

ADEME

Bois énergie

L'approvisionnement en plaquettes forestières

Rémi Grovel, François Pasquier, Tammouz Eñaut Helou, Didier Barthelet, Éric Boittin

edp sciences

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie



Bois énergie

L'approvisionnement en plaquettes forestières

edp sciences

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Imprimé en France
ISBN : 978-2-7598-0968-4

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.
© EDP Sciences 2014



Collaboration

- Ce document a été élaboré par le groupement d'études composé de :

– **Rémi Grovel**, Forêt Énergie Ressources, coordinateur de l'ouvrage ;
– **François Pasquier**, entreprise Sundgaubois, Fédération Nationale Entrepreneurs Des Territoires (FNEDT), Vice-président forêt ;
– **Tammouz Eñaut Helou**, Fédération Nationale Entrepreneurs Des Territoires (FNEDT), chargé des travaux et services forestiers ;
– **Didier Barthelet**, Association Pro-Forêt Franche-Comté (réseau Entrepreneurs Des Territoires) ;
– **Eric Boittin**, Cabinet Coudert.

- Ont également participé au comité technique de suivi :

– ADEME : **Caroline Rantien** ;
– Biomasse Normandie : **Stéphane Cousin** ;
– Centre National de la Propriété Forestière (CNPF / IDF) : **Alice Gauthier** ;
– FCBA (Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement) : **Philippe Monchaux** et **Maryse Bigot** ;

– Fédération Nationale des Communes Forestières (FNCOFOR) : **Nolwenn Marchand**, **Amélie Grivet** ;
– Office National des Forêts (ONF) : **Didier Pischedda** ;
– Fédération Nationale du Bois (FNB) : **Nicolas Douzain-Didier** ;
– IRSTEA (Grenoble et Clermont Ferrand) : **Christophe Chauvin**, **Marie Taverne** ;
– Comité Interprofessionnel du Bois Energie (CIBE) : **Serge Defaye** ;
– AMORCE (association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur) : **André Laurent**, **Delphine Bellanger** ;
– Forestiers Privés de France : **Luc Bouvarel**.



Remerciements

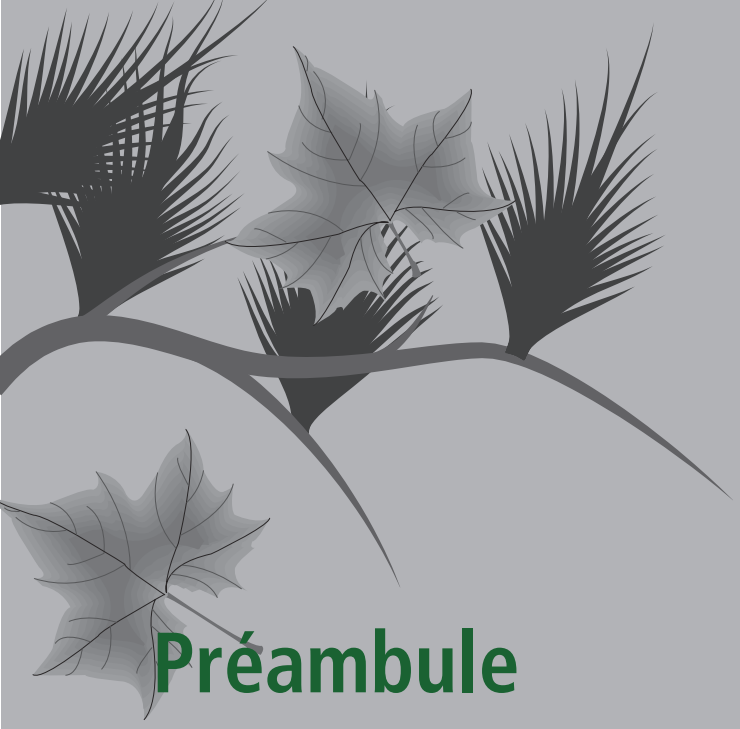
Les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier toutes les entreprises et les divers acteurs en région qui ont été sollicités dans la récolte des pratiques, savoir-faire et techniques sur le terrain : entreprises de travaux forestiers, exploitants forestiers, propriétaires forestiers, coopératives forestières (CAFSA, Forestarn, Unisylva, CFBL, GPF43, Provence-Forêt), gestionnaires et experts forestiers.

