|----------------------|
| M10* | ≤ 10 % ¹⁰ |
| M20 | ≤ 20 % |
| M25* | ≤ 25 % |
| M30 | ≤ 30 % |
| M35* | ≤ 35 % |
| M40 | ≤ 40 % |
| M45* | ≤ 45 % |
| M50* | ≤ 50 % |
| M55 | ≤ 55 % |
| M65 | ≤ 65 % |

Les classes sont données en pourcentage d'humidité sur brut (masse d'eau /masse totale).

Les classes d'humidité ont des amplitudes de 10 à 15 points dans le CEN TC335 et sont plus précises dans les référentiels. Les valeurs ont été choisies de telle sorte que les concepteurs de chaufferies, chaudières et dispositifs de stockage puissent disposer de l'information nécessaire pour concevoir les appareils, préciser le cahier des charges des combustibles à respecter et rédiger le carnet d'entretien des matériels.

2.1.3 Quantité de chaleur fournie (PCI)

2.1.3.1 Importance du PCI

Le pouvoir calorifique correspond à la quantité d'énergie (par unité de masse ou de volume) dégagée par un corps lors de sa combustion complète (CEN/TS 14588). Il faut distinguer :

- Le **pouvoir calorifique supérieur (PCS)** : valeur absolue de l'énergie spécifique de combustion (exprimée en Joules par unité de masse) d'un combustible solide brûlé en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique dans des conditions spécifiques (CEN/TS 14588). La mesure est relevée avant que la vapeur d'eau ne se condense.
- Le **pouvoir calorifique inférieur (PCI)** : valeur mesurée lorsque toute l'eau des produits de la réaction est à l'état de vapeur (0,1 Mpa). Cette valeur sert souvent de base pour les transactions commerciales des combustibles bois.

Le PCI correspond à la quantité de chaleur maximale qui pourra être dégagée dans une chaudière classique. La détermination du PCI nécessite la mesure du PCS, c'est pourquoi cette notion est souvent utilisée. On peut également penser que les parcs de chaudières compteront de plus en plus d'appareils à condensation permettant d'utiliser la totalité de l'énergie contenue dans le PCS.

Bien que les travaux européens conseillent l'emploi du Joule et de ses multiples, l'usage est le plus souvent d'exprimer les résultats en kilowatt-heure (kWh) ou mégawatt-heure (MWh).

La mesure du PCI peut se faire par mesure du PCS dans une bombe calorimétrique, puis détermination dans un condenseur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à la capacité de l'appareil (généralement 1 à 2 g, parfois 5 g)

Selon CEN/TS 14918 la précision des mesures est satisfaisante si les essais de répétabilité donnent des résultats qui diffèrent de moins de 120 J/g et ceux de reproductibilité des écarts inférieurs à 300J/g.

⁹ Les classes avec un * sont celles qui ont été ajoutées par rapport au CEN TC335.

¹⁰ Pour emploi intérieur, dont parquet...

Les déterminations du PCI par essai en bombe calorimétrique sont facturées à titre indicatif entre 250 et 450 € par essai (broyage du combustible compris). Il est conseillé de réaliser au moins trois essais pour appliquer les tests de répétabilité.

Un exemple de procédure de mesure du PCI en application de CEN/TS 14918 figure en **Annexe 14**.

On constate que PCS et PCI à l'état anhydre varient peu suivant les différentes essences de bois. Pour les feuillus le pouvoir calorifique inférieur anhydre se situe 18 et 19 MJ/kg (4 800 à 5 300 kWh/tonne) ; pour les conifères, il est légèrement plus élevé compte tenu de la présence de résine.

2.1.3.2 Mesure du PCI

Le PCI **dépend principalement de l'humidité du combustible**, c'est pourquoi le PCI est souvent évalué à partir de l'humidité du bois (H) par la formule :

$$Q = Q_0 \times \frac{100 - H}{100} - 0,02443 \times H \text{ pour un PCI en MJ/kg.}$$

Si le résultat doit être donné en kWh/kg il faut diviser par 3,6 la valeur exprimée en MJ/kg.

Q_0 correspond au PCI du bois à l'état anhydre.

Exemple numérique :

$Q_0 = 17,3 \text{ MJ/kg (4 800 kWh/t)}$

$H = 30 \%$

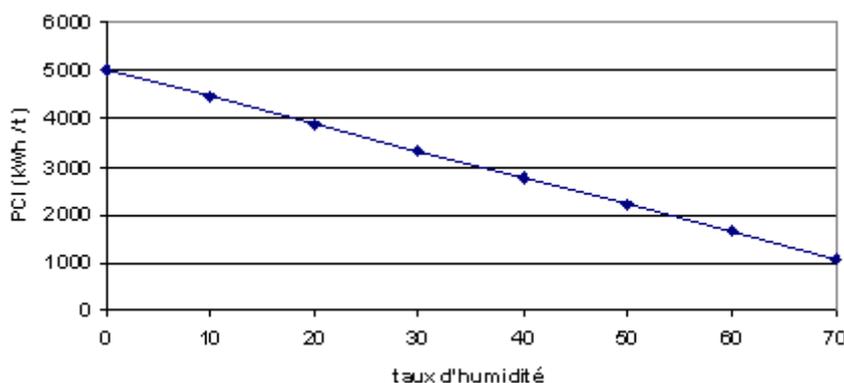
Le PCI est 11,4 MJ/kg, soit 3 160 kWh/t

On trouvera en **Annexe 15** un exemple de procédure de calcul du PCI à partir de l'humidité moyenne du lot.

La précision de la détermination du PCI dépend bien évidemment de la précision avec laquelle a été déterminée la valeur du PCI anhydre et celle de l'humidité.

Le site DGEMP-ADEME propose, dans un objectif statistique, de calculer, à l'aide d'une formule simplifiée le PCI d'un lot de bois à partir de l'humidité.

Evolution du PCI du combustible en fonction de son humidité (sur brut)



Formule (en kWh / t) : $PCI (E \%) = (PCI (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6 \times E$ avec E = l'humidité (sur masse brute) du bois en pourcentage

La formule exacte est : $PCI (E \%) = (PCI (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6.7861 \times E$

La courbe est représentée pour un PCI anhydre de 5 000 kWh / t. Selon CEN/TS 14961, le PCI anhydre varie généralement entre 5 000 et 5 300 kWh/t (18 à 19 MJ/kg).

Un exemple d'abaque de calcul du PCI en fonction de l'humidité uniquement et des données par essence sont mis en **Annexe 16** (il s'agit uniquement de données pour les plaquettes forestières¹¹).

Le tableau ci-après résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du PCI anhydre et de l'humidité du lot :

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incetitude par point d'humidité | Incetitude en % sur le PCI anhydre | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| 15 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 |

Ce tableau montre que :

- Si l'on utilise la classe d'humidité (et non la valeur exacte) de la classe de PCI, l'incertitude est d'environ 20 % pour les bois appartenant aux classes M55 et M65 , elle est d'environ 15 % pour les classes M20, M30 et M40 ;
- Si l'on recherche une précision de 10 % il faut connaître l'humidité avec une incertitude inférieure ou égale à 5 %. Le PCI-mètre et, dans certains cas, le FMV 3000 peuvent être utilisés pour ces mesures ;
- Si l'on recherche une précision de 5 %, il faut connaître l'humidité avec une précision de 2 %, la méthode simplifiée CEN/TS 14474-2 peut être appliquée ;
- Si l'on recherche une précision inférieure à 5 %, seule la méthode de référence CEN/TS 14474-1 peut être appliquée.

Un résultat plus précis pourrait être obtenu en faisant intervenir le taux de cendres. Il permet en fait d'avoir une meilleure précision sur le PCI anhydre, en déterminant le PCI, hors cendres. L'application de la formule nécessite de connaître le taux de cendres du combustible. La littérature donne quelques valeurs moyennes de taux de cendres non exogène (cf. 0) des principaux combustibles bois. Les cendres exogènes pouvant être en quantité très variable, l'utilisation de cette formule n'a de réel intérêt que si des mesures fréquentes sont réalisées pour déterminer le taux de cendres.

$$Q = Q_{0,net,daf} \times \frac{100 - (H + A_{h\%})}{100} - 0,02443 \times H$$

où

Q est le PCI en MJ/kg ;

$Q_{0,net,daf}$ est le PCI à l'état anhydre et pour un combustible, taux de cendres exclus.

H est l'humidité du lot ;

¹¹ Pour les plaquettes forestières, il est possible d'avoir recours à un outil disponible en ligne (feuille Excel) avec des conversions par essence sur : <http://www.itebe.org/portail/affiche.asp?arbo=1&num=455>.
ADEME

$A_{h\%}$ est le taux de cendres du lot, exprimée en pourcentage de la masse totale (eau comprise).

Exemple numérique :

$$Q_{o,net,daf} = 17,5 \text{ MJ/kg (4 860 kWh/kg)}$$

$$H = 30 \%$$

$$A_{h\%} = 3 \%$$

Le PCI est 12 MJ/kg, soit 3,3 45 kWh/t

Le tableau ci-dessous résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du taux de cendres et de l'humidité du combustible.

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertitude par point d'humidité | Incertitude sur le taux de cendres | | | | | 10 |
|----------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| 15 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 23 |

2.1.4 Taux de cendres

2.1.4.1 Importance du taux de cendres

Les cendres sont un sous produit de la combustion qu'il faut stocker puis valoriser ou éliminer. Par ailleurs, Il existe deux types de cendres :

- Les cendres non exogènes produites par les matières minérales constitutives du bois ;
- Les cendres exogènes produites par des impuretés acheminées avec le bois (terres, cailloux, graviers chutes de métal, etc.).

La détermination du taux de cendres est nécessaire lorsque l'on souhaite calculer de façon très précise le PCI du combustible.

L'usage a souvent consacré le terme taux de cendres pour les cendres non exogènes et taux d'impureté pour les cendres exogènes.

2.1.4.2 Mesure du taux de cendres

Le taux de cendres se mesure dans un incinérateur, généralement sur des échantillons de 1 à 2 g, parfois 5 g. Le combustible est réduit en particules de moins de 1 mm de granulométrie (idéalement 0,25 mm). Le taux de cendres mesuré correspond le plus souvent au taux de cendres non exogènes.

CEN/TS 14775 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures, toutefois l'annexe informative suggère d'utiliser le test de répétabilité et reproductibilité de ISO 1171 (Solid Mineral Fuels) :

Test suggéré pour accepter le résultat de la détermination du taux de cendres

| Taux de cendres | Valeur maximale acceptable entre les résultats | |
|--------------------------|--|--|
| | Répétabilité (Même laboratoire) | Reproductibilité (Entre plusieurs laboratoires) |
| Inférieur à 10 % | 0,2 % sur l'écart maximal | 0,3 % sur l'écart maximal |
| Supérieur ou égal à 10 % | 2 % par rapport à la moyenne | 2 % par rapport à la moyenne |

On trouvera en **Annexe 17** un exemple de procédure de détermination du taux de cendres en incinérateur.

2.1.4.3 Classes de taux de cendres

CEN/TS 14961 recommande d'exprimer le taux de cendres en classes allant de A0,7 à A10+ correspondant au pourcentage (en masse) du poids de cendres sur le poids de combustible sec.

La mesure du taux de cendres est généralement facturée entre 100 et 200 € par essai (à titre indicatif). Il est recommandé de réaliser au moins trois mesures pour appliquer le test de répétabilité.

Il est possible de connaître le taux de cendres habituellement constaté à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 (voir **Annexe 18**) :

- Ecorces : 5 %
- Rémanents forestiers : 2 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,3 %.

Pour le broyat de palette, des essais de combustion réalisés par le CTBA pour l'ADEME indiquent des valeurs de 0,6 à 1 % et 0,75 % en moyenne¹².

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de cendres (A pour *ash*) suivantes

| Cendres (% en masse sur produit sec) | |
|---|----------|
| A0.7 | ≤ 0,7 % |
| A1.5 | ≤ 1,5 % |
| A3.0 | ≤ 3,0 % |
| A6.0 | ≤ 6,0 % |
| A10.0 | ≤ 10,0% |
| A10.0+ | > 10,0 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Note : une classe spécifique est proposée dans CEN/TS 14961 pour l'écorce : A12≤ 12,0%.

2.1.5 Taux de chlore

2.1.5.1 Importance du taux de chlore

A l'état naturel le bois comporte des chaînes moléculaires organo-chlorées. Un certain nombre de produits de préservation du bois ont pour substances actives des composés organo-chlorés qui viennent se fixer sur le bois.

La présence de chlore dans un combustible peut avoir comme conséquence la production d'acide chlorhydrique pouvant endommager certains constituants de la chaudière. C'est pourquoi certains cahiers des charges, en particulier lorsque l'approvisionnement se fait avec des bois susceptibles d'avoir subi un traitement chimique, prévoient un taux maximal admis.

Bien que nécessaire à la production de dioxine, la quantité de chlore ne suffise pas à en estimer le risque. En effet le taux de chlore n'est pas corrélé aux taux d'organo-chlorés et aux taux d'organo-halogénés. Néanmoins, un taux de chlore supérieur aux teneurs naturelles démontre l'existence

¹² CTBA (1999), « Etude comparative de combustion de broyats de palettes et d'écorces sur chaufferie collective », étude pour l'ADEME.
ADEME page 58/124

d'un traitement. Il restera à définir l'importance de ce traitement en analysant les organo-halogénés totaux (cf. 2.2.7).

2.1.5.2 Mesure du taux de chlore

Le taux de chlore se fait après oxydation du combustible en incinérateur, puis recherche du chlore par analyse par chromatographie. CEN/TS 15289 attire l'attention sur le respect des règles nationales de sécurité à observer et sur la nécessité de faire appel à du personnel qualifié. En pratique, ces mesures sont à faire par des laboratoires spécialisés. Elles sont généralement facturées entre 225 et 400 € (à titre indicatif). CEN/TS 15289 ne donne pas d'indications chiffrées pour évaluer la précision des mesures, il recommande aux laboratoires de mettre en place des procédures d'assurance qualité et de bonnes pratiques de laboratoire.

Lorsque la connaissance de l'origine du bois permet d'assurer que le bois n'a fait l'objet d'aucun traitement chimique, le taux de chlore peut être évalué à partir des données contenues dans les annexes de CEN/TS 14961.

2.1.5.3 Classes de taux de chlore

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de chlore suivantes

| Chlore (% en masse sur produit sec) | |
|---|--|
| Cl0.03 | ≤ 0,03 % |
| Cl0.07 | ≤ 0,07 % |
| Cl0.01 | ≤ 0,10 % |
| Cl0.01+ | > 0,10 % valeur réelle à mentionner |

Il est possible de connaître le taux de chlore habituellement constaté pour les seuls produits suivants à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 :

- Ecorces : 0,02 %
- Rémanents forestiers : 0,01 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,01 %.

Ainsi, selon le CEN/TS 14961 le bois non-traité chimiquement appartient normalement à la classe 0,03, ce qui revient à dire qu'il contient moins de 0,03 % de chlore par rapport à la masse totale.

2.1.6 Taux d'azote (bois adjuvantés seulement)

La détermination du taux d'azote est demandée par le CEN TC335 pour les bois ayant subi un traitement chimique (colle, vernis, etc.). Plus le taux d'azote est élevé, plus le combustible contient une proportion importante d'adjuvant[®]. Par ailleurs le taux d'azote est une caractéristique facile à mesurer. A titre indicatif, le coût d'une mesure faite en laboratoires spécialisés est de 350 €¹³.

La mesure du taux d'azote ne dispense pas le producteur de combustible de démontrer, grâce à une chaîne de traçabilité, que le bois n'a pas été enduit avec des composés organiques halogénés ou des métaux lourds[®] (pour plus de précision, cf. 2.2.7).

¹³ La détermination se fait conformément à CEN/TS 15104 (détermination du carbone, hydrogène et azote). La mesure consiste à incinérer un échantillon de combustible réduit à l'état de particules de moins de 1 mm de granulométrie. L'échantillon est réalisé selon CEN/TS 14780 et l'humidité déterminée suivant CEN/TS 14774. L'azote se trouve sous forme de gaz et d'oxydes d'azote. La fraction d'azote est évaluée quantitativement par dosage des gaz. CEN/TS 15104 propose les tests de répétabilité (dans un même laboratoire) et répétitivité (entre plusieurs laboratoires).

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux d'azote (N pour *nitrogen*) suivantes :

| Azote (% en masse sur produit sec) | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| N0.5 | ≤ 0,5 % |
| N1.0 | ≤ 1,0 % |
| N3.0 | ≤ 3,0 % |
| N3.0+ | > 3,0 % valeur réelle à mentionner |

Il est possible de connaître le taux d'azote habituellement constaté pour les produits suivants à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 :

- Ecorces : 0,5 %
- Rémanents forestiers : 0,5 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,1 %.

2.1.7 Autres paramètres

2.1.7.1 Soufre

Si l'objectif est d'identifier des produits pouvant potentiellement avoir un effet corrosif sur les installations, des recherches sur le **soufre**¹⁴ (et le chlore) peuvent être entreprises. En effet, lors de la combustion, les oxydes de soufre peuvent entraîner une corrosion du système et participer à réduire son efficacité et donc impacter la qualité des émissions atmosphériques. Le soufre est donc recherché pour ces raisons.

2.1.7.2 Autres éléments (niveaux de concentration) (bois adjuvantés seulement)

Plusieurs principes généraux peuvent être repris :

- Si finition (produit de surface, revêtement), alors intérêt d'étudier les métaux lourds totaux.
- Si traitement de durabilité (dont pesticides/fongicides), alors intérêt d'étudier les métaux lourds totaux (300 euros à titre indicatif), les organo-halogénés (1 300 € à titre indicatif), éventuellement le bore (traitement temporaire).
- Si traitement pour ignifugation, alors intérêt d'étudier le bore ou le phosphore (250-300 euros l'analyse du prélèvement à titre indicatif¹⁵).

Afin de donner des ordres de grandeur, on peut estimer, sur la base de l'étude CTBA réalisée pour l'ADEME en 2003¹⁶, que les **critères d'inclusion** des produits aux référentiels sont les suivants :

- **Organo-halogénés totaux**[®] : max 10 ppm (valeur matière sèche totale)¹⁷
- Métaux lourds (dont notamment **cuivre, chrome, arsenic**) : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)
- **Bore** : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)

Cette approche rejoint celle que l'on retrouve dans la circulaire du 12 mai 2005¹⁸ relative aux installations de combustion de bois - Cas particulier des panneaux de particules - Inspection des installations classées : « un classement sous la rubrique 2910 B est possible [...] dans le cas de déchets de bois adjuvantés (déchets contenant des restes de colle, produits de finition et de préservation), et plus particulièrement de résidus de panneaux de particules [...] sous réserve que l'exploitant démontre par analyse l'absence de métaux et de substances halogénées dans les adjuvants utilisés et susceptibles d'être retrouvés dans les résidus [...] ».

¹⁴ Le CEN TC335 mentionne également le soufre pour les briquettes et granulés, produits qui ne sont pas étudiés dans les présents référentiels.

¹⁵ Il faut également noter que pour toute analyse, le coût d'un prélèvement de l'ordre de 600 à 800 €.

¹⁶ Ce travail visait à vérifier dans les produits bois, les éléments réglementés qui sont susceptibles d'être présents à des concentrations significatives, c'est à dire à des concentrations supérieures aux **niveaux naturellement existant** dans la biomasse.

identifier concentrations significatives, c'est à dire à des concentrations supérieures aux niveaux naturellement existant dans la biomasse

¹⁷ Organo-halogénés totaux : (PCP - pentachlorophénol, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide.

¹⁸ BOMEDD n° 05/20 du 30 octobre 2005, NOR : DEV0540259C (<http://www.ecologie.gouv.fr/Bulletin-officiel-No-20-du-30,4875.html>)

Le CEN/TS 15297 donne des indications sur les méthodes de détermination des éléments mineurs : arsenic*, cadmium*, cobalt, chrome*, cuivre*, mercure*, manganèse, molybdène, nickel*, plomb*, antimoine*, vanadium et zinc. Ces méthodes peuvent être utilisées pour le dosage du sélénium*, de l'étain* et du thallium* (* correspondent aux métaux lourds identifiés dans la réglementation déchet, annexe II).

2.1.7.3 Provenance du combustible bois énergie

La provenance (origine géographique) du combustible peut permettre d'apporter des informations complémentaires quant aux caractéristiques de certains produits. CEN/TS 15234¹⁹ recommande de préciser le pays d'origine du combustible. Une telle indication est surtout intéressante pour évaluer la nature des adjuvants (produit de traitement de préservation), lorsque le combustible a pour origine les connexes de la transformation du bois et *a fortiori* les produits en fin de vie. CEN/TS 15234 précise toutefois, qu'une localisation plus précise peut être prévue contractuellement.

2.1.8 Pour résumer

| | | Produits connexes des industries du bois |
|-------------------|---|---|
| NORMATIF | Granulométrie (plaquette et broyat; écorce si déchiquetée ou non) | * |
| | Humidité | * |
| | Taux de cendres | * |
| | Azote | <i>si encollage</i> |
| INFORMATIF | Quantité d'énergie disponible par unité de masse | * |
| | Masse volumique apparente | <i>si transaction par volume</i> |
| | Chlore | <i>selon le produit</i> |
| <i>Informatif</i> | <i>Métaux lourds, organo-halogénés</i> | <i>si ajouts de produits de finition ou de préservation</i> |
| | <i>Autres critères</i> | <i>selon le produit (ex. traitement anti-bleu : bore)</i> |

Note : Pour toutes les rubriques, des classes sont proposées à partir du CEN TC335. Pour les métaux lourds, organo-halogénés et autres critères des seuils limites sont indiqués.

¹⁹ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).
ADEME

3. Garantie de respect du référentiel « connexes des industries du bois »

Afin de garantir l'origine des combustibles bois énergie, les opérateurs peuvent décider de mettre en place un système de traçabilité des produits. Ceci permettrait d'assurer un suivi des combustibles depuis leur site de production (usine de transformation du bois, ...) jusqu'à la chaufferie ou l'usine qui doit être approvisionnée avec l'objectif de connaître l'historique d'ajout d'adjuvants®.

3.1 Principes de la chaîne de contrôle des connexes des industries du bois

Deux cas doivent être distingués :

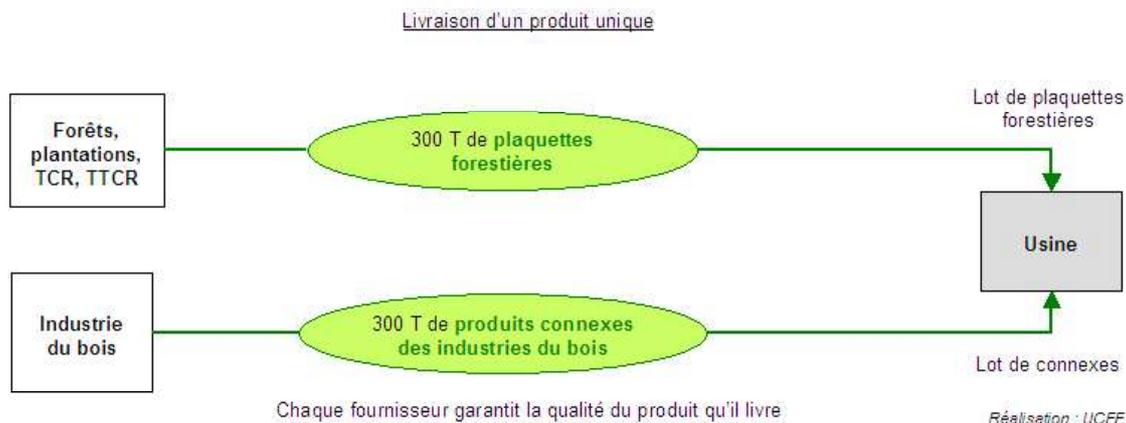
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un seul et même produit ;
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un mix de différents produits.

3.1.1 Livraison d'un combustible unique

Dans ce cas là, il est facile d'avoir une traçabilité précise du produit qui est livré à la chaufferie. En effet, l'unique fournisseur du combustible doit garantir la qualité des produits qu'il livre.

Il semble donc aisé de mettre en place une chaîne de contrôle basée sur le **principe de la séparation physique des lots de produits**, supportée par chaque fournisseur. Les fournisseurs doivent garantir la qualité des produits qu'ils livrent et doivent s'assurer d'être capables de prouver qu'ils respectent leurs engagements.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TCCR = taillis à très courte rotation

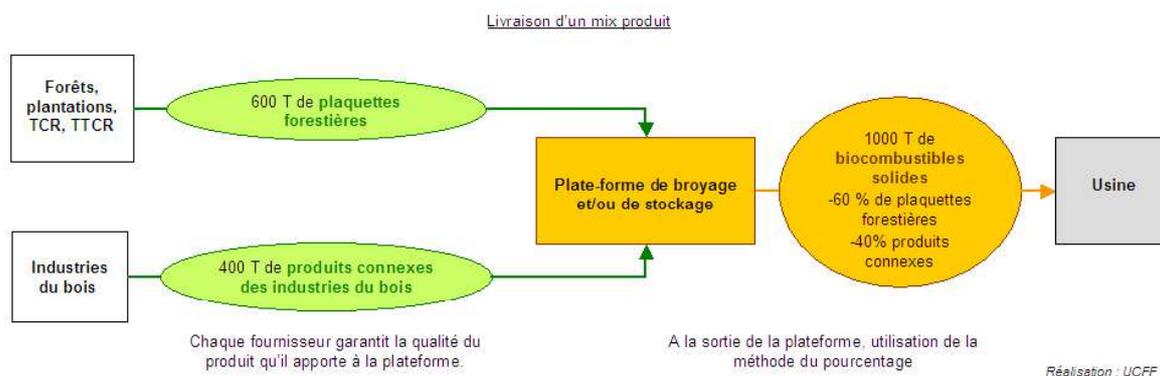
3.1.2 Livraison d'un mix produit

Il s'agit des cas où le produit qui est livré à la chaufferie est un mélange de différents combustibles, qu'il soit livré par un seul ou plusieurs fournisseurs. Cette situation se rencontre lorsque **les produits transitent par une plateforme** de broyage et/ou de stockage pour être mélangés par la suite.

Dans ce cas là, la règle de la séparation physique des produits ne peut plus s'appliquer, c'est la **méthode du pourcentage** qu'il faut suivre. Le mix produit livré à la chaufferie contiendra une proportion de chaque combustible égale à : quantité du combustible / quantité totale livrée.

Chaque produit composant le mix doit être assimilable à du combustible bois énergie faisant partie de la liste de produits identifiés dans les référentiels.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTCR = taillis à très courte rotation

3.2 Informations à recenser

Plusieurs renseignements seront à noter au cours de cette traçabilité :

- **L'origine du produit** (produits issus de forêts et / ou de plantations et / ou de haies, produits issus des industries du bois, produits bois en fin de vie, assortiments/préparations et / ou mélanges de produits) ;
- La **provenance du produit** en fonction de différents zonages géographiques : pays²⁰, région, département, zonages spécifiques de type ICHN (dans le cas des plaquettes forestières).

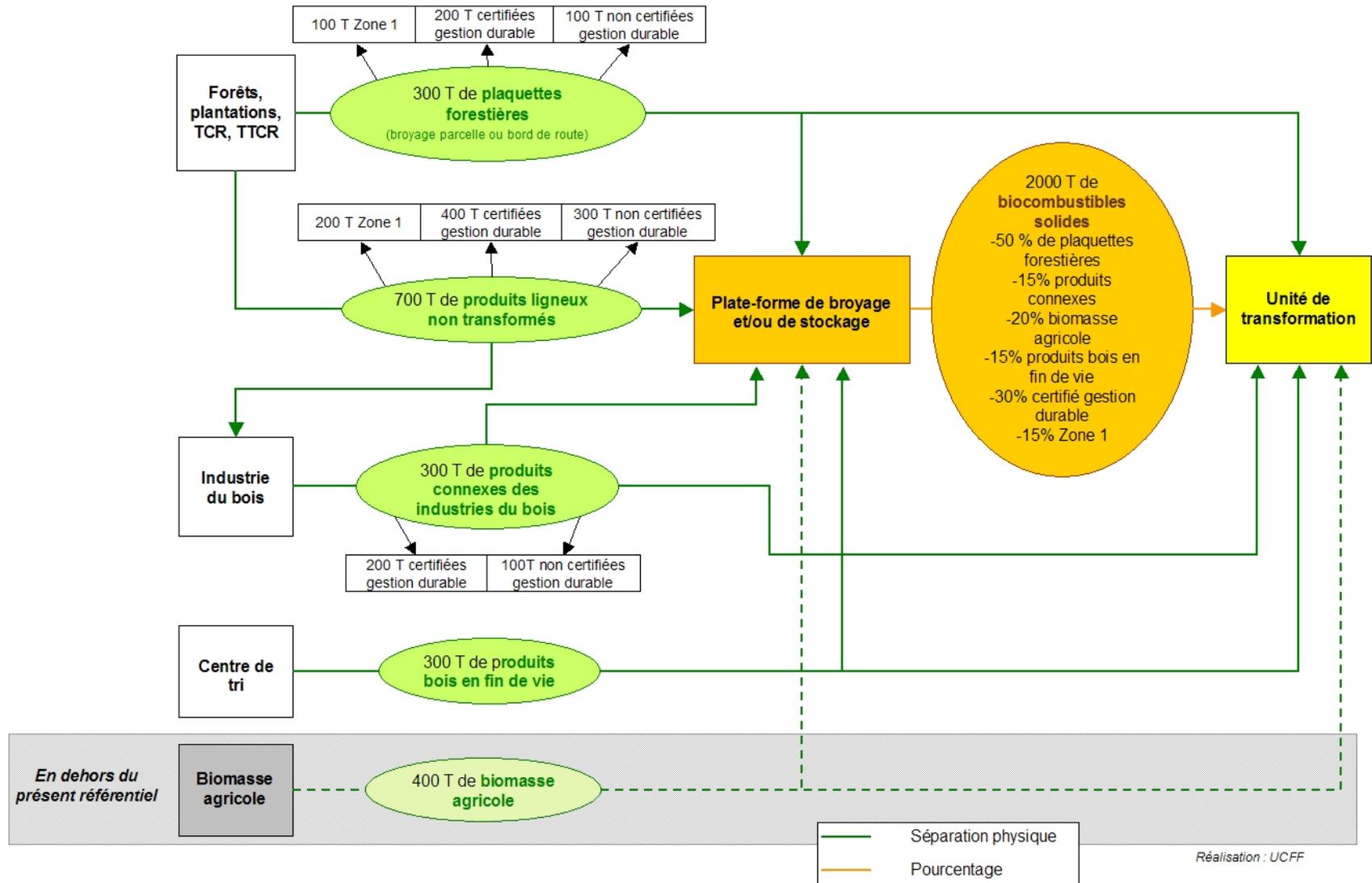
La traçabilité peut être assurée en complément de la chaîne de contrôle de certification « gestion durable »²¹. Outre les informations prévues par le référentiel « connexe des industries du bois », cela permettra d'identifier le volume provenant de forêts gérées durablement. Cela permettra également d'utiliser les contrôles réalisés en aval de la chaîne (granulométrie par exemple).

²⁰ L'origine « pays » est recommandée pour tous les produits par CEN/TS 15234. Il s'agit du lieu de récolte ou du premier lieu de commercialisation du produit.

²¹ En **Annexe 6**, présentation de la certification forestière. Pour la liste des organismes certificateurs, cf. <http://pro.pefc-france.org/Topic.aspx?i=3&v=2133> et <http://www.fsc-france.org>.

3.3 Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des connexes des industries du bois

Le schéma ci-après illustre le système qui pourrait être mis en place.



Ce schéma reprend les différentes possibilités de livraison (produit unique ou mix produit) selon l'origine de chaque combustible. Les combustibles sont donc soit apportés séparément à l'usine qui les consomme (méthode de la séparation physique des produits), soit par l'intermédiaire d'une plateforme (méthode des pourcentages).

Ce schéma détaille, pour chaque combustible, la quantité de produit mais aussi des informations complémentaires qu'il est possible de suivre comme ici :

- Identification si besoin des quantités de produits certifiées « gestion durable » (PEFC, FSC....) ;
- Identification si besoin de la provenance des produits.

Il s'agit de deux types d'informations complémentaires données à titre d'exemple et qui pourront être complétées par d'autres renseignements le cas échéant.

Exemple : 300 T de plaquettes forestières dont :

- 100 T provenant de la zone géographique 1, par exemple le département de la Savoie (et donc 200 T dont la provenance n'est pas précisée) ;
- 200 T de plaquettes forestières certifiées PEFC/FSC... (et donc 100 T de plaquettes non PEFC/FSC...).

Afin de laisser à chaque utilisateur de combustible bois la liberté d'indiquer les caractéristiques des produits qu'il souhaite, les critères mis en évidence sur ce schéma ne sont présents qu'à titre indicatif. Les cahiers des charges de livraison des combustibles seront à préciser contractuellement selon les besoins.

De la même façon, nous avons laissé sur ce schéma la possibilité d'apporter des produits certifiés « gestion durable » pour toutes les origines de combustible bois, il ne s'agit que d'une proposition.

3.4 Procédures de mesure et de contrôle

A ce jour, le système de traçabilité envisagé est un système déclaratif, basé sur l'autocontrôle mené par les fournisseurs et les clients à partir des procédures décrites en annexe.

Plusieurs exigences découlent de la mise en place d'un système de chaîne de contrôle permettant de garantir la qualité des combustibles bois énergie en général et les connexes en particulier livrés tel que définis précédemment. La mise en place de procédures aux différentes étapes de la production et de la commercialisation permet de garantir que les exigences des référentiels sont satisfaites.

3.5 Intervention possible d'un organisme certificateur

La chaîne de contrôle des combustibles bois énergie peut être ou non certifiée par un organisme extérieur¹. Le rôle de l'organisme certificateur serait alors de vérifier que :

- Les procédures mises en place (traçabilité incluse) permettent d'atteindre les exigences des référentiels ;
- Les procédures sont correctement appliquées.

¹ Quelques expériences se développent. Voir à titre d'exemple, http://www.fibra.net/fr/actualites.php?show_new=85.
ADEME

4. Qualité des connexes des industries du bois

Les contrats, bordereaux de livraison, factures ou autres documents annexés aux livraisons renvoient les valeurs de chacun des critères retenus pour la fourniture de combustibles bois énergie. Ces informations permettent le suivi de la qualité des produits et contiennent les renseignements normatifs et *informatifs* (en italique) suivants :

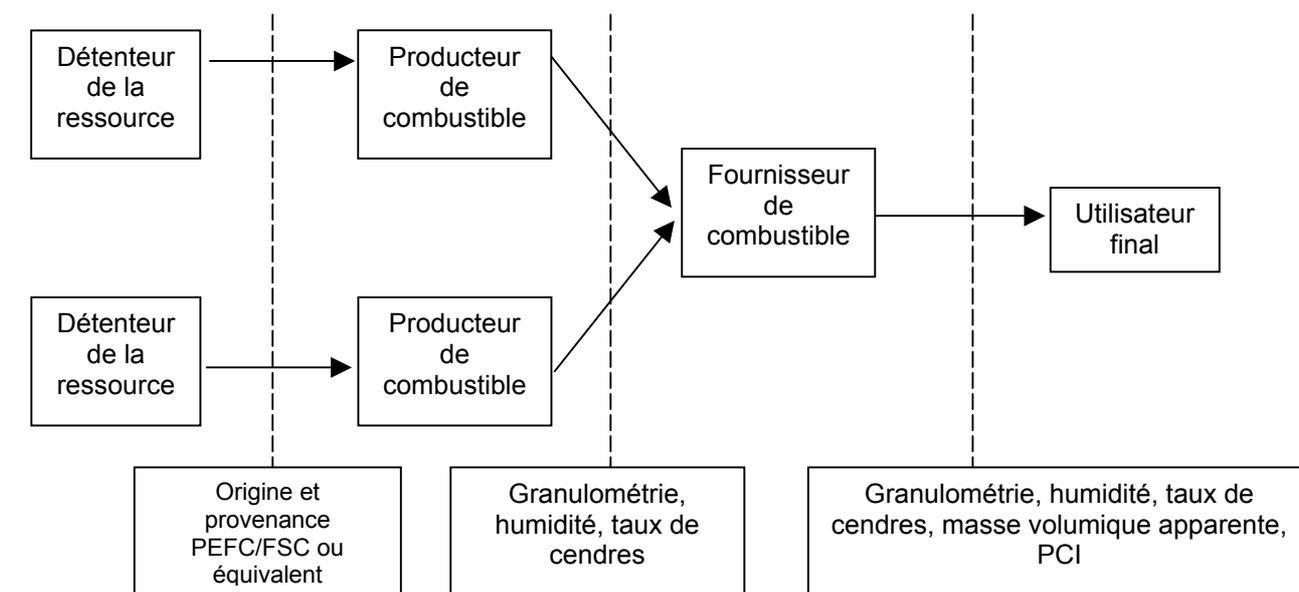
Éléments à recenser pour la qualité des combustibles « connexes des industries du bois »

| | |
|--|---|
| Origine | - Produits connexes des industries du bois - Assortiments/préparations et mélanges de produits - ... |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | - Provenance - Certification « gestion durable » |
| Quantité livrée | En tonne ou en m ³ (apparents) |
| Classe de granulométrie (mm) | P8, P16, P45, P63, P100, P300 |
| Classe d'humidité (%) | M10*, M20, M25*, M30, M35*, M40, M45*, M50*, M55, M65 (* = nouvelles classes par rapport au CEN TC335) |
| Taux de cendres (%) | A0.7, A1.5, A3.0, A6.0, A10.0, A10.0+ (pour écorces: A12.0 et A12.0+) (1) |
| Taux d'azote (%) pour certains produits | N0.5, N1.0, N3.0, N3.0+ (1) |
| Taux de chlore (%) pour certains produits | Cl0.03, Cl0.07, Cl0.10, Cl0.10+ (1) |
| Pouvoir calorifique Inférieur | en kWh/kg |
| Autres ? | Métaux lourds (1) Organo-halogénés (1) Bore (1) Soufre (1) ... Sont exclus les produits ignifugés, souillés, composites (non-séparation des matériaux) et produits dont les concentrations sont supérieures aux seuils proposés (cf. 2.2.7.2) |

(1) Préciser la valeur exacte

Les responsabilités des opérateurs pour la collecte des informations seront fixées contractuellement. On pourra s'inspirer des recommandations de CEN/TS 15234² résumées sur le schéma ci dessous :

Exemple de points de collecte des informations :



² CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).
ADEME

On pourra décider de façon contractuelle de transférer ces informations sur une fiche de déclaration de la qualité, dont un modèle figure ci-dessous, ou de les inclure dans les documents commerciaux.

Exemple de fiche qualité dans la livraison de combustible bois énergie :

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| NOM DU FOURNISSEUR :..... | NOM DU CLIENT :..... |
| N° SIRET :..... | N° SIRET :..... |
| Adresse fournisseur :..... | Adresse client :..... |
| | |
| Code postal :..... | Code postal :..... |
| Tel :..... | Tel :..... |

| | | |
|--|--|---|
| Origine du bois | <input type="checkbox"/> Plaquettes forestières <ul style="list-style-type: none"> • forêts • plantations <input type="checkbox"/> Autres plaquettes (haies bocagères ; zone urbaine ; refus de crible issus du compostage de déchets verts...) <input type="checkbox"/> Produits connexes des industries du bois <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) | <input type="checkbox"/> Produits bois en fin de vie <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) <input type="checkbox"/> Assortiments/préparations et mélanges de produits <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | Types de provenance : <input type="checkbox"/> Pays d'origine <input type="checkbox"/> Région ou département (si prévu contractuellement) | Pour plaquettes forestières (si prévu contractuellement) <ol style="list-style-type: none"> 1. Mentionner le zonage (ex. ICHN, Prométhée) (mentionner) : 2. Indiquer les quantités ou % provenant de forêts certifiées PEFC ou équivalent : |
| Quantité livrée | Masse/volume : Unité : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> tonnes <input type="checkbox"/> m³ apparents | |
| Classe de granulométrie (en mm) <i>(P pour particle size)</i> | <input type="checkbox"/> P8 <input type="checkbox"/> P16 <input type="checkbox"/> P45 <input type="checkbox"/> P63 <input type="checkbox"/> P100 <input type="checkbox"/> P300 | |
| Classe d'humidité (%) <i>(M pour moisture)</i> | <input type="checkbox"/> M10 <input type="checkbox"/> M20 <input type="checkbox"/> M30 <input type="checkbox"/> M35 <input type="checkbox"/> M40 | <input type="checkbox"/> M45 <input type="checkbox"/> M50 <input type="checkbox"/> M55 <input type="checkbox"/> M65 |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Taux de cendres (%) (A pour ash)</p> | <p><input type="checkbox"/> A0.7 <input type="checkbox"/> A1.5 <input type="checkbox"/> A3.0 <input type="checkbox"/> A6.0 <input type="checkbox"/> A10.0 <input type="checkbox"/> A10.0+ Valeur mesurée :</p> | <p>Si écorces : <input type="checkbox"/> A12.0 <input type="checkbox"/> A12.0+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Taux de chlore (cas des bois adjuvantés/traités)</p> | <p><input type="checkbox"/> Cl0.03 <input type="checkbox"/> Cl0.07 <input type="checkbox"/> Cl0.10 <input type="checkbox"/> Cl0.10+ Valeur mesurée :</p> | |
| <p>Taux d'azote (cas des bois adjuvantés/traités) (N pour nitrogen)</p> | <p><input type="checkbox"/> N0.5 <input type="checkbox"/> N1.0 <input type="checkbox"/> N 3.0 <input type="checkbox"/> N 3.0+ Valeur mesurée :</p> | |
| <p>Pouvoir calorifique Inférieur (kWh/t ou kWh/map)</p> | <p>.....</p> | |
| <p>Autres ?</p> | <p>Bore - Valeur mesurée :</p> <p>Soufre - Valeur mesurée :</p> <p>Métaux lourds - Valeur mesurée :</p> <p>Organo-halogénés - Valeur mesurée :</p> <p>...</p> <p>Sont exclus les produits ignifugés, souillés, composites (non-séparation des matériaux) et produits dont les concentrations sont supérieures aux seuils proposés</p> | |
| <p>Essence ou groupe d'essences</p> | <p><i>Pour les plaquettes forestières</i> <i>Pour les connexes de scierie par exemple</i></p> | |

En italique : éléments informatifs

(1) Les adjuvants ne doivent contenir ni composés organo-halogénés, ni métaux lourds, ni bore au-delà des seuils : organo-halogénés totaux : max 10 ppm (valeur matière sèche totale), métaux lourds (dont cuivre, chrome, arsenic) : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale) ; bore : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)

Quelques définitions

Adjuvanté : contenant des substances chimiques, colles ; finition (vernis, peinture, lasure), préservation,...

Composite : est composé de biocombustibles et d'autres matériaux de type ciment, plastique... impropres à la combustion. Les produits composites sont exclus des référentiels à moins qu'une opération de séparation ne soit effectuée et ne permette d'isoler le combustible bois énergie et que celui-ci entre dans l'une des trois catégories identifiées.

Faiblement adjuvanté : adjuvanté qui respecte les seuils recommandés ci-dessus (étude CTBA, 2003). Sont inclus par exemple les panneaux, ... Sont exclus par exemple les bois traités par imprégnation ou ignifugation.

Traité : ayant subi un traitement impliquant des produits chimiques autres que l'air et l'eau (par exemple, colle ou peinture).

Souillé : ayant été en contact avec un produit polluant de façon non-intentionnelle

Métaux lourds : à regarder particulièrement le cuivre, chrome, arsenic (autres métaux possibles : cadmium, mercure, nickel, plomb, antimoine, vanadium, zinc...)

Organo-halogénés totaux : (PCP, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide

Traitements d'ignifugation : ils visent à conférer au matériau un classement de réaction au feu M1. Le traitement consiste à ajouter des sels métalliques au matériau.

**Pour plus d'information, cf. le référentiel « connexes des industries du bois »
sur le site de l'ADEME : www.ademe.fr**



CHAPITRE 4 - REFERENTIEL « PRODUITS EN FIN DE VIE »

1. Définition et origine des « produits en fin de vie »

Il s'agit de bois provenant du broyage de palettes en fin de vie ou d'éléments en bois (meublier, éléments en bois provenant de la déconstruction, etc.). La liste des origines (activités¹) et produits est mise en **Annexe 4**.

Certains produits peuvent contenir des adjuvants[®] et traitements. Selon les cas, ces produits entrent dans la catégorie combustibles bois énergie ou dans la catégorie combustibles solides de récupération.

La traçabilité peut particulièrement poser problème pour ces produits.

Note : Les produits composites[®] sont *a priori* exclus à moins que des solutions de séparation performantes permettent d'isoler la partie combustible bois énergie qu'ils contiennent.

A noter :

- Le référentiel propose de réaliser les tests *a minima* et n'exclut pas que pour des mélanges et préparations de produits listés (**Annexe 4**).

Les mélanges et préparations n'intégreront que les produits entrant dans la catégorie « combustibles bois énergies » définis dans les référentiels.

2. Caractéristiques des « produits en fin de vie »

Les produits en fin de vie peuvent être de deux natures différentes ;

- Aucuns traitements et adjuvants,
- Traitements et/ou adjuvants

Dans le premier cas, les critères permettant de les caractériser sont les suivants :

- Paramètres dits « normatifs » :
 - ⇒ Granulométrie ;
 - ⇒ Humidité ;
 - ⇒ Taux de cendres ;
- Paramètre dit « informatif » :
 - ⇒ Quantité d'énergie disponible par unité de masse

Dans le cas le deuxième cas, on ajoutera à ces paramètres, les critères permettant de les caractériser sont les suivants :

- Des paramètres dits « normatifs » :
 - ⇒ Granulométrie ;
 - ⇒ Humidité ;
 - ⇒ Taux de cendres ;

¹ Construction, grande distribution, industries, déchetteries, plateformes de tri / conditionnement.
ADEME

- ⇒ Taux d'azote (pour certains produits) ;
- Des paramètres dits « informatifs » :
 - ⇒ Quantité d'énergie disponible par unité de masse ;
 - ⇒ Taux de chlore (pour certains produits);
 - ⇒ Autres : à préciser par produits² (cf. listes des produits en **Annexe 4** et section **2.2.7**).