La Fédération nationale entrepreneurs des territoires s'est également appuyée sur son réseau régional pour identifier les entreprises, notamment Pro-Forêt Franche-Comté, ETF Aquitaine, CIPREF Bourgogne, EDT Bretagne, Limousin, Midi-Pyrénées, Pays-de-la-Loire et Poitou-Charente.

Enfin bon nombre d'informations technico-économiques proviennent plus particulièrement d'un panel d'une soixantaine d'entreprises de production de plaquettes forestières réparties dans toutes les régions françaises dont une trentaine ont été suivies sur le terrain. Qu'elles en soient ici remerciées :

SARL Tous Bois Couzonnais (03), Patrick Bayle (04), JLF Riberi (06), Salix Énergie (08), Pierre Calmet (09), EURL Rivières et Forêts du Monde (09), SARL HP Bois Énergie (10), SARL Poupart (10), Chayrigues Agriculture et Énergie (12), Travaux Agricoles Puech (15), Paul Vivion (16), SARL Roussel (21), EURL Gibily David (24), SARL de Pinsac (24), SARL La Monsecoise (24), GAEC de la Combe (25), SARL Forex France (25), Girard

Travaux Forestiers (25), MJ Broyage (25), Nature Bois Énergie (25), SARL Adel Services (29), EURL BFA (33), SARL SOTRA (33), Bonenfant Énergie Service (33), Argefo (33), SARL Castelmoron Bois (33), Cédric Courtais (35), Gamm' Bois Énergie SAS (39), Paget Approbois (39), Aquitaine Broyage Énergie (40), SEM du Fumélois (47), Philippe Gendron SARL (49), Lorenergie (55), SARL Énergie Bois Services (55), Énergie Bois Services (55), Bois Énergie Ouest Environnement (56), ABC/Copobois (58), Alex Copo (61), Denis Delestrez (62), SARL Énergie Bois (62), TFZ (63), Lyaudet Énergie (63), SARL Aquitaine Bois Énergie (64), Kretz SARL (67), ETA Roger Trautmann (67), Meyer Espaces Verts SARL (68), Bois Énergie Alsace (68), La Forestière du Rizoud (69), Eau Énergie SARL (69), Billotte SA (70), Florent Delecray (70), CNTB (70), Nonotte Énergie (70), Loic Thiriet (70), Combustible Bois Énergie (74), TPF SARL (79), Dargent SAS (80), SARL Fonteneau (85), SARL Berger (86), SARL Laugelot (89), Rossi Auguste SARL (89), Sundgaubois (90)



Préambule

Ce manuel fait suite au précédent ouvrage publié par l'ADEME en 1998 : « Le déchiquetage en forêt ». L'approche a ici été volontairement élargie à une vision plus globale de la filière considérant que le développement du bois énergie, et plus spécifiquement de la plaquette forestière, nécessite une véritable compréhension croisée et partagée par chacune des parties de l'ensemble des questionnements énergétiques, forestiers, technico-économiques, organisationnels et territoriaux.

Le développement récent de projets consommateurs de fortes quantités de plaquettes forestières a soudainement mis en évidence l'enjeu majeur, pour la réussite de la filière bois énergie, de la mobilisation de la ressource forestière mais aussi plus largement d'une gestion intégrée de cette filière (de la forêt à la chaufferie).

Un enjeu de mobilisation en forêt et un changement de pratiques sur le terrain

Cet enjeu de mobilisation, d'organisation et de gestion intégrée amont-aval de la filière, dépasse très largement les seuls aspects techniques du déchiquetage de la plaquette en forêt, qui ne représentent qu'une partie des questions et difficultés qui se posent à un maillon de la chaîne.