La provenance (zone géographique de production du produit), n'est pas un critère de classement (CEN/TS 15234³ recommande de préciser le pays d'origine du combustible sur la fiche de déclaration du combustible). Toutefois, cette information peut être exigée contractuellement (région, département, zonage spécifique type ICHN⁴, ...).

La détermination de caractéristiques des combustibles nécessite de réaliser des mesures sur un **échantillon représentatif** des produits livrés. L'**Annexe 7** « Exemple de fiche de prélèvement » présente à titre indicatif un exemple de fiche qui peut être remplie lors des prélèvements. L'**Annexe 8** « Constitution des échantillons selon CEN/TS 14778, 14779, 14780 » présente une méthode permettant de déterminer la taille et la composition des prélèvements.

La taille de l'échantillon à tester tient compte de deux paramètres :

- La représentativité de l'échantillon ;
- Les capacités des appareils de mesures existants sur le marché.

Les prélèvements peuvent être réduits après malaxage (éventuellement précédé d'un broyage) afin de s'ajuster à la taille des appareils de mesure. Les spécificités techniques de mesures précisent généralement la taille de l'échantillon à tester après réduction.

Pour la mesure du taux de cendres, du taux de chlore et la mesure directe du PCI, les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à quelques grammes. L'affinage est généralement réalisé par le laboratoire.

2.1 Caractéristiques des produits en fin de vie

2.1.1 Importance de la granulométrie

Le choix de la granulométrie s'établit selon le type d'installation de combustion : type de foyer et système d'aménagement du combustible du silo au foyer.

Elle dépend de quatre paramètres principaux : la nature, l'état et le réglage des couteaux, l'outil utilisé (type de broyeur ou de coupeuse), la dimension des éléments broyés et la vitesse d'introduction des bois dans la machine.

2.1.2 Mesure de la granulométrie

La classe de granulométrie est déterminée par tri des éléments dans différents tamis animés d'un mouvement rotatif. Il faut disposer au minimum de 4 tamis pour déterminer la classe de granulométrie :

- Le tamis correspondant à la partie « grossière » ;
- Le tamis correspondant à la classe de granulométrie ;

² Cette catégorie entre dans la logique du CEN TC335 sur la composition chimique des produits, car certaines propriétés comme les « éléments majeurs et mineurs [...] peuvent apporter des compléments d'information utiles » (CEN/TS 14234).

³ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).

⁴ Indemnités Compensatoires de Handicaps Naturels, pour plus d'information : <http://agriculture.gouv.fr>

- Le tamis à maille de 3,15 mm ;
- Le tamis correspondant de 1 mm.

On trouvera en **Annexe 9** un exemple de procédure de détermination de la granulométrie conforme aux exigences de CEN/TS 15149.

2.1.2.1 Classes de granulométrie

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de granulométries (P pour *particle size*) suivantes :

| | Fraction principale > 80 % du poids | Fines < 5 % | Fraction dont la granulométrie est supérieure à ... (<i>la valeur ci-dessous</i>) doit être < 1 % |
|------|--|-------------|---|
| P85 | P < 8 mm | < 1 mm | < 45 mm |
| P16 | 3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm | < 1 mm | > 45 mm, l'ensemble < 85 mm |
| P45 | 3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm | < 1 mm | > 63 mm |
| P63 | 3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm | < 1 mm | > 100 mm |
| P100 | 3,15 mm ≤ P ≤ 100 mm | < 1 mm | > 200 mm |
| P300 | 3,15 mm ≤ P ≤ 300 mm | < 1 mm | > 400 mm |

CEN/TS 14961 précise que 80 % (en masse) du combustible doit passer entre les mailles d'un tamis correspondant à la classe de granulométrie et être retenue dans le tamis correspondant à une granulométrie de 3,15 mm.

En aucun cas, la masse de « fines » ne doit dépasser 5 % (les fines sont des éléments passant au travers du tamis de 1 mm). Le respect de ce paramètre est indispensable pour limiter l'envol de poussières dans les fumées. Le filtrage des poussières nécessite des investissements importants et peut générer des coûts d'élimination élevés. Il est admis que 1 % des éléments (en masse) peuvent avoir une granulométrie dépassant nettement la valeur nominale de la classe, ces éléments constituant alors la « fraction grossière ». En pratique, cela signifie que dans une tonne de bois combustible on peut trouver jusqu'à 50 kg de fines et 10 kg de fractions grossières.

2.1.3 Taux d'humidité

2.1.3.1 Importance de l'humidité

L'humidité contenue dans le bois est déterminante pour le bon fonctionnement de la chaudière. Une humidité mal adaptée est susceptible de réduire son rendement thermique et également de provoquer des rejets dans l'atmosphère pouvant dégrader la qualité de l'air. Une humidité trop faible peut entraîner des surchauffes dans le foyer et l'endommager. Par ailleurs le pouvoir calorifique dépend principalement du taux d'humidité du bois.

2.1.3.2 Mesure de l'humidité

La précision de la détermination de l'humidité dépend de deux paramètres :

- La taille de l'échantillon ;
- L'appareil de mesure : étuve, « PCI-mètre », four à micro-ondes, etc., ...⁶

Selon CEN/TS 14774, le minimum à tester est de 300 g ; cependant il est recommandé de tester une masse supérieure à 500 g, voire 1 à 2 kg lorsque la granulométrie est supérieure à 100 mm. CEN/TS 14774 propose une méthode de référence et une méthode simplifiée :

- La méthode de référence et la méthode simplifiée sont des méthodes par déshydratation en étuve à une température comprise entre 103 et 107°C. Elles nécessitent de posséder une balance de précision (0,1 g), pour peser le combustible, avant et après élimination de l'eau. La durée de la déshydratation est d'environ 24 heures.

⁵ Catégorie ajoutée par rapport au CEN pour, par exemple, les besoins de certaines installations (dont gazéification) ayant des demandes spécifiques.

⁶ Cf. « Mesure des caractéristiques des combustibles bois : évaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible », CRITT bois, FIBOIS, CTBA, Juin 2001.
ADEME

- La méthode de référence exige que l'échantillon soit disposé dans des coupelles de façon à exercer une pression d'environ 1 g/cm². Cette disposition permet une meilleure ventilation des éléments et une dessiccation homogène

On trouvera en **Annexe 10** un exemple de procédure pour appliquer la méthode simplifiée.

Lorsque le combustible est homogène (granulométrie et humidité), il n'y a pratiquement pas de différence entre la méthode de référence et la méthode simplifiée proposée dans le CEN TC335. CEN/TS 14774 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures. Le choix de la méthode pour mesurer l'humidité dépendra d'abord de l'incertitude maximale, par rapport à la méthode de référence normalisée (CEN/TS 14774-1) et de l'intérêt de disposer d'un résultat immédiat.

| Méthodes | Avantage | Inconvénient | Temps passé par l'opérateur |
|--|---------------------|---|-----------------------------|
| Méthode de référence (CEN/TS 14774-1) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures | 30 à 40 minutes |
| Méthode simplifiée (CEN/TS 14774-2) | Méthode universelle | Résultat disponible en 24 heures Incertitude de 1 à 2 points par rapport à la méthode de référence | 20 à 30 minutes |
| <i>Méthodes et quelques outils possibles de façon opérationnelle⁷</i> | | | |
| Méthode par micro-ondes | Résultat immédiat | Incertitude pouvant atteindre 10 à 15 points par rapport à la méthode de référence Risque d'auto - inflammation | 30 à 40 minutes |
| « PCI-mètre » pour taux d'humidité | Résultat Immédiat | Incertitude de 2 à 3 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. | 30 à 40 minutes |
| FMV 3000 | Immédiat | Nécessite des étalonnages précis. Risque d'incertitude élevé pouvant atteindre 10 points par rapport à la méthode de référence du CEN TC335. Limite surtout pour les produits « humides » | 5 à 10 minutes |

Les laboratoires facturent généralement les mesures d'humidité entre 30 et 70 € par mesure (à titre indicatif).

2.1.3.3 Classes d'humidité

Le CEN/TS 14961 a retenu différentes classes d'humidité (M pour *moisture*), complétées dans la rédaction des référentiels par les besoins des utilisateurs/opérateurs (avec un *) :

| Humidité (% à la livraison) ⁸ | |
|---|---------------------|
| M10* | ≤ 10 % ⁹ |
| M20 | ≤ 20 % |
| M25* | ≤ 25 % |
| M30 | ≤ 30 % |
| M35* | ≤ 35 % |
| M40 | ≤ 40 % |
| M45* | ≤ 45 % |
| M50* | ≤ 50 % |
| M55 | ≤ 55 % |
| M65 | ≤ 65 % |

Les classes sont données en pourcentage d'humidité sur brut (masse d'eau /masse totale).

Les classes d'humidité ont des amplitudes de 10 à 15 points dans le CEN TC335 et sont plus précises dans les référentiels. Les valeurs ont été choisies de telle sorte que les concepteurs de

⁷ Cf. **Annexe 11**, **Annexe 12** et **Annexe 13**.

⁸ Les classes avec un * sont celles qui ont été ajoutées par rapport au CEN TC335.

⁹ Pour emploi intérieur, dont parquet...

chaufferies, chaudières et dispositifs de stockage puissent disposer de l'information nécessaire pour concevoir les appareils, préciser le cahier des charges des combustibles à respecter et rédiger le carnet d'entretien des matériels.

2.1.4 Quantité de chaleur fournie (PCI)

2.1.4.1 Importance du PCI

Le pouvoir calorifique correspond à la quantité d'énergie (par unité de masse ou de volume) dégagée par un corps lors de sa combustion complète (CEN/TS 14588). Il faut distinguer :

- Le **pouvoir calorifique supérieur (PCS)** : valeur absolue de l'énergie spécifique de combustion (exprimée en Joules par unité de masse) d'un combustible solide brûlé en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique dans des conditions spécifiques (CEN/TS 14588). La mesure est relevée avant que la vapeur d'eau ne se condense.
- Le **pouvoir calorifique inférieur (PCI)** : valeur mesurée lorsque toute l'eau des produits de la réaction est à l'état de vapeur (0,1 Mpa). Cette valeur sert souvent de base pour les transactions commerciales des combustibles bois.

Le PCI correspond à la quantité de chaleur maximale qui pourra être dégagée dans une chaudière classique. La détermination du PCI nécessite la mesure du PCS, c'est pourquoi cette notion est souvent utilisée. On peut également penser que les parcs de chaudières compteront de plus en plus d'appareils à condensation permettant d'utiliser la totalité de l'énergie contenue dans le PCS.

Bien que les travaux européens conseillent l'emploi du Joule et de ses multiples, l'usage est le plus souvent d'exprimer les résultats en kilowatt-heure (kWh) ou mégawatt-heure (MWh).

La mesure du PCI peut se faire par mesure du PCS dans une bombe calorimétrique, puis détermination dans un condenseur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Les éléments doivent être réduits en poudre de granulométrie inférieure à 1 mm (si possible de 0,25 mm) avant brassage et réduction de l'échantillon à la capacité de l'appareil (généralement 1 à 2 g, parfois 5 g)

Selon CEN/TS 14918 la précision des mesures est satisfaisante si les essais de répétabilité donnent des résultats qui diffèrent de moins de 120 J/g et ceux de reproductibilité des écarts inférieurs à 300J/g.

Les déterminations du PCI par essai en bombe calorimétrique sont facturées à titre indicatif entre 250 et 450 € par essai (broyage du combustible compris). Il est conseillé de réaliser au moins trois essais pour appliquer les tests de répétabilité.

Un exemple de procédure de mesure du PCI en application de CEN/TS 14918 figure en **Annexe 14**.

On constate que PCS et PCI à l'état anhydre varient peu suivant les différentes essences de bois. Pour les feuillus le pouvoir calorifique inférieur anhydre se situe 18 et 19 MJ/kg (4 800 à 5 300 kWh/tonne) ; pour les conifères, il est légèrement plus élevé compte tenu de la présence de résine.

2.1.4.2 Mesure du PCI

Le PCI **dépend principalement de l'humidité du combustible**, c'est pourquoi le PCI est souvent évalué à partir de l'humidité du bois (H) par la formule :

$$Q = Q_0 \times \frac{100 - H}{100} - 0,02443 \times H \text{ pour un PCI en MJ/kg.}$$

Si le résultat doit être donné en kWh/kg il faut diviser par 3,6 la valeur exprimée en MJ/kg.

Q_0 correspond au PCI du bois à l'état anhydre.

Exemple numérique :

$Q_0 = 17,3 \text{ MJ/kg}$ (4 800 kWh/t)

$H = 30 \%$

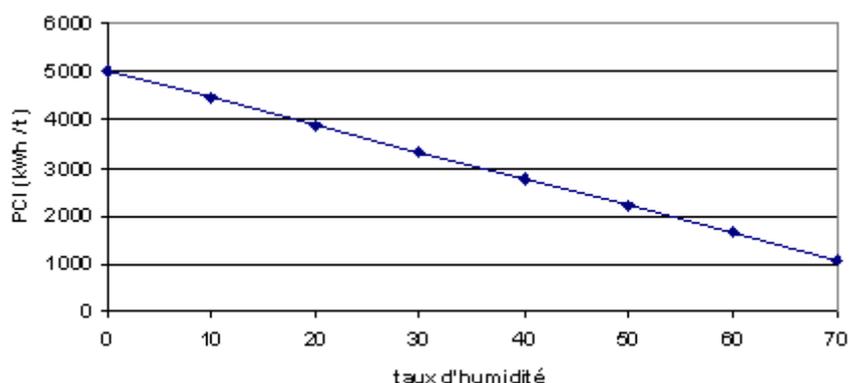
Le PCI est 11,4 MJ/kg, soit 3 160 kWh/t

On trouvera en **Annexe 15** un exemple de procédure de calcul du PCI à partir de l'humidité moyenne du lot.

La précision de la détermination du PCI dépend bien évidemment de la précision avec laquelle a été déterminée la valeur du PCI anhydre et celle de l'humidité.

Le site DGEMP-ADEME propose, dans un objectif statistique, de calculer, à l'aide d'une formule simplifiée le PCI d'un lot de bois à partir de l'humidité.

Evolution du PCI du combustible en fonction de son humidité (sur brut)



Formule (en kWh / t) : $\text{PCI} (E \%) = (\text{PCI} (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6 \times E$ avec $E =$ l'humidité (sur masse brute) du bois en pourcentage

La formule exacte est : $\text{PCI} (E \%) = (\text{PCI} (0 \%) \times (100 - E) / 100) - 6.7861 \times E$

La courbe est représentée pour un PCI anhydre de 5 000 kWh / t. Selon CEN/TS 14961, le PCI anhydre varie généralement entre 5 000 et 5 300 kWh/t (18 à 19 MJ/kg).

Un exemple d'abaque de calcul du PCI en fonction de l'humidité uniquement et des données par essence sont mis en **Annexe 16** (il s'agit uniquement de données pour les plaquettes forestières¹⁰).

Le tableau ci-après résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du PCI anhydre et de l'humidité du lot :

¹⁰ Pour les plaquettes forestières, il est possible d'avoir recours à un outil disponible en ligne (feuille Excel) avec des conversions par essence sur : <http://www.itebe.org/portail/affiche.asp?arbo=1&num=455>.
ADEME

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertitude par point d'humidité | Incertitude en % sur le PCI anhydre | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| 15 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 |

Ce tableau montre que :

- Si l'on utilise la classe d'humidité (et non la valeur exacte) de la classe de PCI, l'incertitude est d'environ 20 % pour les bois appartenant aux classes M55 et M65, elle est d'environ 15 % pour les classes M20, M30 et M40 ;
- Si l'on recherche une précision de 10 % il faut connaître l'humidité avec une incertitude inférieure ou égale à 5 %. Le PCI-mètre et, dans certains cas, le FMV 3000 peuvent être utilisés pour ces mesures ;
- Si l'on recherche une précision de 5 %, il faut connaître l'humidité avec une précision de 2 %, la méthode simplifiée CEN/TS 14474-2 peut être appliquée ;
- Si l'on recherche une précision inférieure à 5 %, seule la méthode de référence CEN/TS 14474-1 peut être appliquée.

Un résultat plus précis pourrait être obtenu en faisant intervenir le taux de cendres. Il permet en fait d'avoir une meilleure précision sur le PCI anhydre, en déterminant le PCI, hors cendres. L'application de la formule nécessite de connaître le taux de cendres du combustible. La littérature donne quelques valeurs moyennes de taux de cendres non exogène (cf. 0) des principaux combustibles bois. Les cendres exogènes pouvant être en quantité très variable, l'utilisation de cette formule n'a de réel intérêt que si des mesures fréquentes sont réalisées pour déterminer le taux de cendres.

$$Q = Q_{0,net,daf} \times \frac{100 - (H + A_{h\%})}{100} - 0,02443 \times H$$

où

Q est le PCI en MJ/kg ;

$Q_{0,net,daf}$ est le PCI à l'état anhydre et pour un combustible, taux de cendres exclus.

H est l'humidité du lot ;

$A_{h\%}$ est le taux de cendres du lot, exprimée en pourcentage de la masse totale (eau comprise).

Exemple numérique :

$$Q_{0,net,daf} = 17,5 \text{ MJ/kg (4 860 kWh/kg)}$$

$$H = 30 \%$$

$$A_{h\%} = 3 \%$$

Le PCI est 12 MJ/kg, soit 3,3 45 kWh/t

Le tableau ci-dessous résume l'incertitude (en %) sur le calcul du PCI en fonction de l'incertitude sur la détermination du taux de cendres et de l'humidité du combustible.

Incertitude sur la détermination du PCI en fonction de l'incertitude sur la mesure de l'humidité et celle sur le PCI anhydre

| Incertitude par point d'humidité | Incertitude sur le taux de cendres | | | | | 10 |
|----------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 |
| 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| 15 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 23 |

2.1.5 Taux de cendres

2.1.5.1 Importance du taux de cendres

Les cendres sont un sous produit de la combustion qu'il faut stocker puis valoriser ou éliminer. Par ailleurs, Il existe deux types de cendres :

- Les cendres non exogènes produites par les matières minérales constitutives du bois ;
- Les cendres exogènes produites par des impuretés acheminées avec le bois (terres, cailloux, graviers chutes de métal, etc.).

La détermination du taux de cendres est nécessaire lorsque l'on souhaite calculer de façon très précise le PCI du combustible.

L'usage a souvent consacré le terme taux de cendres pour les cendres non exogènes et taux d'impureté pour les cendres exogènes.

2.1.5.2 Mesure du taux de cendres

Le taux de cendres se mesure dans un incinérateur, généralement sur des échantillons de 1 à 2 g, parfois 5 g. Le combustible est réduit en particules de moins de 1 mm de granulométrie (idéalement 0,25 mm). Le taux de cendres mesuré correspond le plus souvent au taux de cendres non exogènes.

CEN/TS 14775 ne préconise aucune valeur pour la précision des mesures, toutefois l'annexe informative suggère d'utiliser le test de répétabilité et reproductibilité de ISO 1171 (Solid Mineral Fuels) :

Test suggéré pour accepter le résultat de la détermination du taux de cendres

| Taux de cendres | Valeur maximale acceptable entre les résultats | |
|--------------------------|--|--|
| | Répétabilité (Même laboratoire) | Reproductibilité (Entre plusieurs laboratoires) |
| Inférieur à 10 % | 0,2 % sur l'écart maximal | 0,3 % sur l'écart maximal |
| Supérieur ou égal à 10 % | 2 % par rapport à la moyenne | 2 % par rapport à la moyenne |

On trouvera en **Annexe 17** un exemple de procédure de détermination du taux de cendres en incinérateur.

2.1.5.3 Classes de taux de cendres

CEN/TS 14961 recommande d'exprimer le taux de cendres en classes allant de A0,7 à A10+ correspondant au pourcentage (en masse) du poids de cendres sur le poids de combustible sec.

La mesure du taux de cendres est généralement facturée entre 100 et 200 € par essai (à titre indicatif). Il est recommandé de réaliser au moins trois mesures pour appliquer le test de répétabilité.

Il est possible de connaître le taux de cendres habituellement constaté à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 (voir **Annexe 18**) :

- Ecorces : 5 %
- Rémanents forestiers : 2 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,3 %.

Pour le broyat de palette, des essais de combustion réalisés par le CTBA pour l'ADEME indiquent des valeurs de 0,6 à 1 % et 0,75 % en moyenne¹¹.

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de cendres (A pour *ash*) suivantes

| Cendres (% en masse sur produit sec) | |
|---|----------|
| A0.7 | ≤ 0,7 % |
| A1.5 | ≤ 1,5 % |
| A3.0 | ≤ 3,0 % |
| A6.0 | ≤ 6,0 % |
| A10.0 | ≤ 10,0% |
| A10.0+ | > 10,0 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Note : une classe spécifique est proposée dans CEN/TS 14961 pour l'écorce : A12 ≤ 12,0%.

2.1.6 Taux de chlore

2.1.6.1 Importance du taux de chlore

A l'état naturel le bois comporte des chaînes moléculaires organo-chlorées. Un certain nombre de produits de préservation du bois ont pour substances actives des composés organo-chlorés qui viennent se fixer sur le bois.

La présence de chlore dans un combustible peut avoir comme conséquence la production d'acide chlorhydrique pouvant endommager certains constituants de la chaudière. C'est pourquoi certains cahiers des charges, en particulier lorsque l'approvisionnement se fait avec des bois susceptibles d'avoir subi un traitement chimique, prévoient un taux maximal admis.

Bien que nécessaire à la production de dioxine, la quantité de chlore ne suffit pas à en estimer le risque. En effet le taux de chlore n'est pas corrélé aux taux d'organo-chlorés et aux taux d'organo-halogénés. Néanmoins, un taux de chlore supérieur aux teneurs naturelles démontre l'existence d'un traitement. Il restera à définir l'importance de ce traitement en analysant les organo-halogénés totaux (cf. **2.2.7**).

2.1.6.2 Mesure du taux de chlore

Le taux de chlore se fait après oxydation du combustible en incinérateur, puis recherche du chlore par analyse par chromatographie. CEN/TS 15289 attire l'attention sur le respect des règles nationales de sécurité à observer et sur la nécessité de faire appel à du personnel qualifié. En pratique, ces mesures sont à faire par des laboratoires spécialisés. Elles sont généralement facturées entre 225 et 400 € (à titre indicatif). CEN/TS 15289 ne donne pas d'indications chiffrées pour évaluer la précision des mesures, il recommande aux laboratoires de mettre en place des procédures d'assurance qualité et de bonnes pratiques de laboratoire.