Durant la dernière décennie, la production de plaquettes forestières, en tant qu'activité à part entière, a considérablement modifié l'organisation du travail en forêt : apparition de

nouvelles machines dédiées, compétences, missions et de nouveaux partenariats. Pionniers de la plaquette forestière à son apparition, les entreprises de travaux forestiers (ETF) sont devenues des partenaires essentiels du développement de ce marché.

La production de plaquettes forestières tend ainsi à être progressivement intégrée dès la mise en vente voire plus en amont dès la planification des récoltes des produits forestiers. C'est l'objet même des plans d'approvisionnement des chaufferies bois qui deviennent incontournables dès lors que les volumes à prélever sont importants.

Pour résumer, il faut garder à l'esprit que le développement de la plaquette forestière pour l'énergie doit se réaliser en respectant :

- une logique de **multifonctionnalité** : le bois énergie n'est que rarement la seule valorisation d'un peuplement forestier, et les chantiers de production de plaquettes forestières doivent s'inscrire dans la multifonctionnalité de la forêt et des usages du bois ;
- une logique de **durabilité** : le bois énergie en forêt est une ressource aujourd'hui disponible et globalement abondante, mais qui présente une très forte variabilité d'une région à l'autre. La question des conditions de durabilité de filière « plaquette forestière » est de fait légitime car le bois pour l'énergie ne doit pas amputer le capital, et la part des énergies fossiles substituables par le bois sans mettre la forêt en danger, restera limitée ;
- une logique **d'utilisation et de valorisation optimales des bois** : le prélèvement bois énergie en forêt doit rester majoritairement une valorisation ultime du bois matériau car la gestion forestière a pour objectif sylvicole et économique principal, de produire du bois d'œuvre et du bois d'industrie. Le bois énergie est donc dépendant pour une bonne part de la santé et du développement du marché du bois d'œuvre ;
- une logique **économique de la filière** : le bois énergie ne sortira de la forêt que si l'équation économique de mobilisation, récolte et production convient autant au propriétaire forestier qu'au client final (la chaufferie), tout en assurant un revenu aux entreprises forestières. La plaquette forestière représente une opportunité pour dynamiser la gestion forestière et la mise en marché des bois. Si le bois énergie est dépendant en partie de la filière bois d'œuvre, inversement la production de bois énergie en forêt peut, dans certains cas, représenter la principale ou la seule valorisation possible d'une intervention forestière dans le temps ou dans l'espace (à un moment donné ou sur un peuplement donné) ;
- une logique **d'efficacité énergétique** : la mobilisation de l'énergie bois ne doit pas être source de gaspillage ou de surconsommation d'énergie fossile (ex. transport). Le développement de cette filière doit s'inscrire dans une logique d'efficacité énergétique, mais également d'efficacité territoriale et globale de la ressource utilisée.

Comment utiliser ce manuel ?

Ce manuel a pour ambition d'apporter des réponses à l'ensemble des acteurs et observateurs qui se questionnent sur ce sujet :

- propriétaires forestiers qui espèrent une filière de diversification et redoutent tout en même temps une trop faible valorisation de leur bois ;
- gestionnaires forestiers qui s'interrogent sur les marchés et la gestion sylvicole associée ;
- environnementalistes qui craignent une surexploitation des massifs forestiers ;
- entreprises forestières qui souhaitent un développement effectif de la plaquette forestière ;
- chauffagistes et industriels qui recherchent une visibilité et une organisation des acteurs ;
- collectivités et maîtres d'ouvrage de chaufferies qui hésitent à investir dans des projets bois énergie, notamment ceux devant consommer de la plaquette forestière.

À travers les six chapitres du manuel, chaque catégorie d'acteurs pourra trouver des réponses, pistes de réflexions et références à ses principales questions. Les questionnements (page suivante) ont été regroupés par public cible et renvoient aux chapitres concernés. Ils ont été formulés à partir d'une consultation préalable sur les attentes des représentants des principales catégories d'acteurs cités ci-dessus.

Notons enfin que l'évaluation globale du bilan CO_2 de la plaquette forestière n'a pas été intégrée dans ce document, des travaux dédiés à ce sujet sont par ailleurs disponibles.

Avertissement : ce manuel est spécifiquement destiné à la production de plaquettes forestières à partir de forêt, il ne concerne pas :

– les systèmes de production de plaquettes bocagères ;

– les cultures énergétiques dédiées type taillis à courte rotation ;

– les plaquettes issues de déchets verts et les plaquettes urbaines.

Questionnements par public cible et renvois aux chapitres concernés



Questionnements des propriétaires

– Quels sont mes intérêts à produire du bois énergie sur ma propriété forestière ?
– Quelles sont les conséquences sur mon peuplement forestier de la production de bois énergie en fonction des caractéristiques de mes parcelles ?
– Quels sont les critères à prendre en compte pour connaître le potentiel de production de mes parcelles ?
– Comment s'effectue le calcul de ma rémunération du bois énergie exploité sur ma parcelle ?

Chap. 2 & 3



Questionnements des gestionnaires

– Comment planifier et organiser les récoltes et ventes de bois à vocation de production de bois énergie ?
– Quand est-il opportun de conseiller aux propriétaires une production de bois énergie ?
– Quels sont les critères économiques, environnementaux et sociaux à considérer pour mener mon analyse d'opportunité ?
– Quel est le fonctionnement de la filière bois énergie et comment s'insère-t-elle dans la filière bois existante ?
– Comment dois-je l'appréhender pour en faire profiter au mieux le capital forestier de ma forêt ?

Chap. 2 & 3



Questionnements des entreprises forestières et structures de commercialisation associées

– Quelle rentabilité espérée d'une production de plaquettes forestières selon le type de coupe ?
– Quels sont les différents itinéraires par type de peuplements et matériels ?
– Quels sont les types de matériels pour la production et l'approvisionnement en plaquettes forestières ?
– Quels sont les différents systèmes pour stocker et sécher des plaquettes forestières ?
– Comment produire des qualités différentes et quelles qualités de plaquettes forestières ?
– Comment déterminer ses coûts et vendre de la plaquette forestière ?
– Comment organiser le transport et la livraison aux chaufferies avec ou sans plateforme ?

Chap. 3 & 4

Chap. 1 & 5



Questionnements des chauffagistes

– Comment mutualiser des approvisionnements forestiers à partir d'un certain tonnage ?
– Puis-je sécuriser un rayon d'approvisionnement limité pour satisfaire mes besoins en plaquettes forestières ?
– Dois-je faire appel à un négociant spécialisé ou à un ou plusieurs producteurs de plaquettes forestières ?
– Comment contractualiser et indexer mes achats en plaquettes forestières ?
– Comment vérifier l'origine ?