Lorsque la connaissance de l'origine du bois permet d'assurer que le bois n'a fait l'objet d'aucun traitement chimique, le taux de chlore peut être évalué à partir des données contenues dans les annexes de CEN/TS 14961.

¹¹ CTBA (1999), « Etude comparative de combustion de broyats de palettes et d'écorces sur chaufferie collective », étude pour l'ADEME. ADEME page 77/124

2.1.6.3 Classes de taux de chlore

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux de chlore suivantes

| Chlore (% en masse sur produit sec) | |
|--------------------------------------|----------|
| Cl0.03 | ≤ 0,03 % |
| Cl0.07 | ≤ 0,07 % |
| Cl0.01 | ≤ 0,10 % |
| Cl0.01+ | > 0,10 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Il est possible de connaître le taux de chlore habituellement constaté pour les seuls produits suivants à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 :

- Ecorces : 0,02 %
- Rémanents forestiers : 0,01 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,01 %.

Ainsi, selon le CEN/TS 14961 le bois non-traité chimiquement appartient normalement à la classe 0,03, ce qui revient à dire qu'il contient moins de 0,03 % de chlore par rapport à la masse totale.

2.1.7 Taux d'azote (bois adjuvantés seulement)

La détermination du taux d'azote est demandée par le CEN TC335 pour les bois ayant subi un traitement chimique (colle, vernis, etc.). Plus le taux d'azote est élevé, plus le combustible contient une proportion importante d'adjuvant[®]. Par ailleurs le taux d'azote est une caractéristique facile à mesurer. A titre indicatif, le coût d'une mesure faite en laboratoires spécialisés est de 350 €¹².

La mesure du taux d'azote ne dispense pas le producteur de combustible de démontrer, grâce à une chaîne de traçabilité, que le bois n'a pas été enduit avec des composés organiques halogénés ou des métaux lourds[®] (pour plus de précision, cf. 2.2.7).

Le CEN/TS 14961 a retenu les classes de taux d'azote (N pour *nitrogen*) suivantes :

| Azote (% en masse sur produit sec) | |
|------------------------------------|---------|
| N0.5 | ≤ 0,5 % |
| N1.0 | ≤ 1,0 % |
| N3.0 | ≤ 3,0 % |
| N3.0+ | > 3,0 % |
| valeur réelle à mentionner | |

Il est possible de connaître le taux d'azote habituellement constaté pour les produits suivants à l'aide des tableaux du CEN/TS 14961 :

- Ecorces : 0,5 %
- Rémanents forestiers : 0,5 %
- Perches, grumes, chutes de bois massifs : 0,1 %.

2.1.8 Autres paramètres

2.1.8.1 Soufre

Si l'objectif est d'identifier des produits pouvant potentiellement avoir un effet corrosif sur les installations, des recherches sur le **soufre**¹³ (et le chlore) peuvent être entreprises. En effet, lors de la combustion, les oxydes de soufre peuvent entraîner une corrosion du système et participer à réduire son efficacité et donc impacter la qualité des émissions atmosphériques. Le soufre est donc recherché pour ces raisons.

¹² La détermination se fait conformément à CEN/TS 15104 (détermination du carbone, hydrogène et azote). La mesure consiste à incinérer un échantillon de combustible réduit à l'état de particules de moins de 1 mm de granulométrie. L'échantillon est réalisé selon CEN/TS 14780 et l'humidité déterminée suivant CEN/TS 14774. L'azote se trouve sous forme de gaz et d'oxydes d'azote. La fraction d'azote est évaluée quantitativement par dosage des gaz. CEN/TS 15104 propose les tests de répétabilité (dans un même laboratoire) et répétitivité (entre plusieurs laboratoires).

¹³ Le CEN TC335 mentionne également le soufre pour les briquettes et granulés, produits qui ne sont pas étudiés dans les présents référentiels.
ADEME

2.1.8.2 Autres éléments (niveaux de concentration) (bois adjuvantés seulement)

Plusieurs principes généraux peuvent être repris :

- Si finition (produit de surface, revêtement), alors intérêt d'étudier les métaux lourds totaux.
- Si traitement de durabilité (dont pesticides/fongicides), alors intérêt d'étudier les métaux lourds totaux (300 euros à titre indicatif), les organo-halogénés (1 300 € à titre indicatif), éventuellement le bore (traitement temporaire).
- Si traitement pour ignifugation, alors intérêt d'étudier le bore ou le phosphore (250-300 euros l'analyse du prélèvement à titre indicatif¹⁴).

Afin de donner des ordres de grandeur, on peut estimer, sur la base de l'étude CTBA réalisée pour l'ADEME en 2003¹⁵, que les **critères d'inclusion** des produits aux référentiels sont les suivants :

- **Organo-halogénés totaux**[®] : max 10 ppm (valeur matière sèche totale)¹⁶
- Métaux lourds (dont notamment **cuivre, chrome, arsenic**) : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)
- **Bore** : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)

Cette approche rejoint celle que l'on retrouve dans la circulaire du 12 mai 2005¹⁷ relative aux installations de combustion de bois - Cas particulier des panneaux de particules - Inspection des installations classées : « un classement sous la rubrique 2910 B est possible [...] dans le cas de déchets de bois adjuvantés (déchets contenant des restes de colle, produits de finition et de préservation), et plus particulièrement de résidus de panneaux de particules [...] sous réserve que l'exploitant démontre par analyse l'absence de métaux et de substances halogénées dans les adjuvants utilisés et susceptibles d'être retrouvés dans les résidus [...] ».

Le CEN/TS 15297 donne des indications sur les méthodes de détermination des éléments mineurs : arsenic*, cadmium*, cobalt, chrome*, cuivre*, mercure*, manganèse, molybdène, nickel*, plomb*, antimoine*, vanadium et zinc. Ces méthodes peuvent être utilisées pour le dosage du sélénium*, de l'étain* et du thallium* (* correspondent aux métaux lourds identifiés dans la réglementation déchet, annexe II).

2.1.8.3 Provenance du combustible bois énergie

La provenance (origine géographique) du combustible peut permettre d'apporter des informations complémentaires quant aux caractéristiques de certains produits. CEN/TS 15234¹⁸ recommande de préciser le pays d'origine du combustible. Une telle indication est surtout intéressante pour évaluer la nature des adjuvants (produit de traitement de préservation), lorsque le combustible a pour origine les connexes de la transformation du bois et *a fortiori* les produits en fin de vie. CEN/TS 15234 précise toutefois, qu'une localisation plus précise peut être prévue contractuellement.

¹⁴ Il faut également noter que pour toute analyse, le coût d'un prélèvement de l'ordre de 600 à 800 €.

¹⁵ Ce travail visait à vérifier dans les produits bois, les éléments réglementés qui sont susceptibles d'être présents à des concentrations significatives, c'est à dire à des concentrations supérieures aux **niveaux naturellement existant** dans la biomasse.

identifier concentrations significatives, c'est à dire à des concentrations supérieures aux niveaux naturellement existant dans la biomasse

¹⁶ Organo-halogénés totaux : (PCP - pentachlorophénol, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide.

¹⁷ BOMEDD n° 05/20 du 30 octobre 2005, NOR : DEVP0540259C (<http://www.ecologie.gouv.fr/Bulletin-officiel-No-20-du-30,4875.html>)

¹⁸ CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).

2.1.9 Pour résumer

| | | Produits en fin de vie |
|-------------------|--|---|
| NORMATIF | Granulométrie (plaquette et broyat; écorce si déchetée ou non) | * |
| | Humidité | * |
| | Taux de cendres | * |
| | Azote | <i>si encollage</i> |
| INFORMATIF | Quantité d'énergie disponible par unité de masse | * |
| | Masse volumique apparente | <i>si transaction par volume</i> |
| | Chlore | <i>selon le produit</i> |
| <i>Informatif</i> | <i>Métaux lourds, organo-halogénés</i> | <i>si ajouts de produits de finition ou de préservation</i> |
| | <i>Autres critères</i> | <i>selon le produit (ex. traitement anti-bleu : bore)</i> |

Note : Pour toutes les rubriques, des classes sont proposées à partir du GEN TC335. Pour les métaux lourds, organo-halogénés et autres critères des seuils limites sont indiqués.

3. Garantie de respect du référentiel « produits en fin de vie »

Afin de garantir l'origine des combustibles bois énergie, les opérateurs peuvent décider de mettre en place un système de traçabilité des produits. Ceci permettrait d'assurer un suivi des combustibles depuis leur site de production (centre de tri, ...) jusqu'à la chaufferie ou l'usine qui doit être approvisionnée avec l'objectif de connaître l'historique d'ajout d'adjuvants®.

3.1 Principes de la chaîne de contrôle des produits en fin de vie

Deux cas doivent être distingués :

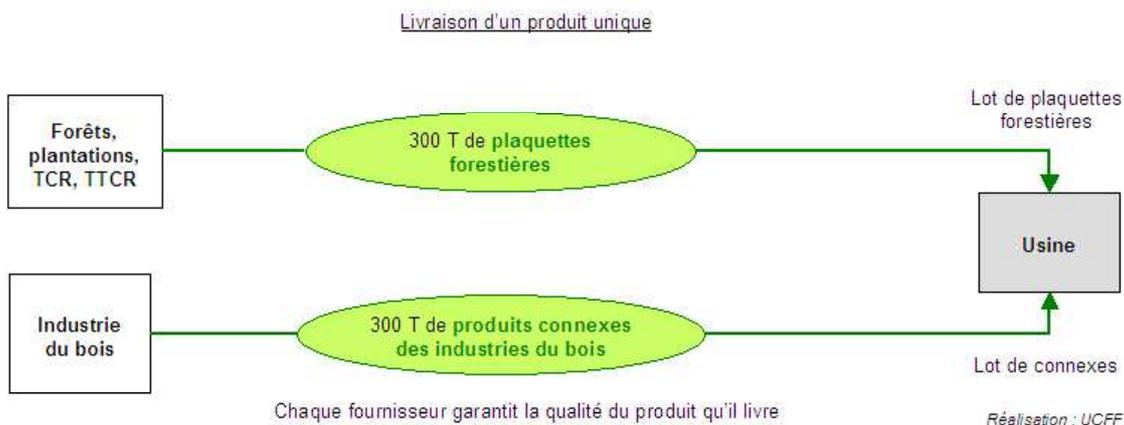
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un seul et même produit ;
- Le combustible livré à la chaufferie est constitué d'un mix de différents produits.

3.1.1 Livraison d'un combustible unique

Dans ce cas là, il est facile d'avoir une traçabilité précise du produit qui est livré à la chaufferie. En effet, l'unique fournisseur du combustible doit garantir la qualité des produits qu'il livre.

Il semble donc aisé de mettre en place une chaîne de contrôle basée sur le **principe de la séparation physique des lots de produits**, supportée par chaque fournisseur. Les fournisseurs doivent garantir la qualité des produits qu'ils livrent et doivent s'assurer d'être capables de prouver qu'ils respectent leurs engagements.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTCR = taillis à très courte rotation ; on peut remplacer l'industrie du bois par un centre de tri qui fournit des tonnes de broyats de produits en fin de vie.

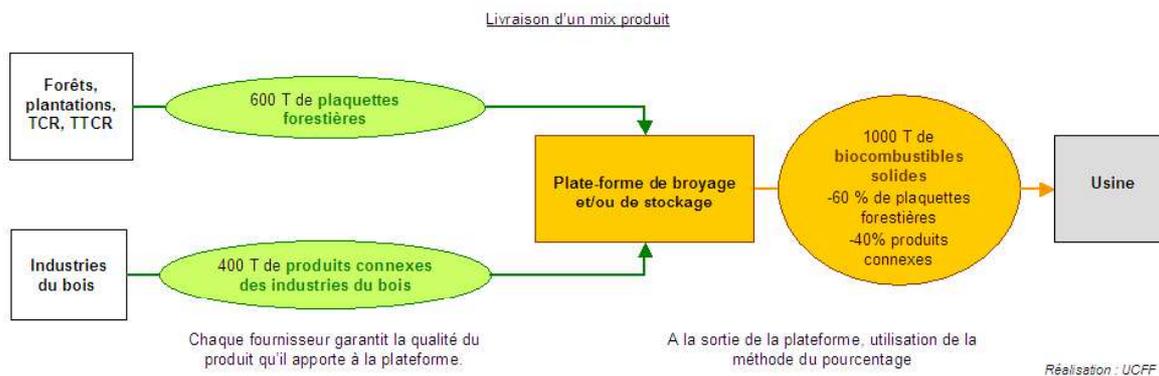
3.1.2 Livraison d'un mix produit

Il s'agit des cas où le produit qui est livré à la chaufferie est un mélange de différents combustibles, qu'il soit livré par un seul ou plusieurs fournisseurs. Cette situation se rencontre lorsque **les produits transitent par une plateforme** de broyage et/ou de stockage pour être mélangés par la suite.

Dans ce cas là, la règle de la séparation physique des produits ne peut plus s'appliquer, c'est la **méthode du pourcentage** qu'il faut suivre. Le mix produit livré à la chaufferie contiendra une proportion de chaque combustible égale à : quantité du combustible / quantité totale livrée.

Chaque produit composant le mix doit être assimilable à du combustible bois énergie faisant partie de la liste de produits identifiés dans les référentiels.

Exemple :



Note : TCR = taillis à courte rotation, TTCR = taillis à très courte rotation

3.2 Informations à recenser

Plusieurs renseignements seront à noter au cours de cette traçabilité :

- **L'origine du produit** (produits issus de forêts et / ou de plantations et / ou de haies, produits issus des industries du bois, produits bois en fin de vie, assortiments/préparations et / ou mélanges de produits) ;
- La **provenance du produit** en fonction de différents zonages géographiques : pays¹⁹, région, département, zonages spécifiques de type ICHN (dans le cas des plaquettes forestières).

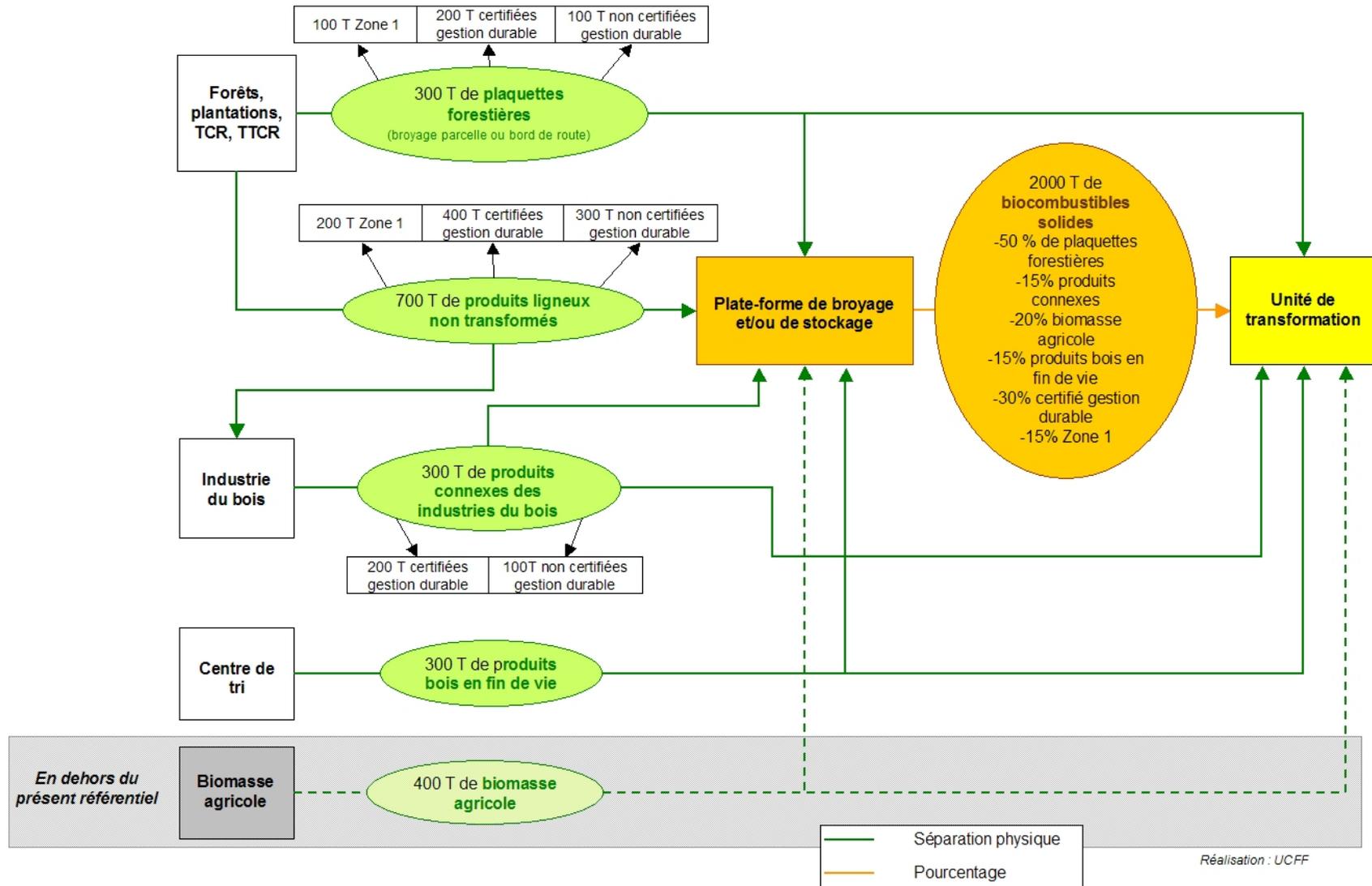
La traçabilité peut être assurée en complément de la chaîne de contrôle de certification « gestion durable »²⁰. Outre les informations prévues par le référentiel « produits en fin de vie », cela permettra d'identifier le volume provenant de forêts gérées durablement. Cela permettra également d'utiliser les contrôles réalisés en aval de la chaîne (granulométrie par exemple). Toutefois, comparativement aux autres types de produits (plaquettes forestières et connexes des industries du bois), la traçabilité des produits en fin de vie est souvent plus délicate.

¹⁹ L'origine « pays » est recommandée pour tous les produits par CEN/TS 15234. Il s'agit du lieu de récolte ou du premier lieu de commercialisation du produit.

²⁰ En **Annexe 6**, présentation de la certification forestière. Pour la liste des organismes certificateurs, cf. <http://pro.pefc-france.org/Topic.aspx?i=3&v=2133> et <http://www.fsc-france.org>.

3.3 Schéma explicatif de la chaîne de contrôle des produits en fin de vie

Le schéma ci-après illustre le système qui pourrait être mis en place.



Ce schéma reprend les différentes possibilités de livraison (produit unique ou mix produit) selon l'origine de chaque combustible. Les combustibles sont donc soit apportés séparément à l'usine qui les consomme (méthode de la séparation physique des produits), soit par l'intermédiaire d'une plateforme (méthode des pourcentages).

Ce schéma détaille, pour chaque combustible, la quantité de produit mais aussi des informations complémentaires qu'il est possible de suivre comme ici :

- Identification si besoin des quantités de produits certifiées « gestion durable » (PEFC, FSC....) ;
- Identification si besoin de la provenance des produits.

Il s'agit de deux types d'informations complémentaires données à titre d'exemple et qui pourront être complétées par d'autres renseignements le cas échéant.

Exemple : 300 T de plaquettes forestières dont :

- 100 T provenant de la zone géographique 1, par exemple le département de la Savoie (et donc 200 T dont la provenance n'est pas précisée) ;
- 200 T de plaquettes forestières certifiées PEFC/FSC... (et donc 100 T de plaquettes non PEFC/FSC...).

Afin de laisser à chaque utilisateur de combustible bois la liberté d'indiquer les caractéristiques des produits qu'il souhaite, les critères mis en évidence sur ce schéma ne sont présents qu'à titre indicatif. Les cahiers des charges de livraison des combustibles seront à préciser contractuellement selon les besoins.

De la même façon, nous avons laissé sur ce schéma la possibilité d'apporter des produits certifiés « gestion durable » pour toutes les origines de combustible bois, il ne s'agit que d'une proposition.

3.4 Procédures de mesure et de contrôle

A ce jour, le système de traçabilité envisagé est un système déclaratif, basé sur l'autocontrôle mené par les fournisseurs et les clients à partir des procédures décrites en annexe.

Plusieurs exigences découlent de la mise en place d'un système de chaîne de contrôle permettant de garantir la qualité des combustibles bois énergie en général et les produits en fin de vie en particulier, livrés tel que définis précédemment. La mise en place de procédures aux différentes étapes de la production et de la commercialisation permet de garantir que les exigences des référentiels sont satisfaites.

3.5 Intervention possible d'un organisme certificateur

La chaîne de contrôle des combustibles bois énergie peut être ou non certifiée par un organisme extérieur¹. Le rôle de l'organisme certificateur serait alors de vérifier que :

- Les procédures mises en place (traçabilité incluse) permettent d'atteindre les exigences des référentiels ;
- Les procédures sont correctement appliquées.