Chap. 1 & 6

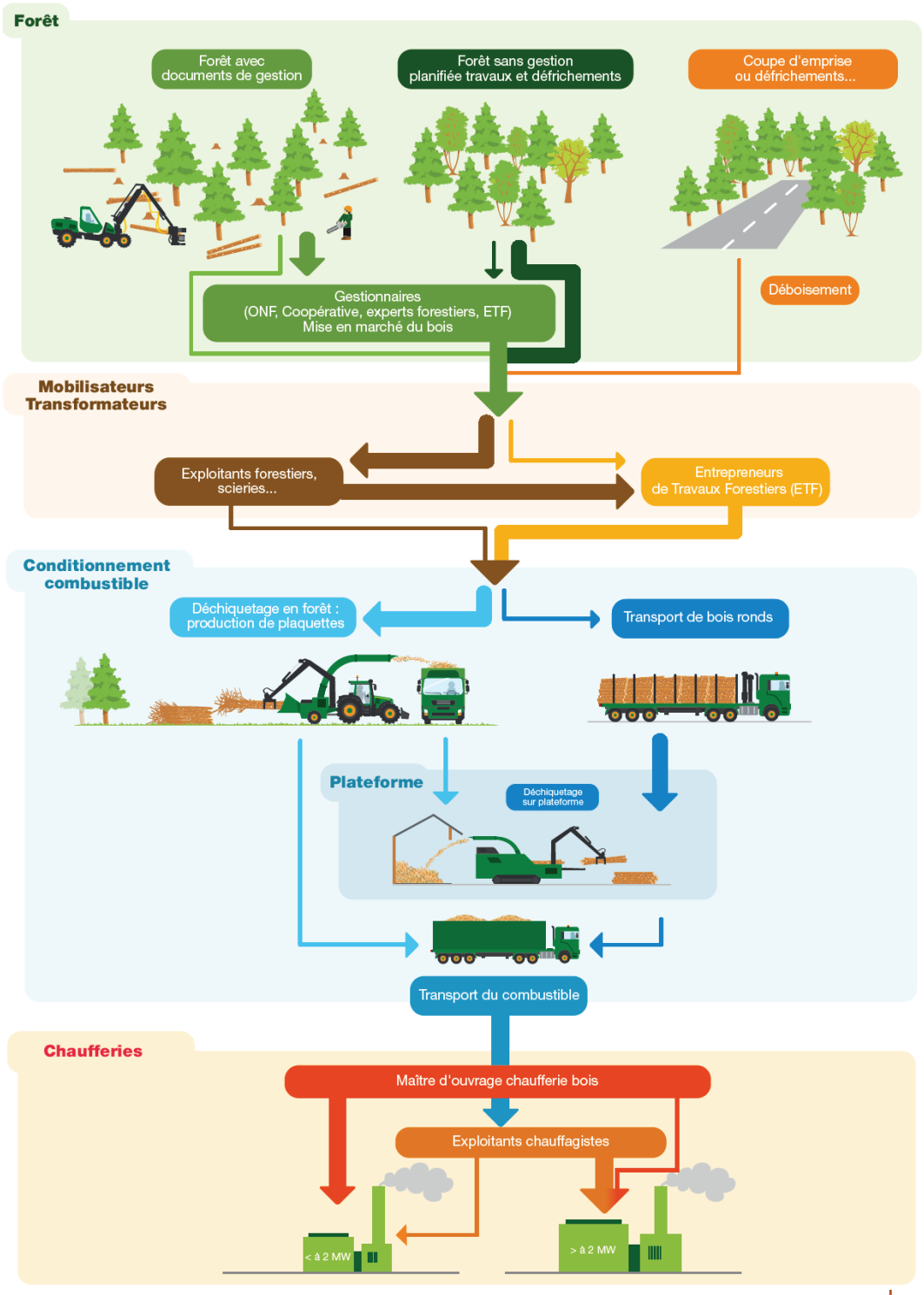


Questionnements des maîtres d'ouvrages publics

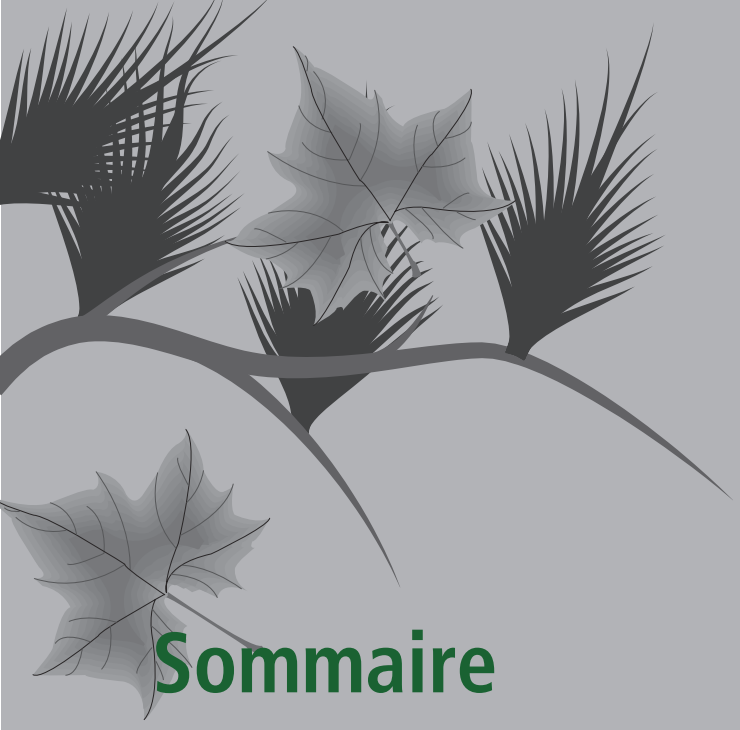
- Comment acheter mon combustible plaquette forestière (mode d'achat, contrat, indexation) ?
- Quel impact attendu d'un approvisionnement en plaquettes forestières sur les forêts du territoire ? puis-je maîtriser les circuits du bois sur mon territoire ?
- Le bois et les forêts de mon territoire conviennent-ils pour du BE ? dois-je l'acheter sec ?
- Quelle est la performance environnementale d'un approvisionnement en plaquettes forestières ?
- Dois-je me doter d'une plateforme BE pour sécuriser mes approvisionnements en plaquettes forestières ?