¹ Quelques expériences se développent. Voir à titre d'exemple, http://www.fibra.net/fr/actualites.php?show_new=85.
ADEME

4. Qualité des produits en fin de vie

Les contrats, bordereaux de livraison, factures ou autres documents annexés aux livraisons renvoient les valeurs de chacun des critères retenus pour la fourniture de combustibles bois énergie. Ces informations permettent le suivi de la qualité des produits et contiennent les renseignements normatifs et *informatifs* (en italique) suivants :

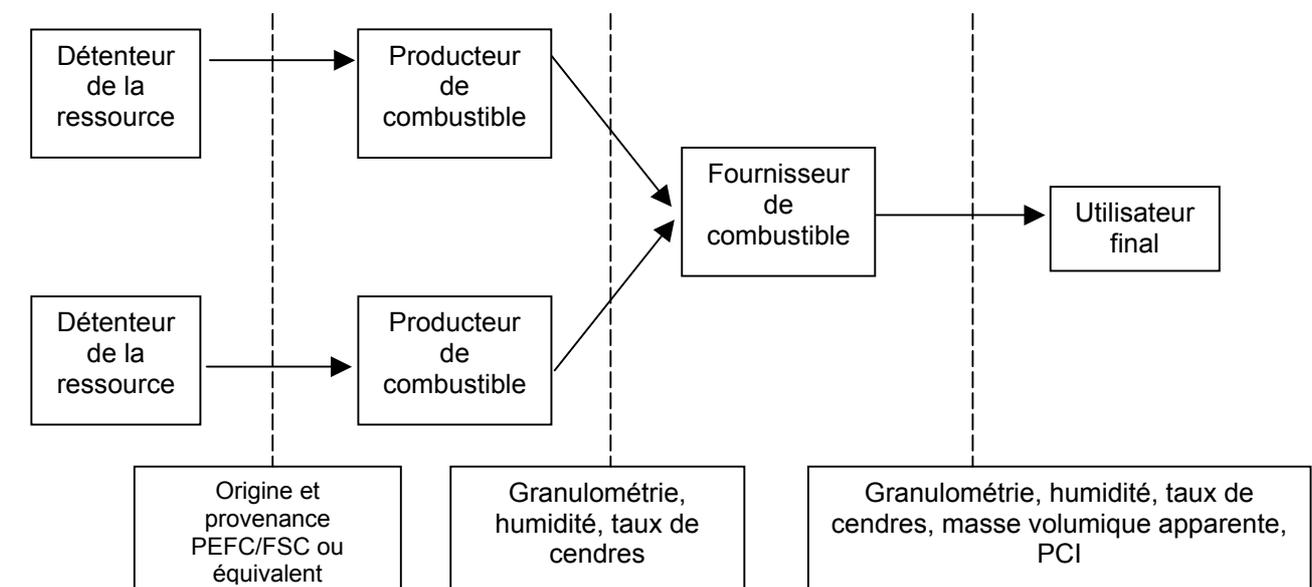
Éléments à recenser pour la qualité des combustibles « produits en fin de vie »

| | |
|--|---|
| Origine | - Produits en fin de vie - Assortiments/préparations et mélanges de produits - ... |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | - Provenance - Certification « gestion durable » |
| Quantité livrée | En tonne ou en m ³ (apparents) |
| Classe de granulométrie (mm) | P8, P16, P45, P63, P100, P300 |
| Classe d'humidité (%) | M10*, M20, M25*, M30, M35*, M40, M45*, M50*, M55, M65 (* = nouvelles classes par rapport au CEN TC335) |
| Taux de cendres (%) | A0.7, A1.5, A3.0, A6.0, A10.0, A10.0+ (1) |
| Taux d'azote (%) pour certains produits | N0.5, N1.0, N3.0, N3.0+ (1) |
| Taux de chlore (%) pour certains produits | Cl0.03, Cl0.07, Cl0.10, Cl0.10+ (1) |
| Pouvoir calorifique Inférieur | en kWh/kg |
| Autres ? | Métaux lourds (1) Organo-halogénés (1) Bore (1) Soufre (1) ... Sont exclus les produits ignifugés, souillés, composites (non-séparation des matériaux) et produits dont les concentrations sont supérieures aux seuils proposés (cf. 2.2.7.2) |

(1) Préciser la valeur exacte

Les responsabilités des opérateurs pour la collecte des informations seront fixées contractuellement. On pourra s'inspirer des recommandations de CEN/TS 15234² résumées sur le schéma ci dessous :

Exemple de points de collecte des informations :



² CEN/TR 15569 « Guide pour un système d'assurance qualité des biocombustibles solides » (www.cen.eu).
ADEME

On pourra décider de façon contractuelle de transférer ces informations sur une fiche de déclaration de la qualité, dont un modèle figure ci-dessous, ou de les inclure dans les documents commerciaux.

Exemple de fiche qualité dans la livraison de combustible bois énergie :

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| NOM DU FOURNISSEUR : | NOM DU CLIENT : |
| N° SIRET : | N° SIRET : |
| Adresse fournisseur : | Adresse client : |
| Code postal : | Code postal : |
| Tel : | Tel : |

| | | |
|--|--|---|
| Origine du bois | <input type="checkbox"/> Plaquettes forestières <ul style="list-style-type: none"> • forêts • plantations <input type="checkbox"/> Autres plaquettes (haies bocagères ; zone urbaine ; refus de crible issus du compostage de déchets verts...) <input type="checkbox"/> Produits connexes des industries du bois <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) | <input type="checkbox"/> Produits bois en fin de vie <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) <input type="checkbox"/> Assortiments/préparations et mélanges de produits <ul style="list-style-type: none"> • Non-adjuvanté/non-traité • Faiblement adjuvanté (1) |
| Informations relatives à la traçabilité du combustible | Types de provenance : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pays d'origine <input type="checkbox"/> Région ou département (si prévu contractuellement) | Pour plaquettes forestières (si prévu contractuellement) <ol style="list-style-type: none"> 1. Mentionner le zonage (ex. ICHN, Prométhée) (mentionner) : 2. Indiquer les quantités ou % provenant de forêts certifiées PEFC ou équivalent : |
| Quantité livrée | Masse/volume : Unité : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> tonnes <input type="checkbox"/> m³ apparents | |
| Classe de granulométrie (en mm) <i>(P pour particle size)</i> | <input type="checkbox"/> P8 <input type="checkbox"/> P16 <input type="checkbox"/> P45 <input type="checkbox"/> P63 <input type="checkbox"/> P100 <input type="checkbox"/> P300 | |
| Classe d'humidité (%) <i>(M pour moisture)</i> | <input type="checkbox"/> M10 <input type="checkbox"/> M20 <input type="checkbox"/> M30 <input type="checkbox"/> M35 <input type="checkbox"/> M40 | <input type="checkbox"/> M45 <input type="checkbox"/> M50 <input type="checkbox"/> M55 <input type="checkbox"/> M65 |

| | |
|--|--|
| <p>Taux de cendres (%) <i>(A pour ash)</i></p> | <p><input type="checkbox"/> A0.7 <input type="checkbox"/> A1.5 <input type="checkbox"/> A3.0 <input type="checkbox"/> A6.0 <input type="checkbox"/> A10.0 <input type="checkbox"/> A10.0+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Taux de chlore <i>(cas des bois adjuvantés/traités)</i></p> | <p><input type="checkbox"/> Cl0.03 <input type="checkbox"/> Cl0.07 <input type="checkbox"/> Cl0.10 <input type="checkbox"/> Cl0.10+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Taux d'azote <i>(cas des bois adjuvantés/traités)</i> <i>(N pour nitrogen)</i></p> | <p><input type="checkbox"/> N0.5 <input type="checkbox"/> N1.0 <input type="checkbox"/> N 3.0 <input type="checkbox"/> N 3.0+ Valeur mesurée :</p> |
| <p>Pouvoir calorifique Inférieur <i>(kWh/t ou kWh/map)</i></p> | <p>.....</p> |
| <p>Autres ?</p> | <p><i>Bore - Valeur mesurée :</i> <i>Soufre - Valeur mesurée :</i> <i>Métaux lourds - Valeur mesurée :</i> <i>Organo-halogénés - Valeur mesurée :</i> ... Sont exclus les produits ignifugés, souillés, composites (non-séparation des matériaux) et produits dont les concentrations sont supérieures aux seuils proposés</p> |
| <p>Essence ou groupe d'essences</p> | <p><i>Pour les plaquettes forestières</i> <i>Pour les connexes de scierie par exemple</i></p> |

En italique : éléments informatifs

(1) Les adjuvants ne doivent contenir ni composés organo-halogénés, ni métaux lourds, ni bore au-delà des seuils : organo-halogénés totaux : max 10 ppm (valeur matière sèche totale), métaux lourds (dont cuivre, chrome, arsenic) : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale) ; bore : max 1000 ppm (valeur matière sèche totale)

Quelques définitions

Adjuvanté : contenant des substances chimiques, colles ; finition (vernis, peinture, lasure), préservation,...

Composite : est composé de biocombustibles et d'autres matériaux de type ciment, plastique... impropres à la combustion. Les produits composites sont exclus des référentiels à moins qu'une opération de séparation ne soit effectuée et ne permette d'isoler le combustible bois énergie et que celui-ci entre dans l'une des trois catégories identifiées.

Faiblement adjuvanté : adjuvanté qui respecte les seuils recommandés ci-dessus (étude CTBA, 2003). Sont inclus par exemple les panneaux, ... Sont exclus par exemple les bois traités par imprégnation ou ignifugation.

Traité : ayant subi un traitement impliquant des produits chimiques autres que l'air et l'eau (par exemple, colle ou peinture).

Souillé : ayant été en contact avec un produit polluant de façon non-intentionnelle

Métaux lourds : à regarder particulièrement le cuivre, chrome, arsenic (autres métaux possibles : cadmium, mercure, nickel, plomb, antimoine, vanadium, zinc...)

Organo-halogénés totaux : (PCP, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide

Traitements d'ignifugation : ils visent à conférer au matériau un classement de réaction au feu M1. Le traitement consiste à ajouter des sels métalliques au matériau.

**Pour plus d'information, cf. le référentiel « connexes des industries du bois »
sur le site de l'ADEME : www.ademe.fr**



ANNEXES

Annexe 1. TC 343 « solid recovered fuels » (biocombustibles solides de récupération)

Le Comité Technique Européen CEN TC343 porte sur les « Combustibles solides de récupération (CSR) » (Solid Recovered Fuels - SRF).

Son domaine d'application est le suivant : élaboration de normes, spécifications techniques et rapports techniques sur les combustibles solides de récupération (CSR) préparés à partir de **déchets non dangereux**³ pour être utilisés comme énergie de récupération dans des installations d'incinération ou de co-incinération de déchets.

On y retrouve de la biomasse définie dans la directive SER (2001/77/CE)⁴, mais aussi le papier-carton, les caoutchoucs, les matières plastiques, le textile... En sont exclus les combustibles du CEN TC335 ainsi que les déchets solides municipaux non traités.

Figure 1 - Chaîne des combustibles solides de récupération : lieu d'application des spécifications et classification

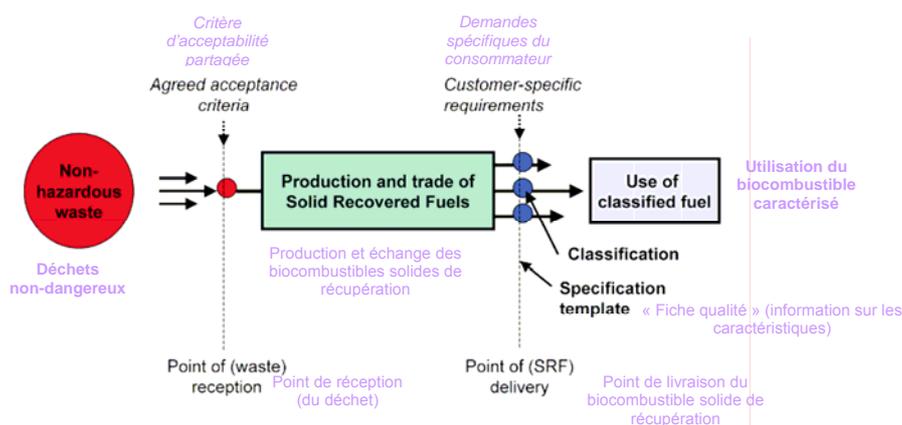


Figure 1 — Solid recovered fuels chain — The Technical Specification on specification and classes is applicable at the point of delivery

Source : CEN/TS 15369, en violet : traduction FCBA.

Cinq classes sont établies avec les caractéristiques suivantes :

- PCI
- Chlore (% moyen tel que reçu) : $\leq 0,2, \leq 0,6, \leq 1,0, \leq 1,5, \leq 3$
- Mercure (mg/MJ moyen tel que reçu) :
 - 0,02, < 0,03, < 0,08, < 0,15, < 0,5
 - percentile 80 : < 0,04, < 0,06, < 0,16, < 0,30, < 1
- Des interrogations persisteraient sur la prise en compte ou non du Cadmium et du Thallium.

Pour plus d'information : http://www.afnor.org/espace_normalisation/structure.aspx?commid=34797

³ Les déchets dangereux sont définis dans la directive 91/689/CE et la liste se retrouve dans les Décisions 2000/532/CE et 2001/118/CE.

⁴ La directive 2001/77/CE 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 définit dans son alinéa b Art. 2 la « biomasse » comme : la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comprenant les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

Annexe 2. Prestataires/laboratoires (à titre indicatif)

BUREAU VERITAS

32 rue Rennequin
75017 PARIS

Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques

Domaine Scientifique de la Doua - 25, avenue des Arts
BP 2042 - 69603 VILLEURBANNE Cedex – France

Ceten APAVE

191 rue de Vaugirard
75015 PARIS

CRITT Bois Epinal

27 rue du Merle Blanc
BP 91067
88051 Epinal Cedex 9

CTP

Laboratoire d'analyse chimique
Domaine universitaire
BP251
341 rue de la Papeterie
38044 Grenoble Cedex 09

FCBA

Pôle des Laboratoires Bois
Laboratoire Chimie Ecotoxicologie
Allée de Boutaut
BP 227 - 33028 Bordeaux cedex

OK Norisko

ZIL Rue de la maison neuve
BP 413
44819 SAINT HERBLAIN Cedex

SOCOR

11 rue Storez
59500 Douai

US2B

351 cours de la libération
33405 Talence Cedex

Annexe 3. Glossaire

Si des indications ne sont pas données sur la source (entre parenthèses), cela signifie que les définitions ont été établies en comité de pilotage.

Adjuvant (CAPEB/FFB, 2003) : molécules chimiques ou produits chimiques mis en œuvre avec du bois ou des éléments de bois tels que les produits de finition (lasure, vernis et peintures), les adhésifs et les produits de traitement de préservation préventif contre les agents biologiques de dégradation du bois. Ces adjuvants ou traitements chimiques déterminent la valorisation des déchets de bois les contenant.

@ **Adjuvanté** : contenant des substances chimiques, colles ; finition (vernis, peinture, lasure), préservation,...

Assortiment : cf. préparation

Bardage (www.fcba.fr) : lames de bois qui viennent couvrir la façade d'une maison ossature bois ou plus rarement d'une maison en bois massif. Le bardage est implanté horizontalement le plus souvent, avec 3 types de pose possibles : la pose à recouvrement ou en clin, la pose à chevauchement et la pose à embrèvement (emboîtement par rainures et languettes).

Bois de construction de récupération (CEN/TS 15588) : bois usagé issue de la construction de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil.

Bois de démolition (CEN/TS 15588) : bois usagé provenant de la démolition de bâtiments ou d'installations de génie civil.

Bois sans adjuvants chimiques (CTBA, 2003) : tout bois n'ayant subi aucune opération de préservation, de finition, ou de collage. Il s'agit essentiellement de produits connexes de l'exploitation forestière et de la scierie, ainsi que certains déchets issus de la transformation du bois.

Bois usagé (CEN/TS 15588) : substance ou objets ligneux ayant rempli leur utilisation prévue.

Broyat de bois / fragments de bois (CEN/TS 15588) : bois broyé ou coupé avec des outils très tranchants et présentant des particules de longueur sensiblement supérieure à celle des plaquettes de bois et d'aspect plus grossier.

Chutes de panneaux de contre-plaqué (CEN/TS 15588) : sous-produits⁵ de transformation de la biomasse ligneuse issue de l'industrie du contre-plaqué.

Chutes de panneaux de fibre de bois (CEN/TS 15588) : sous-produits⁶ de transformation de la biomasse ligneuse provenant de fibre de bois.

Chutes de panneaux de particules (CEN/TS 15588) : sous-produits⁷ de la biomasse ligneuse provenant des panneaux de particules.

Combustible broyé (CEN/TS 15588) : bois énergie se présentant sous forme de morceaux de taille et de forme différente, produit par le broyage à l'aide d'outils émoussés tels que des rouleaux, marteaux et fléaux.

Compostage (CTBA, 2005) : procédé biologique (fermentation aérobie) de conversion et de valorisation des substrats organiques (sous produits de la biomasse, déchets organiques d'origine biologique) en un produit stabilisé, semblable à un terreau, riche en composés humiques.

Contreplaqué (www.fcba.fr) : panneau constitué de plusieurs couches de placages de bois collées les unes sur les autres.

⁵ Ou connexes

⁶ Ou connexes

⁷ Ou connexes

Copeaux (CEN/TS 15588) : copeaux de biomasse ligneuse formés lors du rabotage du bois.

Culées et chutes de tronçonnage (CEN/TS 15588) : petits morceaux de biomasse ligneuse produits lorsque l'extrémité des bûches ou des plots est tronçonnée avec ou sans écorce.

Déchet (CAPEB/FFB, 2003) : tout résidu d'un processus de production, transformation ou utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon (Loi n°78-633 du 15 juillet 1975 modifiée). Toute personne qui en produit ou en détient a la responsabilité de l'élimination de ses déchets.

Déchetterie (CTBA, 2005) : espace aménagé et surveillé où les particuliers peuvent déposer gratuitement leurs déchets occasionnels qui ne peuvent pas être collectés avec les ordures ménagères en raison de leur volume, de leur poids ou de leur nature.

Délignure (CEN/TS 15588) : parties de la biomasse ligneuse apparaissant lors du délignage de plots et présentant un reste de la surface arrondie originale de l'arbre, avec ou sans écorce.

@ **Dilution** : abaissement artificiel de la concentration en polluants dans un effluent ou un déchet par mélange avec un effluent ou un déchet moins/non contaminé. Cette pratique de dilution est interdite par la loi.

Dosses (CEN/TS 15588) : parties de la biomasse ligneuse produites lors du sciage de la grume en plateaux et dont un côté présente, en totalité ou en partie, la surface arrondie d'origine de l'arbre avec ou sans écorce.

Ecorce (CEN/TS 15588) : tissu cellulaire organique formé par des plantes de grande taille (arbres, buissons) à l'extérieur de la zone de croissance (cambium) servant de protection du corps ligneux.

@ **Faiblement adjuvanté** : adjuvanté qui respecte les seuils recommandés (étude CTBA, 2003) : organo-halogénés totaux : max 10 ppm (pour valeur matière sèche totale), métaux lourds : max 1 000 ppm (pour valeur matière sèche totale). Sont inclus par exemple les panneaux, ... Sont exclus par exemple les bois traités par imprégnation ou ignifugation.

Finition (CAPEB/FFB, 2003) : sert à protéger le bois du vieillissement de son aspect, dû au rayonnement solaire (UV) et aussi à empêcher l'eau liquide de pénétrer dans le bois. Deux grandes familles de finitions sont recensées : traitements oléo-thermiques ou huilage, les lasures/vernis/peintures.

FSC (www.fcba.fr) : le Forest Stewardship Council, ou Conseil de bonne gestion forestière, est une organisation non gouvernementale qui certifie l'exploitation raisonnée et la gestion durable des forêts mondiales.

Fumigation (www.synarep.com/info/glossaire.htm) : traitement curatif à base de fumées ou de vapeurs de bromure de méthyle des bois attaqués par des insectes xylophages (« qui se nourrissent de bois »). Ce type de traitement est parfois exigé par certains pays pour des emballages qui vont servir à l'exportation de marchandises.

Note complémentaire : pas de problème particulier pour la combustion, le produit étant très volatile et à action flash. La tendance est à l'abandon progressif du bromure de méthyle et à une préférence pour les traitements thermiques.

Installations classées (www.ecologie.gouv.fr/-Inspection-des-installations-.html) : les installations industrielles ou agricoles susceptibles de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou des nuisances sont soumises à la législation des installations classées inscrite au code de l'environnement. Les activités qui relèvent de cette législation sont énumérées dans une nomenclature qui les soumet soit à un régime d'autorisation préalable à l'exploitation, soit à un régime de déclaration (pour les moins polluantes ou les moins dangereuses).

Lamellé-collé (bois lamellé-collé) (www.fcba.fr) : technique de fabrication qui permet la réalisation de pièces de bois de grandes tailles à partir de lamelles de plus faibles dimensions. Lors du collage, le sens des fibres est alterné pour offrir une plus grande résistance et une meilleure tenue dans le temps. On a très souvent recours aux poutres lamellées-collées pour soutenir

les toitures de gymnases, bâtiments industriels ou publics de grandes superficies. De plus en plus, les constructeurs utilisent le lamellé-collé pour construire des murs en bois massif.

Lasures/verniss/peintures (CAPEB/FFB, 2003) : finition avec les mêmes constituants élémentaires que sont les résines, les pigments et les charges avec des proportions différentes. Les lasures et vernis sont des finitions transparentes peu chargées en pigments et charges minérales comparativement aux peintures.

MDF (Medium Density Fiberboard) (www.fcba.fr) : panneau de fibres de bois de moyenne densité utilisé essentiellement dans l'ameublement et l'agencement.

Mélange (CEN TC335/TS 14961) : ensemble de produits contenant une proportion inconnue de ses composants.

Métaux lourds : naturellement le bois en contient ; la question des métaux lourds repose sur la concentration acceptable (après traitement, etc.) notamment pour le cuivre, le chrome et l'arsenic (autres métaux possibles : cadmium, mercure, nickel, plomb, antimoine, vanadium, zinc...).

Mix : mélange (cf. définition) ou assortiment/préparation (cf. définition)

Organo-halogénés totaux (CTBA, 2003) : PCP (pentachlorophénol), lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide.

O.S.B. : (Oriented strand board) (www.fcba.fr) : ce terme désigne un panneau réalisé avec des lamelles de bois résineux. Ces fines lamelles sont collées de façon orientée. Ces panneaux sont très souvent utilisés pour réaliser les murs de maisons ossature bois.

Ossature bois (www.fcba.fr) : technique de construction bois basée sur la fabrication d'un « squelette » fait de poutres de bois porteuses entre lesquelles est placé l'isolant (laine de verre, de roche ou chanvre...). Cette structure est ensuite fermée le plus souvent par du bardage à l'extérieur, parfois par des panneaux recouverts de crépi.

Panneaux bruts : panneaux de process (particules, OSB, fibres) n'ayant eu ni revêtement, ni finition, ni autre habillage.

Panneaux de particules (www.fcba.fr) : (parfois appelés improprement "agglomérés") ; les particules sont des morceaux de bois résultant d'une fragmentation du bois, qui sont collées les unes aux autres puis pressées, pour obtenir le panneau final.

PEFC (www.fcba.fr) : Programme de Reconnaissance des Certifications Forestières est une marque qui garantit la gestion durable de la forêt dont le bois ou les produits à base de bois sont issus.

Plaquettes de bois (CEN TC335/TS 15588) : biomasse ligneuse découpée en morceaux présentant une granulométrie définie produite par transformation mécanique à l'aide d'outils tranchants tels que des couteaux.

Plaquettes forestières (en lien avec 1.3.1) : il s'agit de combustible obtenu par broyage ou déchiquetage de tout ou partie de végétaux ligneux issus de peuplements forestiers et de plantations n'ayant subi aucune transformation (directement après exploitation). Du fait de leur origine, les plaquettes forestières peuvent contenir des fragments de bois, d'écorce, de feuilles ou d'aiguilles. Le broyage ou le déchiquetage peut se réaliser en forêt, en bord de parcelle, sur place de dépôt, sur aire de stockage ou directement à l'entrée de la chaufferie et/ou de l'unité de transformation.

Note : le référentiel plaquettes forestières peut s'appliquer au bois d'origine bocagère et bois d'origine urbaine tels les bois d'élagage urbains, y compris la partie ligneuse des refus de crible issus du compostage de déchets verts.

Plaquettes issues des industries de la transformation du bois (CEN TC335/TS 15588) : plaquettes de bois obtenues comme produit dérivé de l'industrie de transformation du bois avec ou sans écorce.

Plateforme de tri/reconditionnement (CTBA, 2005) : plateforme de simple regroupement des déchets (sorte de déchetterie d'entreprise réservée aux professionnels du bâtiment) ; plateforme de regroupement et de tri (préférentiellement les déchets de chantiers sur lesquels le tri n'a pas été possible) ; plateforme de regroupement, de tri et de pré-traitement des déchets (tournée vers la valorisation et le recyclage des déchets).