Chap. 1, 2 & 6

Itinéraire d'approvisionnement en plaquette forestière
Flux direct ou indirect (plateforme)



This page intentionally left blank



Sommaire

Collaboration III
Remerciements V
Préambule VII

Chapitre 1 Caractérisation de la plaquette forestière pour l'énergie 1

1.1 Qu'est-ce que la plaquette forestière ? 1
1.1.1 *Définition et origine* 1
1.1.2 *Comment sont produites les plaquettes ?* 5

1.2 Paramètres de qualité de la plaquette forestière pour une utilisation en énergie 7
1.2.1 *Granulométrie* 8
1.2.2 *Taux d'humidité* 9
1.2.3 *Densité et masse volumique apparente* 11
1.2.4 *Composition, éléments minéraux et taux de cendre* 12
1.2.5 *Contenu énergétique ou pouvoir calorifique de la plaquette bois* 13
1.2.6 *Peut-on faire du bois énergie avec toutes les essences ?* 14

1.3 Normes, classification et chartes des combustibles bois déchiquetés 17
1.3.1 *Quelles normes pour les plaquettes forestières destinées aux chaufferies bois ?* 17
1.3.2 *La classification CIBE des combustibles en produits usuels pour chaufferie bois* 18
1.3.3 *Les chartes qualité* 19

Chapitre 2 Ressources forestières, gisements et disponibilités pour le bois énergie en forêt 23

2.1 La forêt française, une source importante d'énergie renouvelable 23
2.1.1 *Historique de l'évolution de la contribution énergétique de la forêt française* 23
2.1.2 *Quelle est la place du bois énergie en France ?* 25
2.1.3 *Parties de l'arbre utilisables pour du bois énergie* 27

2.2 Quantification des gisements et prévisionnels de récolte 29
2.2.1 *Évolution des superficies forestières* 29
2.2.2 *Production biologique et disponibilité forestière* 30
2.2.3 *Les études de gisements à l'échelle nationale : des ressources mais des incertitudes sur les récoltes* 33
2.2.4 *Planifier le gisement disponible à l'échelle d'une forêt : des outils mais un exercice incertain* 34

2.3 L'intégration de la récolte de bois énergie dans une gestion durable de la forêt française 36
2.3.1 *Un savoir-faire de gestion forestière qu'il faut étendre à de nouveaux massifs* 36
2.3.2 *Une diversité d'interventions forestières permettant la récolte du bois énergie* 38
2.3.3 *Points de vigilance environnementaux de la récolte de plaquettes forestières* 40

2.4 Le bois énergie dans les politiques forestières et territoriales 47
2.4.1 *Les outils de structuration et de développement intégré de la filière bois* 47
2.4.2 *Cadre politique réglementaire et technico-économique pour la mobilisation de bois* 50
2.4.3 *Une diversité des aides à la mobilisation du bois énergie* 52

2.5 La valorisation de bois énergie dans un massif forestier 53
2.5.1 *À qui s'adresser pour valoriser du bois énergie en forêt ?* 53
2.5.2 *Chaque forêt présente un « profil énergétique » qui évolue dans le temps* 54
2.5.3 *Les différents modes de vente du bois énergie* 55