Préparation/assortiment (CEN TC335/TS 14961) : ensemble de produits contenant une proportion connue de ses composants.

@ **Produit composite** : est composé de biocombustibles et d'autres matériaux de type ciment, plastique... impropres à la combustion. Les produits composites sont exclus des référentiels à moins qu'une opération de séparation ne soit effectuée et ne permette d'isoler le combustible bois énergie et que celui-ci entre dans l'une des trois catégories identifiées dans les référentiels.

@ **Produit mixte** : biocombustible bois énergie composé de bois massif et de bois reconstitué.

Produits connexes des industries du bois (en lien avec 1.3.2) : les produits connexes des industries du bois sont constitués de : écorces, sciures, copeaux, plaquettes et broyats, dosses, délignures, chutes de tronçonnage, chutes de production de merrains, chutes de placage, mises au rond des bois déroulés et noyaux de déroulage, chutes d'usinage de panneaux à base de bois, chutes de fabrication de parquets, menuiseries, éléments de charpentes, etc. Ils peuvent être exempts de tout traitement chimique : écorces, dosses, délignures, chutes de fabrication de merrain, etc. Certains peuvent contenir des adjuvants chimiques qui peuvent ou non contenir des métaux lourds, et/ou organo-halogénés. Certains produits peuvent être considérés comme combustibles bois énergie (ex. panneaux de particules, bois aboutés, poutre en lamellé, ...), d'autres (ex. certains bois traités avec des produits de préservation) peuvent entrer dans la catégorie des combustibles de récupération.

Produits en fin de vie (en lien avec 1.3.3) : Il s'agit de bois provenant du broyage de palettes en fin de vie ou d'éléments en bois (mobilier, éléments en bois provenant de la déconstruction, etc.). Certains peuvent contenir des adjuvants et traitements. Selon les cas, ces produits entrent dans la catégorie combustibles bois énergie ou dans la catégorie combustibles de récupération.

Revêtement : ajout pour finition pouvant contenir des pigments métalliques (Cd, Cr, Cu, Mn, Pb et Zn) ou ajout d'autres matériaux dont plastique, celui-ci pouvant être du PVC. On trouve des revêtements minces (type panneaux de particules surfacés mélaminés - ppsm, cf. www.uipp.org), épais (décoratifs haute pression de type placage bois, stratifié, PVC,...) et les peintures et vernis.

Sciure (CEN TC335/TS 15588) : fines particules créées lors du sciage du bois.

@ **Souillé** : ayant été en contact avec un produit polluant de façon non-intentionnelle.

@ **Traité** (CEN TC335/TS 14961) : ayant subi un traitement « impliquant des produits chimiques autres que l'air et l'eau [par exemple, colle ou peinture] ».

Traitement anti-bleu (CAPEB/FFB, 2003) : traitement temporaire en scierie contre des champignons qui apparaissent sur des résineux (pins) et éventuellement sur le peuplier. Ce traitement est désormais effectué à partir de molécules peu dangereuses et qui disparaissent à court terme.

Note complémentaire à CAPEB/FFB (2003) : moins de 25 % des sciages utilisés pour la fabrication de palettes ont ce traitement.

Traitement de la surface du bois (CAPEB/FFB, 2003) : traitement réalisé par trempage (en usine) ou par badigeonnage (en atelier) de sels en solution, de composés organochlorés ou diverses molécules de synthèse.

Traitement des bois par trempage et classes (CSTB, 2004) : les traitements de classe 1, 2 et 3A sont très proches en termes de substances actives utilisées et procédé de traitement mis en œuvre. En effet, ils s'effectuent, la plus part du temps, par trempage court et autrefois

également par trempage long. Le traitement de classe 3A, le plus consommateur de produit de préservation, Les formulations de produits de préservations utilisées pour le trempage sont nombreuses, mais certains principes actifs sont souvent similaires. Il s'agit essentiellement de composés organiques du type : Triazole (fongicide : propiconazole, ...), Pyréthroïdes de synthèse (insecticide : cypermethrine, ...), IPBC, organo-iodé, Ammoniums quaternaires (R₄N+Cl⁻). Il existe également des formulations à base de sels de bore mais qui nécessitent une imprégnation donc l'utilisation d'un autoclave.

Note complémentaire à CSTB (2004) : lorsque l'essence de bois utilisée à une durabilité naturelle qui ne répond pas à l'usage du produit élaboré (extérieur, ...), un traitement de préservation peut être réalisé.

Traitement en profondeur du bois (CAPEB/FFB, 2003)⁸ : traitement par imprégnation de sels et oxydes minéraux (CCA : Cuivre Chrome Arsenic, CCB : Cuivre Chrome Bore) ou de produits à base de cuivre et de composés organiques. Il sert à conférer au bois une durabilité pour un usage en extérieur avec des expositions répétées ou permanentes à l'eau (classes d'emploi 3B, 4, 5).

Traitement par autoclave (www.fcba.fr) : le bois est un matériau robuste. Mais pour certaines essences plus fragiles destinées à être surexposées aux intempéries (bords de mer...), un traitement autoclave est nécessaire pour renforcer leur résistance. Ce traitement permet également de protéger le bois des attaques d'insectes xylophages ainsi que des champignons. Le traitement par autoclave consiste à insérer le bois dans un caisson hermétique puis à créer un vide d'air. Ensuite, le bois est imprégné de produit jusqu'à remplissage complet de toutes les cellules du bois. Pour y parvenir, ce procédé est réalisé sous pression. Ce traitement est parfois nécessaire pour les bois de classe 3 et indispensable pour ceux de classe 4 et 5.

Note complémentaire à CSTB (2004) : lorsque l'essence de bois utilisée à une durabilité naturelle qui ne répond pas à l'usage du produit élaboré (extérieur, ...), un traitement de préservation peut être réalisé.

Traitements chimiques de préservation du bois (CAPEB/FFB, 2003) : ils visent à augmenter la durabilité naturelle du bois vis-à-vis des insectes et des champignons. Il existe trois types de traitements chimiques, en fonction des performances de durabilité conférées au bois : le traitement anti-bleu, le traitement de la surface du bois, le traitement en profondeur du bois.

Notes complémentaires à CAPEB/FFB (2003)

- *Une classe est liée à un usage (intérieur, extérieur, bord de mer...) et est fonction de la durabilité naturelle de l'essence de bois utilisée et de la préservation qui peut lui être apportée.*
- *Le traitement anti-bleu est un trempage (le traitement est temporaire), le traitement de surface est un trempage et le traitement en profondeur est une imprégnation*

@ **Traitements d'ignifugation** (CAPEB/FFB, 2003)⁹ : ils visent à conférer au matériau un classement de réaction au feu M1. Le traitement consiste à ajouter des sels métalliques au matériau. Pour les panneaux : le traitement s'effectue dans la colle. Pour le bois massif : le traitement s'effectue par injection sous autoclave.

⁸ Note : ces déchets entrent dans la catégorie de déchets dangereux et doivent faire l'objet d'un traitement spécifique.

⁹ Note : ces déchets entrent dans la catégorie de déchets dangereux et doivent faire l'objet d'un traitement spécifique.
ADEME

Traitements par imprégnation et classes (CSTB, 2004) : il s'agit des traitements, de classe 3B, 4 et 5, correspondant à des usages extérieurs avec des expositions répétées ou permanentes, ce qui nécessite des pénétrations et rétentions dans le bois beaucoup plus importantes. Ces traitements s'effectuent sous pression dans des autoclaves, pour une imprégnation en profondeur du bois.

Note complémentaire à CSTB (2004) : lorsque l'essence de bois utilisée à une durabilité naturelle qui ne répond pas à l'usage du produit élaboré (extérieur, ...), un traitement de préservation peut être réalisé.

Traitements thermiques (CAPEB/FFB, 2003) : les traitements thermiques du bois visent à améliorer d'une part sa durabilité (résistance plus importante face aux insectes et aux champignons) et d'autre part à réduire ses variations dimensionnelles. Le traitement thermique n'est pas considéré comme un apport d'adjuvant.

Annexe 4. Liste des produits

Les informations entre parenthèses indiquent les tests spécifiques qui sont recommandés. Des tests supplémentaires peuvent être réalisés, quel que soit le produit, notamment pour répondre aux exigences réglementaires¹⁰.

Quelques principes de lecture des tableaux :

(ML) = métaux lourds

(OH) = organo-halogénés

« ... supérieur aux limites¹¹ proposées » signifie : > 1000 ppm pour ML et/ou > 1000 ppm pour le Bore et/ou >10 ppm pour OH

[m] = marginal en quantité

Pour les connexes des industries du bois :

- De gauche à droite, les activités (origine), les produits réalisés par les process et les connexes de ces activités qui entrent dans les référentiels combustibles bois énergie et ceux qui en sortent (dernière colonne).
- Si les produits dépassent les seuils recommandés, ils sont hors référentiel (vers TC 343 pour l'essentiel) (dernière colonne).
- Les paramètres à étudier sont :
 - Azote (si colle)
 - Bore (si anti-bleu)
 - Chlore (si risque de corrosion notamment¹², ...)
 - ML (métaux lourds) = Cuivre, chrome, arsenic en particulier (si revêtement, si traitement)
 - OH (organo-halogénés) = (PCP¹³, lindane, aldrine, dieldrine, endosulfan) + cyperméthrine, perméthrine, deltaméthrine, azaconazole, tébuconazole, propiconazole, dichlofluanide (si traitement)

Pour les produits en fin de vie

- Mêmes principes que pour les connexes des industries du bois.
- De gauche à droite, les activités (origine) puis les produits en fin de vie selon qu'ils sont bruts ou avec des adjuvants/traitements.
- Si les produits dépassent les seuils recommandés, ils sont hors référentiel (vers TC 343 pour l'essentiel) (dernière colonne).

¹⁰ Pour les produits mixtes et autres définitions, cf. le glossaire (**Annexe 3**).

¹¹ Ou seuils

¹² Idem pour soufre

¹³ Pentachlorophénol. Substance qui n'est plus utilisée depuis les années 1990.

CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS (1/5)

| | | | Combustibles bois énergie | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|---|---|----------------------|---|---|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" |
| Origine | Sous-activité | Produits | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) | Valorisation énergétique possible sous conditions (incinérateurs, réglementation 167C et 322B4) |
| 1. Scierie | | | | | | |
| | 1.1 Sciage | Sciage | Culées sur parc (mise au rond) Chutes de tronçonnage des grumes Ecorces Sciures Dosses (vendues comme telles ou sous forme de plaquettes de scierie) Délignures (vendues comme telles ou sous forme de plaquettes de scierie) Plaquettes de scierie (non écorcées) Plaquettes de scierie (écorcées) Chutes de tronçonnage des sciages | | | si supérieur aux limites proposées ou... |
| | 1.2 Merrandier | | Ecorces Culées Sciures Copeaux Chutes Dosses | | | |
| | 1.3 Traitement des bois | Anti-bleu Bromure de méthyle Classes 1 à 3 (niveaux de durabilité) Classe 4 (niveau de durabilité) | Chutes de produit ayant eu une fumigation (produit volatil à action flash) | | Chutes de sciage (Bore) Chutes de sciages (ML, OH, Bore) | Dégradés de sciages traités Produits contenant: CCA, PCP, Lindane, etc. (risque de dilution) |
| | 1.4 Autres activités en scierie | Cf. Parquets lambris Cf. Emballage Cf. Ameublement Cf. d'autres rubriques si besoin | | | | |
| 2. Tranchage | | | | | | |
| | | | Culées sur parc Ecorces Chutes de placage | | | |
| 3. Pâte à papier/papier | | | | | | |
| | | | Ecorces Sciures [m] Fines de bois [m] Déchets ligneux de parc à bois [m] Boues papetières | | | |

CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS (2/5)

| | | Combustibles bois énergie | | | | |
|--------------------|------------------------|---------------------------|---|--|---|---|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" |
| Origine | Sous-activité | Produits | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) | Valorisation énergétique possible sous conditions (incinérateurs, réglementation 167C et 322B4) |
| 4. Panneaux | | | | | | |
| | 4.1 Particules | | Ecorces | Chutes de découpe de panneaux (M car réintroduites dans process) (Azote) | | Chutes de panneaux ignifugés |
| | | | Sciures [m] car réintroduites dans le process | Fines de ponçage (M car réintroduites dans le process) (Azote) | Chutes de panneaux revêtus (Azote + ML) | Chutes de panneaux revêtus (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | Panneaux rebutés (Azote) | Chutes de panneaux traités (insecticides ou fongicides) (Azote, ML, OH, Bore) | Chutes de panneaux traités (insecticides ou fongicides) (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | Sciures de finition (Azote) | Sciures de finition (ML) | Sciures de finition (si supérieur aux limites proposées) |
| | 4.2 OSB | | Ecorces | Chutes de découpe de panneaux | | Chutes de panneaux ignifugés |
| | | | | Panneaux rebutés | Chutes de panneaux traités (insecticides ou fongicides) (Azote, ML, OH, Bore) | Chutes de panneaux traités (insecticides ou fongicides) (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | Sciures de finition | | |
| | 4.3 De fibres dont MDF | | | | Chutes de panneaux revêtus (mélamine) (Azote et ML) | Chutes de panneaux revêtus (mélamine) (si supérieur aux limites proposées) |
| | | Fibre voie humide | Ecorces | | Chutes de panneaux traités (Azote, ML, OH, Bore) | Chutes de panneaux traités (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | Sciures (pas commercialisées car auto-consommées) | | | |
| | | | Fines de ponçage (pas commercialisées car auto-consommées) | | | |
| | | | Boues d'épuration (pas commercialisées car auto-consommées) | | | |
| | | | Chutes de découpe | | | |
| | | | Sciures de finition | | | |
| | | MDF | Ecorces | Fines de ponçage | | Chutes de panneaux ignifugés |
| | | | Boues d'épuration (pas commercialisées car auto-consommées) | Chutes de découpe | | |
| | | | | Panneaux rebutés | | |
| | 4.4 Contre-plaqué | | Culées sur parc | Chutes de panneaux de contre-plaqué: Azote | Chutes de panneaux avec finition (Azote, ML) | Chute de panneaux (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | Ecorces | Sciures de panneaux: Azote | | Chutes de panneaux ignifugés |
| | | | Noyaux de déroulage | | | |
| | | | Chutes de placage | | | |
| | | | Fines de ponçage (ou poussière) | | | |
| | | | Chutes de contreplaqué colle alimentaire | | | |

CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS (3/5)

| | | Combustibles bois énergie | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------------------------------|---|---|---|--|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" |
| Origine | Sous-activité | Produits | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) | Valorisation énergétique possible sous conditions (incinérateurs, réglementation 167C et 322B4) |
| 5. Construction | | | | | | si mélange de matériaux et/ou si supérieur aux limites proposées |
| | 5.1 Eléments constructifs | | | | | |
| | | Bois massif | Ecorces Sciures Copeaux d'usinage Chutes de tronçonnage | | Refus de production de bois massif traité (ex. fermette) (ML, OH) | Refus de production de bois massif traité (si supérieur aux limites proposées) |
| | | Lamellé-collé | Sciures Copeaux d'usinage Chutes de tronçonnage (avant collage) | Sciures Copeaux d'usinage Chutes de tronçonnage | Sciures Copeaux d'usinage Chutes de tronçonnage | |
| | | Mixte (sciage panneaux) + | | Cf. 4. panneaux | Cf. 4. panneaux | Cf. 4. panneaux |
| | 5.2 Parquets et lambris | | | | | |
| | | Brut (non traité, non revêtu) | Copeaux Sciures Chutes | | | |
| | | Revêtu | | | Copeaux (ML) Chutes (ML) Rebuts (ML) | Copeaux (si supérieur aux limites proposées) Chutes (si supérieur aux limites proposées) Rebuts (si supérieur aux limites proposées) |
| | | Contre-collé avec finition | | | Chutes (Azote, ML) Rebuts (Azote, ML) | Chutes (si supérieur aux limites proposées) Rebuts (si supérieur aux limites proposées) |
| | 5.3 Revêtements extérieurs | | | | | |
| | Caillebotis | Brut (exotique) | Copeaux Sciures Chutes | | | |
| | | Traité | | | Chutes (ML, OH) | Chutes (si supérieur aux limites proposées) |
| | Bardage | Brut | Copeaux Sciures Chutes | | | |
| | | Traité | | si contre-collé (Azote) | Chutes (ML, OH) | Chutes (si supérieur aux limites proposées) |
| | | Revêtu | | | Chutes (ML) | |
| | | Traité/revêtu | | | Chutes (ML, OH) | |

CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS (4/5)

| | | Combustibles bois énergie | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|--|---|--|--|--|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" |
| Origine | Sous-activité | Produits | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) | Valorisation énergétique possible sous conditions (incinérateurs, réglementation 167C et 322B4) |
| | 5.4 Menuiserie | | | | | |
| | 541. Intérieur (sciages + panneaux) | Escaliers, moulures, portes (non-techniques) Non traité | Copeaux Sciures Chutes | Si présence de panneaux ou sous-produits panneaux (Azote) | | Chutes (si supérieur aux limites proposées) |
| | | Portes techniques (feu, acoustique...) | Copeaux Sciures Chutes | | | Chutes de portes techniques (mélange de bois et autres matériaux) |
| | 542. Extérieur | Portes et fenêtres, bardage, clôtures, dalles, caillebotis, etc. Non traité | Copeaux Sciures Chutes | Si présence de panneaux ou sous-produits panneaux (Azote) | | |
| | | Traité (surface, intérieur, colle) | | Copeaux (si panneaux Azote) Sciures (si panneaux Azote) Chutes (si panneaux Azote) | Si revêtu (ML), si traité (ML, OH) | Si revêtu (si supérieur aux limites proposées), si traité (si supérieur aux limites proposées) |
| 6. Emballage | | | | | | si supérieur aux limites proposées |
| | 6.1 Emballage léger | Cagettes, cageots, bourriches, plateaux, boîte à fromage | Culée sur parc Ecorce Noyau de déroulage Chutes Sciures Chutes de contreplaqué colle alimentaire | Chutes de multipli (Azote) | | |
| | 6.2 Palettes | | Sciures Chutes de tronçonnage | | Chutes de produits avec traitement anti-bleu (Bore) | |
| | 6.3 Autres emballages industriels | Caisserie Touret | Sciures Copeaux d'usinage Chutes de tronçonnage | Si panneaux, cf. rubrique 4 | Si panneaux, cf. rubrique 4 | |
| | 6.4 Tonnellerie | Tonneaux Barriques | Chutes Sciures Copeaux | | | |

CONNEXES DES INDUSTRIES DU BOIS (5/5)

| | | | Combustibles bois énergie | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--|----------------------|---|---|---|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) | |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" | |
| Origine | Sous-activité | Produits | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) | Valorisation énergétique possible sous conditions (incinérateurs, réglementation 167C et 322B4) | |
| 7. Ameublement | | | | | | | |
| | 7.1 Massif | | | | | si ignifugation ou si supérieur aux limites proposées | |
| | 7.1.1 Intérieur | Non-traité | Chutes Sciures Copeaux | | | | |
| | | Revêtu | | | Chutes (ML) | | Chutes (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | | Sciures (ML) | | Sciures (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | | Copeaux (ML) | | Copeaux (si supérieur aux limites proposées) |
| | 7.1.1 Extérieur | Non-traité | Chutes Sciures Copeaux | | | | |
| | | Traité | | | Chutes (ML, OH) | | Chutes (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | | Sciures (ML+OH) | | Sciures (si supérieur aux limites proposées) |
| | | | | | Copeaux (ML+OH) | | Copeaux (si supérieur aux limites proposées) |
| | | Revêtu | | | Chutes (ML) | | Chutes (si supérieur aux limites proposées) |
| | 7.2 Mixte bois (massif + panneaux) | | | idem 71 + Azote | idem 71+ Azote | | idem 71 |
| 8. Autres fabrications bois | | | | | | | |
| | | Poteaux de ligne | Ecorces | | | | Produits contenant: CCA, PCP, créosote (risque de dilution) |
| | | Traverses | Copeaux Chutes de tronçonnage Sciures | | | | |
| | | Autres (manches à outils, bâtonnets alimentaires...) | Chutes d'usinage Sciures Copeaux d'usinage | | | | |
| | | Cercueils (sciages, bois massif) | Chutes d'usinage Sciures Copeaux d'usinage | | | | |

PRODUITS EN FIN DE VIE (1/2)

| | | Combustibles bois énergie | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---|---|---|--|--|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" |
| Origine | Sous-activité | Produits | | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) |
| 1. Scierie | | | | | | |
| 2. Tranchage | | | | | | |
| 3. Pâte à papier/papier | | | | | | |
| 4. Panneaux | | | | | | |
| 5. Construction | | | | | | Si souillés et/ou mélange avec d'autres matériaux et/ou si supérieur aux limites proposées |
| | 5.1 Eléments constructifs | | | | | |
| | 5.2 Parquets et lambris | | | | | |
| | 5.3 Revêtements extérieurs | | | | | |
| | 5.4 Menuiserie | | | | | |
| | 5.5 BTP | <i>cf. également 51 à 54</i> | | | | Domaine du CEN TC343 |
| | 551 Rénovation / construction | Bois de coffrage (contreplaqué majoritaire) | Bois massif non traité (sans autres matériaux) | Panneaux et contreplaqués non souillés, non-revêtus (sans autres matériaux) (Azote) | Panneaux contreplaqués revêtus (sans autres matériaux) (Azote, ML) | Bois massif souillés par d'autres produits et/ou mélange avec d'autres matériaux (non nettoyés) Panneaux souillés par d'autres produits et/ou mélange avec d'autres matériaux (non nettoyés) et/ou si ML supérieur aux limites proposés |
| | | | | | Si peinture (ML) | |
| | | Charpente | Charpente, planches non traitées et sans finition | Lamellé-collé, BMR, contre-collé (Azote) | Charpentes, fermettes traitées (initialement ou curativement) (ML, OH) | Si connecteurs métalliques présents |
| | | Menuiserie | Copeaux | | Vantaux et huiseries de portes intérieures non-composites (ML, OH) | Si supérieur aux limites proposées |
| | | Revêtement intérieur | Lambris bruts | | Revêtus (ML) | Si supérieur aux limites proposées |
| | | | Parquets massifs | Parquet contre-collé (Azote) | | |
| | | Ossatures | Montants et traverses non-traités | Panneaux OSB ou contre-collés ou BMR (Azote) | Si traitement curatif (ML, OH) | Si supérieur aux limites proposées |
| | 552. Démolition | | idem 551 | idem 551 | idem 551 | idem 551 |
| | | | | | Bois extérieur (bardage, caillebotis, clotures, balcons) + bois intérieur (parquet, menuiseries, portes, panneaux, charpente) (ML, OH) | Si supérieur aux limites proposées |
| | 553. Autres | Tourets | Tourets "bruts" | | Tourets ayant subi un traitement (ex. vernis) (ML, OH) | Si supérieur aux limites proposées |
| 6. Emballage | | | | | | |
| 7. Ameublement | | | | | | |
| 8. Autres fabrications bois | | | | | | |

PRODUITS EN FIN DE VIE (2/2)

| | | | Combustibles bois énergie | | | |
|---|---------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|---|--|
| TERMINOLOGIE | | CEN TC335 | Non-traité | Traité | | Hors CEN TC335 (domaine du TC343 pour l'essentiel) |
| | | Référentiel BE | Non-adjuvanté | Faiblement adjuvanté | | Hors référentiels "combustibles bois énergie" |
| Origine | Sous-activité | Produits | | Azote et/ou Chlore | Autres (ML: max 1000 ppm, Bore: max 1000 ppm, OH: max 10 ppm) | |
| 9. Grande distribution | | | | | | Si souillés et/ou mélange avec d'autres matériaux et/ou si supérieur aux limites proposées |
| | | Emballage léger | Emballage léger (apte au contact alimentaire) | Si panneaux (Azote) (cf. rubrique 4) | | Emballage souillé |
| | | Palettes | Palettes non traitées (aptées au contact alimentaire) | | Produits traités anti-bleu (Bore) | |
| | | | | | Palettes peintes (ML) | Si supérieur aux limites proposées |
| | | | | | Palettes hors Europe (absence de traçabilité) (ML, OH) | |
| | | Autres emballages industriels | | Si panneaux (Azote) (cf. rubrique 4) | Si traitement (ML, OH) | Si supérieur aux limites proposées |
| 10. Industrie | | | | | | Si souillés et/ou mélange avec d'autres matériaux et/ou si supérieur aux limites proposées |
| | | Emballage léger | idem 9 | idem 9 | idem 9 | idem 9 |
| | | Palettes | idem 9 | idem 9 | idem 9 | idem 9 |
| | | Autres emballages industriels | | idem 9 | idem 9 | idem 9 |
| | | | | | Chutes de panneaux revêtus (Azote, ML) | Si supérieur aux limites proposées |
| | | | | | Chutes de panneaux traités (insecticides ou fongicides) (Azote, ML, OH, Bore) | Si supérieur aux limites proposées |
| | | Poteaux | | | Sciures de finition (ML) | Si supérieur aux limites proposées |
| 10 Déchetterie (collectivités et encombrants) | | | | | | Si souillés et/ou mélange avec d'autres matériaux et/ou si supérieur aux limites proposées |
| | | Meubles | Meubles bois massif non traités | Meubles avec panneaux (Azote) | Meubles avec revêtement de surface (ML) | Dechets provenant des encombrants |
| | | Emballages | idem 9 | idem 9 | idem 9 | Si supérieur aux limites proposées |
| 11. Plateforme de tri/reconditionneur | | | | | | Si souillés et/ou mélange avec d'autres matériaux et/ou si supérieur aux limites proposées |
| | | Emballage | idem 9 | idem 9 | idem 9 | idem 9 |
| | | Autres | | | | Déchets bois provenant des sinistres (ex. bois incendié) |
| | | | | | | Déchets bois provenant des démantèlement de bateaux ou wagons |

Annexe 5. Information sur la nomenclature ICPE et la réglementation¹

REGLEMENTATION DES INSTALLATIONS DE COMBUSTION

1. Nomenclature des installations classées

Les chaudières sont visées par la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées. Cette rubrique a été définie par le décret n°96-197 du 11 mars 1996 puis modifiée par le décret n°2006-678 du 8 juin 2006, modifiant la nomenclature des installations classées.

| N° | Désignation de la rubrique | A,D,S,C (1) | Rayon (2) |
|------|--|----------------------------------|---------------------------|
| 2910 | <p>Combustion à l'exclusion des installations visées par les rubriques 167C et 322 B4.</p> <p>La puissance thermique maximale est définie comme la quantité maximale de combustible, exprimée en PCI, susceptible d'être consommée en une seconde.</p> <p>Nota : La biomasse se présente à l'état naturel et n'est ni imprégnée ni revêtue d'une substance quelconque. Elle inclut le bois sous forme de morceaux bruts, d'écorces, de bois déchiquetés, de sciures, de poussières de ponçage ou de chutes issues de l'industrie du bois, de sa transformation ou de son artisanat.</p> <p>A. Lorsque l'installation consomme exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfiés, du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds ou de la biomasse, à l'exclusion des installations visées par d'autres rubriques de la nomenclature pour lesquelles la combustion participe à la fusion, la cuisson ou au traitement, en mélange avec les gaz de combustion, des matières entrantes, si la puissance thermique maximale de l'installation est :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. supérieure ou égale à 20 MW 2. supérieure à 2 MW, mais inférieure à 20 MW <p>B. Lorsque les produits consommés seuls ou en mélange sont différents de ceux visés en 1 et si la puissance thermique maximale est supérieure à 0,1 MW</p> | <p></p> <p>A DC</p> <p>A</p> | <p></p> <p>3</p> <p>3</p> |

(1) A : Autorisation, D : Déclaration, S : Servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement

(2) Rayon d'affichage exprimé en kilomètres

¹ Information Ministère de l'Ecologie.
ADEME

2. Etat de la réglementation des installations de combustion visées par la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées

Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, les installations de combustion sont réglementées par différents arrêtés ministériels, selon leur puissance thermique, le type d'installation et la date de leur arrêté préfectoral d'autorisation.

| Puissance de l'installation en MW _{th} | 2 à 20 | Supérieur ou égal à 20 |
|--|--------------------|------------------------|
| Chaudières autorisées avant le 31 juillet 2002 | Arrêté du 25/07/97 | Arrêté du 30/07/03 |
| Chaudières autorisées après le 31 juillet 2002 | Arrêté du 25/07/97 | Arrêté du 20/06/02 |
| Turbines, moteurs et chaudières de postcombustion | Arrêté du 25/07/97 | Arrêté du 11/08/99 |
| Autres installations de combustion visées par la rubrique 2910 | Arrêté du 25/07/97 | Arrêté du 02/02/98 |

Les installations soumises à déclaration, dont la puissance thermique est comprise entre 2 et 20 MW sont réglementées par l'arrêté ministériel du 25 juillet 1997 modifié relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n°2910 : Combustion.

Les installations soumises à autorisation (puissance thermique supérieure à 20 MW) sont, selon leur nature et la date de leur arrêté préfectoral réglementées par les textes suivants :

- pour les turbines, moteurs et chaudières de postcombustion : l'arrêté ministériel du 11 août 1999 modifié, relatif à la réduction des émissions polluantes des moteurs et turbines à combustion ainsi que des chaudières utilisées en postcombustion soumises à autorisation sous la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées ;
- pour les chaudières autorisées avant le 31 juillet 2002 : l'arrêté ministériel du 30 juillet 2003 modifié, relatif aux chaudières présentes dans les installations existantes de combustion d'une puissance supérieure à 20 MW ;
- pour les chaudières autorisées à compter du 31 juillet 2002 : l'arrêté ministériel du 20 juin 2002 modifié, relatif aux chaudières présentes dans une installation nouvelle ou modifiée d'une puissance supérieure à 20 MW ;
- pour les autres installations de combustion : l'arrêté ministériel du 2 février 1998 modifié, relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Annexe 6. Certification en forêt²

1 - La certification de la gestion durable des forêts : historique et concept

Le concept de certification forestière est né lors de la conférence de Rio en 1992, sur l'initiative d'organisations non-gouvernementales qui ont cherché un moyen, via le commerce des produits bois, d'imposer des normes de bonne gestion des forêts.

La certification forestière est le plus souvent une démarche volontaire des acteurs privés. De manière courante, les systèmes de certification de la gestion durable des forêts reposent sur cinq éléments :

1. La fixation de critères de gestion durable des forêts ;
2. Le **contrôle de la conformité** des engagements et des mesures adoptées par le candidat à la certification, aux critères définis dans le cahier des charges du système de certification ;
3. L'**accréditation** des organismes effectuant le contrôle de conformité ;
4. La **chaîne de contrôle** qui permet d'identifier les fournisseurs de toute entreprise adhérente au système, d'exiger et de suivre certaines informations sur l'origine des approvisionnements et en matières premières à base de bois. La chaîne de contrôle permet ainsi une traçabilité des produits bois concernés depuis la forêt jusqu'à l'utilisateur final ;
5. L'usage d'une **marque** (marquage) qui atteste, sur les produits à base de bois, que ceux-ci sont, en tout ou partie, issus de forêts certifiées.

Les systèmes de certification peuvent être nationaux, et il en existe beaucoup³. Toutefois beaucoup de systèmes nationaux adoptent ou sont reconnus par les deux grands schémas de certification forestière à l'échelle internationale :

- FSC : *Forest Stewardship Council*, créé à l'origine par les grandes ONG environnementales (Amis de la Terre, Greenpeace, WWF...),
- PEFC : *Programme de reconnaissance des certifications forestières*, crée sur l'initiative des propriétaires forestiers de pays européens. Son objectif était de créer un système de certification adaptée à la forêt européenne. Depuis 2003, PEFC a confirmé sa vocation internationale et se développe sur tous les continents.



Aujourd'hui, la certification de la gestion durable des forêts couvre 294 millions d'hectares, soit 8 % de la surface forestière mondiale, les adhérents au schéma PEFC représentant plus des deux-tiers de ces surfaces (204 millions d'hectares).

² Information Ministère de l'Agriculture.

³ Comme par exemple pour le Brésil, CERFLOR, pour le Canada CSA, pour les Etats-Unis, ATSF et SFI, pour l'Indonésie, LEI ou encore pour la Malaisie MTCC, mais aussi des systèmes PEFC nationaux comme PEFC France.

2 - Etat de la certification en France

21. Le développement du schéma PEFC France

Le processus de certification forestière PEFC a été lancé en France en 1999. Le premier référentiel a été appliqué de 2001 à 2006 et vient d'être révisé et approuvé pour une nouvelle période de 5 ans (2007-2011). L'association PEFC France est organisée en trois collèges - collège des producteurs, collège des transformateurs, collège des usagers de la forêt – et assure la coordination générale du système ainsi que la promotion de la marque.

Aujourd'hui (mars 2008) PEFC compte en France 4,5 millions d'hectares de forêts certifiées, soit **31% de la forêt française métropolitaine de production**, et 1185 chaînes de contrôle (de la forêt jusqu'aux transformateurs).

Répartition des surfaces certifiées PEFC en pourcentages (1^{er} mars 2008)

| Catégorie de forêts | Surface forestière certifiée en hectares | Pourcentages de la surface forestière certifiée PEFC | Pourcentages de la surface forestière française (forêt de production) |
|---------------------------------|--|--|---|
| Forêts domaniales | 1 554 917 <i>(100% de la forêt domaniale de production)</i> | 34 % | 11 % |
| Forêts des collectivités | 1 397 335 <i>(58% de la forêt communale de production)</i> | 31 % | 10 % |
| Forêts privées | 1 611 520 <i>(15% de la forêt privée de production)</i> | 35 % | 11 % |
| TOTAL | 4 563 773 | 100% | 31 % |

Si les principes de fonctionnement du schéma et les éléments à respecter sont fixés dans le référentiel national, **la certification PEFC se pratique à l'échelle régionale**. Une politique qualité conforme au référentiel national est établie par région et fait l'objet de la certification, accordée pour une période de 5 ans par un organisme certificateur. La mise en œuvre et l'animation des politiques régionales sont assurées par les *Entités régionales* contrôlées annuellement par l'organisme certificateur. Ces entités régionales, organisées également en collèges, sont au nombre de 20, certaines dans les régions de l'ouest faisant l'objet d'une animation groupée.

Des cahiers des charges pour les propriétaires sont établis sur la base des politiques qualités régionales. Les propriétaires sont libres d'adhérer, mais dès qu'ils adhèrent, ils sont tenus de respecter le cahier des charges.

La certification PEFC est accordée après un audit initial de l'entité régionale et de sa politique qualité, un audit externe de contrôle est prévu tous les 12/18 mois, les propriétaires sont contrôlés par des audits et contrôles internes PEFC selon une procédure accréditée par le COFRAC.

22. Création récente de FSC France

Le FSC international a développé un référentiel qui lui est propre en 10 principes et 56 critères applicables à toutes les forêts et pouvant être déclinés par pays ou par zones homogènes. La certification FSC est individuelle, accordée à l'échelle de la forêt et du propriétaire, après un audit initial durant lequel on s'assure que le propriétaire respecte les exigences du standard, un audit de contrôle a lieu au moins 1 fois par an.

Même s'il n'existait pas encore d'association FSC en France, le schéma FSC s'est développé sur 17 000 ha et compte à ce jour (*février 2008*) 153 chaînes de contrôle.

En 2006, une initiative FSC France a été lancée, portée essentiellement par des industries du secteur du papier, par des grandes enseignes de la distribution et par les ONG environnementales. Le fonctionnement du schéma FSC repose sur une représentation en chambres : la chambre économique, la chambre environnementale et la chambre sociale. Un travail de déclinaison du référentiel aux forêts françaises devrait être engagé par FSC France.

3 – La mise en marchés des produits certifiés

L'extension de superficies certifiées et le développement des chaînes de contrôle permettent la mise en marché progressive de produits certifiés avec une part significative pour la récolte de bois d'œuvre et de bois d'industrie. On peut escompter que la part de bois énergie certifié progressera significativement avec le développement attendu de la plaquette forestière.

Produits certifiés (part en pourcentages – Données EAB –SCEES) .

| Produits | 2005 | 2006 |
|-------------------------|------|------|
| Bois d'œuvre | 30 % | 40 % |
| Bois d'industrie | 39 % | 45 % |
| Bois énergie | 22 % | 29 % |
| Sciages | 17 % | 21 % |

Annexe 7. Exemple de fiche de prélèvement⁴

| FICHE DE PRELEVEMENT | |
|--|-----------|
| Responsable du prélèvement | |
| Société | |
| Nom | |
| Téléphone | |
| Date du prélèvement | |
| Référence du lot | |
| Lieu du prélèvement | |
| Nom du fournisseur | |
| Référence livraison | |
| Nature du conditionnement de l'échantillon prélevé | |
| Nombre d'échantillons élémentaires prélevés | |
| Volume moyen de l'échantillon | |
| Date de dépôt de l'échantillon pour essai | |
| | Signature |

⁴ D'autres informations comme la date de prélèvement, la référence du lieu de récolte, ... peuvent être ajoutées.
ADEME

Annexe 8. Constitution des échantillons selon CEN/TS 14 778, 14 779, 14780

La précision de l'évaluation d'un lot de combustible bois énergie dépend de deux paramètres

- La précision de l'appareil de mesure ;
- La représentativité de l'échantillon mesuré par rapport au lot dans lequel il a été prélevé.

1. Références normatives

Le CEN TC335 a travaillé sur le sujet dans le cadre du groupe de travail n° 3 « Echantillonnages ». Les spécifications sont des techniques qui vont être prochainement réexaminées pour être transformées en norme européenne.

Les documents suivants sont disponibles :

- CEN/TS 14778-1 : Biocombustibles solides - Echantillonnage – Partie 1 : Méthodes d'échantillonnage ;
- CEN/TS 14778-2 : Biocombustibles solides - Echantillonnage - Partie 2 : Méthode pour l'échantillonnage d'une livraison de matériau par camion ;
- CEN/TS 14779 : Biocombustibles solides - Echantillonnage - Partie 3 : Méthodes pour la préparation de plans d'échantillonnage et de certificat d'échantillonnage ;
- CEN/TS 14780 : Biocombustibles solides - Echantillonnage - Méthodes de réduction d'échantillon.

2. Réalisation de l'échantillon

Cette opération se décompose en deux phases :

- La collecte de l'échantillon ;
- La réduction du volume de l'échantillon si celui-ci est trop important pour permettre une mesure rapide.

a) Collecte de l'échantillon

Les moyens mis en œuvre pour collecter l'échantillon doivent permettre d'obtenir un prélèvement représentatif du lot à évaluer. Il ne sera traité dans ce document que des méthodes « manuelles ».

b) Détermination du nombre de prélèvements élémentaires

La première étape est de déterminer le nombre de prélèvements élémentaires à réaliser. Ce nombre dépend de l'hétérogénéité du lot. On retiendra les trois cas décrits dans le tableau ci-après :

Tableau n°1 : Classification des biocombustibles en fonction de l'hétérogénéité

| | Groupe 1 | Groupe 2 | Groupe 3 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Description | Combustible homogène | combustible homogène | combustible hétérogène |
| Granulométrie nominale maximale | < 10 mm | > 10 mm | |
| Nombre minimal de prélèvements (M lot = masse du lot en tonnes) | $n = 5 + 0,025 \times M \text{ lot}$ | $n = 10 + 0,040 \times M \text{ lot}$ | $n = 20 + 0,060 \times M \text{ lot}$ |
| Exemple | sciures, copeaux | plaquettes forestières, granulés | plaquettes forestières, écorces |

NB : la granulométrie nominale maximale est la granulométrie telle que 95 % (en masse) des éléments du combustible passent les mailles correspondant à cette granulométrie.

En pratique le nombre de prélèvements élémentaires est donné par le tableau ci-après :

Tableau n°2 Nombre de prélèvements élémentaires en fonction de l'homogénéité du combustible.

| Groupe | Masse livrée (tonnes) | | | | | |
|--------|-----------------------|----|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 2 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 3 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 |

c) Détermination de la taille des prélèvements élémentaires

Le volume des prélèvements élémentaires « V_{min} » est donné par les formules ci dessous :

- $V_{min} = 0,5$ lorsque $d \leq 10$
- $V_{min} = 0,05 \times d$ lorsque $d \geq 10$

d : granulométrie nominale maximale exprimée en mm telle que 95 % (en masse) des éléments du combustible passent les mailles correspondant à cette granulométrie.

V_{min} est le volume minimal de chaque prélèvement élémentaire exprimé en litres.

Le tableau ci-après donne, pour le groupe 1 et 2, le volume total prélevé. Pour le groupe 2, pour le groupe 3 le calcul a été fait en considérant que la granulométrie nominale maximale était de 100 mm

Tableau n° 3 Volume total prélevé (en litres) en fonction de l'homogénéité

| | Masse livrée | | | | | |
|---|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 1 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 30 | 30 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 3 | 100 | 105 | 105 | 105 | 110 | 110 |

Exemple : Livraison de 15 tonnes de plaquettes forestières de granulométrie maximale est de 60 mm, on réalisera 11 prélèvements élémentaires (tableau n°2). Le volume élémentaire minimal sera de $0,05 \times 60 = 3$ litres. Le volume prélevé sera de 33 litres.

d) Réduction du volume de l'échantillon

Masse minimale à conserver : afin de limiter le volume et la masse à tester, CEN/TS14780 propose de réduire la taille de l'échantillon. La masse testée ne doit toutefois pas être inférieure à la valeur fixée par le tableau ci après :

Tableau n° 4 : Volume minimal à tester

| Granulométrie nominale maximale (en mm) | Masse minimale (en g) Densité apparente < 200 kg/m ³ | Masse minimale (en g) 200 kg/m ³ < Densité apparente < 500 kg/m ³ | Masse minimale (en g) Densité apparente >500 kg/m ³ |
|---|---|---|--|
| >100 | 10 000 | 15 000 | 20 000 |
| 50 | 1 000 | 2 000 | 3 000 |
| 30 | 300 | 500 | 1 000 |
| 10 | 150 | 250 | 500 |
| 5 | 50 | 100 | 200 |
| <2 | 20 | 50 | 100 |

En pratique, les volumes minimums à évaluer seront (si l'on applique CEN/TS 14 780) :

- Ecorces (si elles n'ont pas été broyées) : 15 kg
- Plaquettes : 2 kg
- Sciures : 50 grammes.

Annexe 9. Exemple de procédure de détermination de la granulométrie

Cette procédure est conforme aux exigences du CEN/TS 15149.

1. Objet

Mesurer la granulométrie des combustibles bois.

2. Matériels utilisés

Un crible possédant les tamis suivants : 1, 3.15, 45, 63, 100, 200, 300, 350 mm.

Un système vibratoire donnant une amplitude de 70mm à une fréquence de 160 coups par minute

Pour une classe donnée il faut au minimum 4 tamis : 1, 3.15, celui de la classe considérée et celui de la « fraction grossière » de la classe considérée

Exemple pour P45 il faut des tamis de 1, 3.15, 45 et 63mm.

3. Documents

Fiche de prélèvement

4. Déroulement de l'essai

Déposer l'échantillon dans le crible supérieur. Mettre en fonctionnement le système vibratoire pendant 4 minutes. Peser le contenu de chaque crible. Déterminer l'humidité des bois contenus dans chaque crible.

5. Présentation des résultats

Reporter les résultats sur le cahier d'enregistrement

Annexe 10. Exemple de procédure de détermination de l'humidité (simplifiée)

Méthode normalisée CEN/TS 14 774 (méthode simplifiée 14774-2)

1. Objet

Cette méthode permet de mesurer le taux d'humidité moyen des combustibles bois.

2. Références

CEN/TS 14 774

3. Matériels utilisés

- Une étuve pouvant aller à 105°C avec une précision de $\pm 2^\circ\text{C}$ et dans laquelle l'air est renouvelé 3 à 5 fois par heure ;
- Une balance avec une précision de 0,1 gramme ;
- Une coupelle en matériau incombustible.

4. Notations

- m_1 : poids de la coupelle vide ;
- m_2 : le poids de la coupelle avec l'échantillon avant passage à l'étuve ;
- m_3 : le poids de la coupelle avec l'échantillon après passage à l'étuve.

5. Déroulement de l'essai

L'échantillon doit être de 300 à 500 g. Si la granulométrie est supérieure à 100 mm, alors les échantillons devront être de 1 à 2 kg.

Recouvrir la coupelle d'une épaisseur de combustible, peser l'ensemble (m_2).

Passer à l'étuve à $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à stabilisation de la masse (pas de variation de plus de 0,2 % de la masse totale). Noter le poids m_3 .

6. Présentation des résultats

Le taux d'humidité est : $H = 100 \times \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1}$

Reporter les résultats sur le cahier d'enregistrement

Annexe 11. Exemple de procédure de détermination de l'humidité (micro-onde)

Méthode par micro onde

Afin d'obtenir une vitesse de déshydratation plus rapide (5 à 15 minutes), il est possible d'utiliser un four à micro onde du commerce. Il n'y a pas de gain de temps sur les opérations de pesées qui sont les mêmes que pour la méthode de référence. La déshydratation doit être surveillée par un opérateur, malgré cela le risque d'inflammation persiste. La mesure dépend de l'habitude de l'opérateur qui doit évaluer le moment correct pour arrêter l'appareil. La précision du résultat dépend de l'homogénéité du combustible, en effet les éléments sèchent à des vitesses différentes, les plus fines ont donc tendance à s'auto-enflammer, alors qu'il subsiste une quantité d'eau importante dans les plus grosses. Les écarts, par rapport à la méthode de référence varient avec l'expérience de l'opérateur. Les écarts sont plus importants lorsque le combustible est composé d'éléments hétérogènes (dimensions et humidité des éléments). Les écarts, avec la méthode de référence, peuvent atteindre 10 à 15 points d'humidité.

Ci-dessous un exemple de procédure de l'humidité avec un four à micro onde.

1. Objet

Cette méthode simplifiée permet de mesurer le taux d'humidité moyen des combustibles bois.

2. Matériels utilisés

- Un four à micro onde ;
- Une balance avec une précision de 1 gramme ;
- Une coupelle en matériau incombustible.

3. Notations

- m_1 : poids de la coupelle vide ;
- m_2 : le poids de la coupelle avec l'échantillon avant passage au four à micro onde ;
- m_3 : le poids de la coupelle avec l'échantillon après passage au four à micro onde.

4. Déroulement de l'essai

Recouvrir la coupelle d'une épaisseur de combustible, peser l'ensemble (m_2).

Passer au four à micro onde pendant une durée de 1 minute, peser l'ensemble, recommencer l'opération jusqu'à l'apparition de tâches brunâtres ou de fumées. Noter le poids m_3 .

Recommencer l'opération trois fois.

5. Présentation des résultats

Le taux d'humidité est : $H = 100 \times \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1}$

Faire la moyenne des trois mesurages et reporter les résultats sur le cahier d'enregistrement.

Annexe 12. Exemple de procédure de détermination de l'humidité (PCI-mètre)

Méthode par « PCI-mètre »

Un nouvel appareil à déshydratation a été mis récemment sur le marché : le « PCI-mètre ». Il permet d'obtenir un temps de déshydratation aussi rapide que le four à micro-ondes, tout en évitant le risque d'auto - inflammation. Comme dans les deux méthodes précédentes il s'agit de peser le combustible avant et après déshydratation. L'écart avec la méthode de référence peut atteindre 3 à 4 points d'humidité pour des mélanges hétérogènes.

Un exemple de procédure avec un « PCI-mètre » figure ci-dessous.

1. Objet

Cette méthode permet de mesurer le taux d'humidité moyen des combustibles bois.

2. Références

Mode emploi PCI-mètre

3. Matériels utilisés

- PCI-mètre ;
- Une balance avec une précision de 0,1 gramme ;

4. Notations

- m_1 : poids du réceptacle contenant l'échantillon ;
- m_2 : le poids de la coupelle avec l'échantillon avant passage à l'étuve ;
- m_3 : le poids de la coupelle avec l'échantillon après passage à l'étuve.

5. Déroulement de l'essai

Remplir le réceptacle, peser l'ensemble (m_2).

Mettre en fonctionnement le PCI mètre pendant 15 minutes

Noter le poids m_3 .

6. Présentation des résultats

Le taux d'humidité est : $H = 100 \times \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1}$

Reporter les résultats sur le cahier d'enregistrement

Annexe 13. Exemple de procédure de détermination de l'humidité

Méthode par FMV 3000

Un fabricant autrichien propose un matériel évaluant l'humidité en utilisant l'effet diélectrique du bois humide. Cet appareil, le FMV 3000 permet d'obtenir une lecture directe de l'humidité, sans avoir à réaliser des pesées. Pour donner des résultats fiables, ce matériel doit être correctement étalonné. Le résultat de la mesure dépendant à la fois de la masse volumique apparente⁵ et de l'humidité du combustible, il est nécessaire de réaliser un étalonnage à chaque fois que les conditions d'approvisionnement changent : essence, type de broyeur ou de coupeuse, présence d'écorce, etc. Ce matériel est à éviter pour les mélanges/préparations, en raison de l'hétérogénéité de ces derniers. Lorsque les calibrages ont été réalisés avec soin, les écarts avec la méthode de référence peuvent atteindre 3 à 4 points.

Un exemple de procédure figure ci-dessous.

1. Objet

Cette méthode simplifiée permet de mesurer le taux d'humidité moyen des combustibles bois.

2. Matériels utilisés

Hygromètre FMV 3000.

3. Documents

Fiche de prélèvement.

4. Déroulement de l'essai

Étalonner l'appareil en fonction de la granulométrie des combustibles.

N'utiliser l'appareil que si l'échantillon à une granulométrie correspondant à une granulométrie étalonnée et lire la valeur sur l'afficheur.

Mettre l'échantillon dans l'appareil

Assurer un tassement correct

Lire le résultat

5. Présentation des résultats

Enregistrer le résultat sur le registre d'essai.

⁵ Déterminée suivant les indications du GEN/TS 15103.
ADEME

Annexe 14. Exemple de procédure de détermination du pouvoir calorifique inférieur

Mesure en bombe calorimétrique

1. Principe

La prise d'essai est réalisée dans une bombe calorimétrique en présence d'oxygène. Le pouvoir calorifique supérieur est donc déterminé à volume constant à partir de l'élévation de température constatée compte tenu des réactions chimiques secondaires et éventuellement des pertes thermiques. Le pouvoir calorifique inférieur est calculé ensuite à partir d'une décomposition élémentaire du bois mesuré.

2. Appareillage

Les mesures sont réalisées dans une bombe calorimétrique d'une capacité de 250 à 350 ml plongée dans un vase calorimétrique lui-même inclus dans une jaquette isolante. L'échantillon est placé dans une coupelle de 25 mm de diamètre et d'une hauteur de 14 à 19 mm. L'échantillon ne doit pas donc excéder 9 ml soit en moyenne 4 grammes pour du bois.

La combustion est déclenchée électriquement généralement par un fil de tungstène. La combustion a lieu en présence d'oxygène.

3. Mode opératoire

Dans un premier temps, l'appareillage est étalonné avec une pastille d'acide benzoïque. La masse en eau est déterminée (bombe calorimétrique et calorimètre).

Les échantillons sont broyés pour avoir une granulométrie inférieure à 0.2 mm, ils sont ensuite pesés à 0.1 mg près. Un échantillon est gardé pour une mesure d'humidité (voir chapitre teneur en humidité). L'échantillon est placé dans la coupelle, la bombe calorimétrique est chargée en oxygène à une pression de 25 bars.

La combustion est déclenchée électriquement.

Un suivi de la température d'eau est effectué toutes les trente secondes avant et après la combustion jusqu'à l'obtention d'un régime linéaire de refroidissement.

A la suite de ces mesures, la bombe calorimétrique est démontée pour vérifier que la combustion est complète (ni dépôt de suie, ni carbone résiduel). La bombe est ensuite rincée avec de l'eau distillée pour récolter les divers acides produits par la combustion.

Des corrections doivent être apportées pour tenir compte :

- Des acides formés lors de la combustion (dosage avec des solutions de carbonate de sodium et d'hydroxyde de baryum) ;
- De la chaleur de combustion du fil d'allumage (par pesée puis calcul) ;
- Des échanges de chaleur avec l'extérieur (calcul).

4. Expression des résultats

Pouvoir calorifique supérieur

Le pouvoir calorifique supérieur est déterminé par la formule suivante :

$$P_y = \frac{(4,1868 \times E) \times (t_m - t_i + c) - (a + b)}{M}$$

Le pouvoir calorifique supérieur à volume constant sur sec est obtenu en multipliant P_v par :

$$\frac{100}{100 - h_1}, \text{ dans laquelle :}$$

- E = équivalent en eau du calorimètre de la bombe, de leurs accessoires et de l'eau introduite dans la bombe
- t_i = température initiale en degrés Celsius,
- t_m = température maximale en degrés Celsius,
- a = correction nécessitée par la formation des acides,
- b = correction nécessitée par la chaleur de combustion du fil d'allumage,
- c = correction de température nécessitée par l'échange de chaleur avec l'extérieur. Celle-ci est nulle si on utilise la jaquette adiabatique,
- M = masse de la prise d'essai en gramme
- h_1 = humidité de l'échantillon sec à l'air en pourcentage en masse 1 déterminée selon la norme M03-037

Pouvoir calorifique inférieur sur sec à l'air

Il se calcule par convention selon la formule suivante :

$$I_v = P_v - 6 \times 4.1868 h_2 = P_v - 25.1 h_2, \text{ où :}$$

- I_v en joules par gramme,
- h_2 étant la teneur en eau totale du combustible sec à l'air en pourcentage (eau préexistante dans ce combustible et eau formée par combustion de l'hydrogène obtenue expérimentalement lors d'une détermination d'hydrogène du combustible selon M 03-037) ou calculée à partir de la formule suivante :

$$h_2 = 8.937 H \times \frac{100 - h_1}{100} + h_1$$

- h_1 = teneur en hydrogène en pourcentage du combustible sec.

Le pouvoir calorifique inférieur d'un combustible dont l'humidité h est différente de l'humidité h_1 de l'échantillon analysé, se calcule avec les expressions suivantes :

$$I_{vh} = P_v \frac{100 - h}{100 - h_1} - 6 \times 4.1868 \left[\frac{h_2 - h_1}{100 - h_1} (100 - h) + h \right]$$

$$I_{vh} = (I_v + 6 \times 4.1868 \times h_1) \frac{100}{100 - h_1} - 6 \times 4.1868 \times h$$

Pour un combustible sec, le pouvoir calorifique est :

$$I_{vs} = (I_v + 6 \times 4.1868 h_1) \frac{100}{100 - h_1} = (I_v + 25 h_1) \frac{100}{100 - h_1}$$

$$I_{vs} = P_v \frac{100}{100 - h_1} - 54 \times 4.1868 H = P_v \frac{100}{100 - h_1} - 224 H$$

Annexe 15. Exemple de procédure de détermination du pouvoir calorifique inférieur (à partir de l'humidité)

Calcul à partir de l'humidité

1. Objet

Déterminer le pouvoir calorifique à partir de l'humidité moyenne de la livraison.

2. Documents utilisés

Annexe C– CEN/TS 14918

3. Formules utilisées

3.1 Livraison à la tonne

Q est le pouvoir calorifique inférieur (en MJ/kg) à l'humidité H (en %) donné par la formule suivante :

$$Q = Q_0 \times \frac{100 - H}{100} - 0,02443 \times H$$

Q₀ est égal à : 20 MJ/kg de matière sèche pour les résineux et 19 MJ/kg pour les feuillus

Si le résultat doit être donné en kWh/kg diviser par 3,6 la valeur exprimée en MJ/kg.

Exemple : Pour des plaquettes forestières en bois feuillus à une humidité de 35 %, le PCI est de :

$$Q = 19 \times \frac{100 - 35}{100} - 0,02443 \times 35 = 11,5 \text{ MJ/kg, soit un PCI de } 11,5/3,6 = 3,19 \text{ kWh/kg.}$$

3.2 Livraison au volume d'encombrement

$$Q' = Q \times \frac{D}{1000}$$

Q' est le pouvoir calorifique exprimé en MJ/kg

Q est le pouvoir calorifique inférieur à l'humidité H calculée en 3.1

H le taux d'humidité en %

D est la masse volumique exprimée en kilogramme par m³

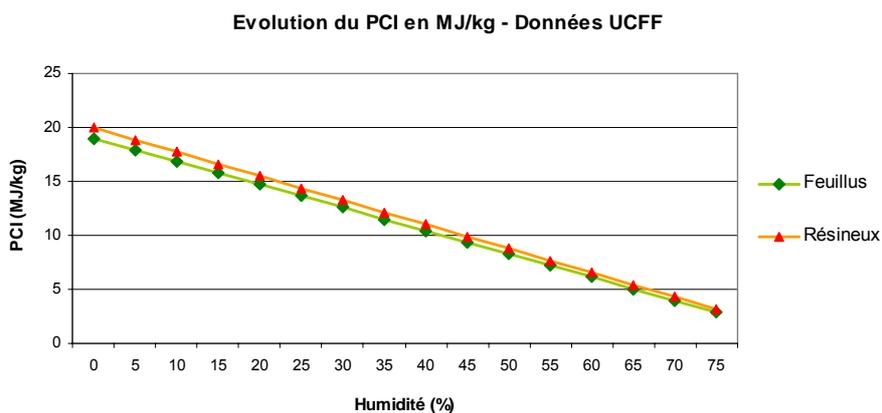
Exemple : Pour des plaquettes forestières en bois feuillus à une humidité de 35 %, avec une masse volumique apparente de 250 kg/m et d'après les résultats précédents :

$$Q' = 3,19 \times 250 / 1000 = 0,7975 \text{ MJ/m}^3, \text{ soit } 0,7975/3,6 = 0,2215 \text{ kWh/kg}$$

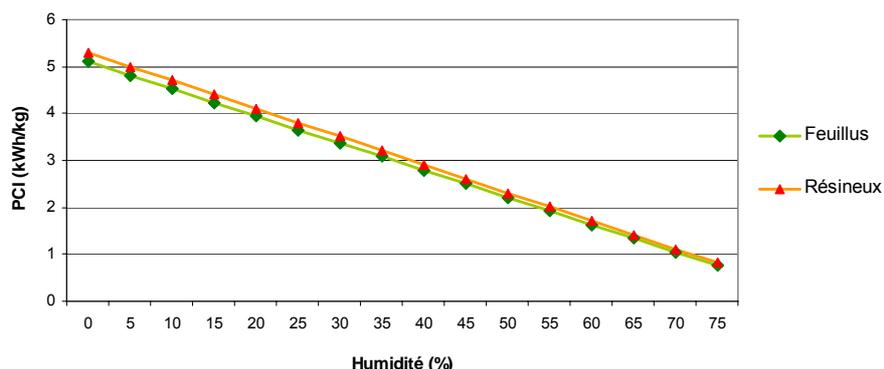
Annexe 16. Exemple d'abaque Pouvoir Calorifique Inférieur Humidité du bois pour les plaquettes forestières

| Pouvoir Calorifique Inférieur du bois en fonction de l'humidité – Données UCFF | | | | |
|--|----------|----------|-----------|----------|
| Humidité (%) | En MJ/kg | | En kWh/kg | |
| | Feuillus | Résineux | Feuillus | Résineux |
| 0 | 19 | 20 | 5,1 | 5,3 |
| 5 | 17,9 | 18,9 | 4,8 | 5,0 |
| 10 | 16,9 | 17,8 | 4,5 | 4,7 |
| 15 | 15,8 | 16,6 | 4,2 | 4,4 |
| 20 | 14,7 | 15,5 | 3,9 | 4,1 |
| 25 | 13,6 | 14,4 | 3,7 | 3,8 |
| 30 | 12,6 | 13,3 | 3,4 | 3,5 |
| 35 | 11,5 | 12,1 | 3,1 | 3,2 |
| 40 | 10,4 | 11,0 | 2,8 | 2,9 |
| 45 | 9,4 | 9,9 | 2,5 | 2,6 |
| 50 | 8,3 | 8,8 | 2,2 | 2,3 |
| 55 | 7,2 | 7,7 | 1,9 | 2,0 |
| 60 | 6,1 | 6,5 | 1,6 | 1,7 |
| 65 | 5,1 | 5,4 | 1,3 | 1,4 |
| 70 | 4,0 | 4,3 | 1,1 | 1,1 |
| 75 | 2,9 | 3,2 | 0,8 | 0,8 |

Cet abaque pourra être consolidé en fonction des résultats des mesures effectuées par les chaufferies et les usines. Des différences sont à noter en fonction de l'essence principale constituant le produit livré.



Evolution du PCI en kWh/kg - Données UCFF



Pour plus d'information, cf. le tableau de conversion des unités bois énergie pour l'usage des plaquettes forestières (<http://www.itebe.org/portail/affiche.asp?arbo=1&num=455>).

Tableau 1 - Les PCI par essence (issu du tableau ITEBE)

| | PCI Anhydre | PCI par % Humidité | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 10 |
| Chêne pédonculé | 5 009 | 1 881 | 2 165 | 2 449 | 2 734 | 3 018 | 3 302 | 4 440 |
| Charme | 4 879 | 1 822 | 2 100 | 2 378 | 2 656 | 2 934 | 3 211 | 4 323 |
| Hêtre | 4 949 | 1 854 | 2 135 | 2 416 | 2 698 | 2 979 | 3 260 | 4 386 |
| Frêne | 5 019 | 1 885 | 2 170 | 2 455 | 2 740 | 3 025 | 3 309 | 4 449 |
| Ormes | 5 179 | 1 957 | 2 250 | 2 543 | 2 836 | 3 129 | 3 421 | 4 593 |
| Robinier | 5 079 | 1 912 | 2 200 | 2 488 | 2 776 | 3 064 | 3 351 | 4 503 |
| Bouleau | 5 079 | 1 912 | 2 200 | 2 488 | 2 776 | 3 064 | 3 351 | 4 503 |
| Châtaignier | 5 279 | 2 002 | 2 300 | 2 598 | 2 896 | 3 194 | 3 491 | 4 683 |
| Arbres fruitiers | 4 979 | 1 867 | 2 150 | 2 433 | 2 716 | 2 999 | 3 281 | 4 413 |
| Erables faux platane | 5 379 | 2 047 | 2 350 | 2 653 | 2 956 | 3 259 | 3 561 | 4 773 |
| Moyenne Feuillus durs | 5 083 | 1 914 | 2 202 | 2 490 | 2 778 | 3 066 | 3 354 | 4 506 |
| Tilleuls | 4 979 | 1 867 | 2 150 | 2 433 | 2 716 | 2 999 | 3 281 | 4 413 |
| Aulnes | 4 979 | 1 867 | 2 150 | 2 433 | 2 716 | 2 999 | 3 281 | 4 413 |
| Peuplier | 4 879 | 1 822 | 2 100 | 2 378 | 2 656 | 2 934 | 3 211 | 4 323 |
| Saules | 4 879 | 1 822 | 2 100 | 2 378 | 2 656 | 2 934 | 3 211 | 4 323 |
| Moyenne Feuillus tendres | 4 856 | 1 812 | 2 089 | 2 365 | 2 642 | 2 919 | 3 195 | 4 302 |
| Pin sylvestre | 5 379 | 2 047 | 2 350 | 2 653 | 2 956 | 3 259 | 3 561 | 4 773 |
| Pin maritime | 5 279 | 2 002 | 2 300 | 2 598 | 2 896 | 3 194 | 3 491 | 4 683 |
| Sapin pectiné | 5 179 | 1 957 | 2 250 | 2 543 | 2 836 | 3 129 | 3 421 | 4 593 |
| Epicéa commun | 5 279 | 2 002 | 2 300 | 2 598 | 2 896 | 3 194 | 3 491 | 4 683 |
| Mélèze | 5 379 | 2 047 | 2 350 | 2 653 | 2 956 | 3 259 | 3 561 | 4 773 |
| Douglas | 5 279 | 2 002 | 2 300 | 2 598 | 2 896 | 3 194 | 3 491 | 4 683 |
| Moyenne résineux | 5 293 | 2 009 | 2 307 | 2 606 | 2 904 | 3 203 | 3 501 | 4 696 |

Note : avec formule simplifiée

Annexe 17. Exemple de procédure de détermination du taux de cendres

Mesure en incinérateur

1. Principe

L'échantillon est incinéré à l'air, suivant un régime de chauffage spécifié, jusqu'à une température de $815 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ et maintenu à cette température jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Le pourcentage des cendres est calculé à partir de la masse du résidu après incinération.

2. Appareillage

L'incinération est obtenue dans un four à moufle permettant d'obtenir des températures supérieures à 800 °C . L'échantillon est pesé avec une balance précise à 0.1 mg et placé dans une nacelle en silice, porcelaine ou platine.

Certains laboratoires réalisent une première incinération dans un creuset chauffé par un bec maker avant d'utiliser le four à moufle.

3. Mode opératoire

L'échantillon est d'abord broyé avec une granulométrie inférieure à 200 micromètres puis pesé (masse d'1 ou 2 grammes).

L'échantillon est alors chauffé par paliers jusqu'à 815 °C pendant plusieurs minutes ou plusieurs heures jusqu'à l'obtention de cendres sans présence de points noirs (imbrûlés).

Après refroidissement, l'échantillon est de nouveau pesé.

4. Expression des résultats

Le taux de cendres A, de l'échantillon analysé, exprimé en pourcentage en masse est donné par la formule :

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100, \text{ où :}$$

- m_1 est la masse de la nacelle en grammes
- m_2 est la masse de la nacelle et de l'échantillon en grammes
- m_3 est la masse de la nacelle et des cendres en grammes

Le résultat doit être exprimé à 0.1 points près.

Si H est l'humidité de l'échantillon sec à l'air, le taux de cendres sur sec B est donné par la formule :

$$B = \frac{A \times 100}{100 - H}$$

Annexe 18. Exemple de procédure d'évaluation du taux de cendres d'après l'origine

1. Objet

Déterminer le taux de cendres de bois non traités chimiquement, à partir de leur origine des bois (hors corps étrangers venant de stockages ou manutentions faites dans des conditions défectueuses).

2. Documents utilisés

Annexe C– CEN/TS 14775

3. Valeurs de références

Le taux de cendres est à extraire des tableaux du CEN TC335 en fonction de l'origine :

- Ecorces : 5 %
- Rémanents forestiers : 2 %
- Perches et grumes : 0,3 %

Pour le broyat de palette, des essais de combustion réalisés par le CTBA pour l'ADEME indiquent des valeurs de 0,6 à 1 % et 0,75 % en moyenne.

Annexe 19. Références bibliographiques

ADEME : pour des informations sur les déchets :

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12478>)

AQUASOL / SOLAGRO (2006), « Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois », Octobre, étude pour l'ADEME.

Arthur Andersen (2001), « Chaufferie-bois: état des lieux et perspectives dans les industries de 1^{ère} et 2^{ème} transformation du bois », étude pour ADEME.

CAPEB/FFB (2003), « Le guide du secteur bois construction : chutes, copeaux et sciures... que faire ? », étude pour l'ADEME,
(<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=29581&p1=02&p2=08&ref=17597>)

CRITT bois, FIBOIS, CTBA (2001), « Mesure des caractéristiques des combustibles bois : évaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible », étude pour l'ADEME, juin,
http://www.ofme.org/bois-energie/documents/Combustible/CRITT-ADEME_Mesurecombustible.pdf.

CSTB (2004), « Caractérisation des déchets de bois de chantiers de bâtiments, recommandations de tri, pistes de valorisation », avec CTBA, DFIU/IFARE, SEFOREST, REGEMAT.

CTBA (1992), « La valorisation des produits connexes du bois » étude pour l'ADEME.

CTBA (1999), « Etude comparative de combustion de broyats de palettes et d'écorces sur chaufferie collective », étude pour ADEME.

CTBA (2003), « Valorisation énergétique des déchets de bois faiblement adjuvantés », étude pour ADEME.

CTBA (2005), « Guide de gestion des déchets bois »,
<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=38622&p1=02&p2=08&ref=17597>

ITEBE, Tableur de conversion des unités bois énergie pour l'usage des plaquettes forestières,
<http://www.itebe.org/portail/affiche.asp?arbo=1&num=455>)

MEDAD (Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable) : pour des informations sur les installations classées :
<http://installationsclassées.ecologie.gouv.fr>

TRIVALOR (2007), « Etat de l'art de la réglementation européenne sur la valorisation des déchets de bois et des cendres de bois », étude pour ADEME.

UCFF (2005), « Amélioration des performances technico-économiques de la production de plaquette forestière à partir d'opérations sylvicoles. Recherche d'extension des protocoles expérimentaux de caractérisation de ce combustible vers une charte de qualité », étude pour l'ADEME.