Chapitre 3 Principes généraux de la production de la plaquette forestière 59

3.1 Étapes de la production et les matériels 59

3.2 Principes d'optimisation de la production 79

3.3 Coûts « entreprise » des opérations de production de plaquettes forestières 83
3.3.1 *Méthode de calcul des coûts* 84
3.3.2 *Coûts des matériels et des opérations* 87

Chapitre 4 Itinéraires et coûts de production de plaquettes forestières 91

4.1 Paramètres généraux des itinéraires de récolte 91
4.2 Fiches détaillées par itinéraire et coûts de production 93
4.3 Quelques données et sources de référence sur les coûts de production 119

Chapitre 5 Stockage, séchage, conditionnement et livraison 127

5.1 Le processus naturel de séchage de la plaquette humide en tas 128
5.2 Quel intérêt à stocker et sécher le bois en forêt ? 130
5.3 Le conditionnement sur plateforme 132
5.4 Quels sont les coûts de ces opérations ? 139
5.4.1 *Coûts du stockage-séchage* 139
5.4.2 *Coûts de livraison, transport* 144

Chapitre 6 Approvisionnement en plaquettes forestières des chaufferies bois 149

6.1 Les prix des combustibles « plaquettes forestières » 149
6.1.1 *Ce que recouvre la notion de prix du bois énergie pour les plaquettes forestières* 149
6.1.2 *Les indices de prix du bois énergie CEEB* 152
6.1.3 *Les prix de combustibles bois associant des matières premières de différentes origines* 154
6.2 Consommation de combustible selon le type de chaufferies bois 155
6.3 Modes d'approvisionnement et fournisseurs 158
6.3.1 *Les modes d'approvisionnements en plaquettes forestières des chaufferies* 158
6.3.2 *Qui sont les fournisseurs de plaquettes forestières ?* 160
6.3.3 *Quels sont les différents cas de circuit court ?* 164
6.3.4 *Place des producteurs forestiers, propriétaires privés et collectivités, dans l'approvisionnement des chaufferies bois* 166
6.4 La sécurisation technique et contractuelle des approvisionnements en chaufferie 170
6.4.1 *Intégrer les circuits courts dans un marché public de fourniture* 170
6.4.2 *Contrat et mode de facturation* 173
6.4.3 *Indexation contractuelle des prix du combustible* 175
6.4.4 *Contrôle qualité* 177
6.4.5 *Le suivi et la traçabilité des bois forestiers en chaufferie bois* 181

Acronymes et sigles 185

Lexique ou glossaire des termes techniques 189

Annexes

Annexe 1 : Unités, équivalences et conversion 191

Annexe 2 : Qui fait quoi dans le bois énergie – À qui s'adresser ? 199

Annexe 3 : Matériels et équipements 205

Annexe 4 : Références bibliographiques sur les itinéraires technico-économiques de production de plaquettes forestières 217

Les partenaires du manuel 221



1

Caractérisation de la plaquette forestière pour l'énergie

1.1 Qu'est-ce que la plaquette forestière ?

1.1.1 *Définition et origine*

Définition de la plaquette forestière : il s'agit de petits morceaux de bois obtenus 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.

La plaquette bois pour l'énergie peut avoir plusieurs origines : l'exploitation forestière et travaux sylvicoles (plaquette forestière), la scierie (plaquette de scierie), l'entreprise de récupération de bois en fin de vie (broyat bois de recyclage), l'élagage urbain (plaquettes urbaines), l'exploitation des haies bocagères (plaquettes bocagères) et la récupération des déchets verts (refus de crible).

On distingue la plaquette forestière des autres combustibles bois déchiquetés par son origine directement issue de la forêt, produit de l'exploitation forestière, sans passer par un process

de transformation ou une filière de valorisation. Dans l'ensemble de la chaîne d'activité de la filière forêt-bois (figure 1.1), la plaquette forestière est ainsi le premier combustible produit par la chaîne de valeur. Les autres combustibles bois déchiquetés (plaquettes de scierie, écorces, refus de crible et plaquettes urbaines, broyats bois fin de vie, etc.) sont des sous-produits d'activités de transformation ou d'exploitation secondaire.

Le broyage ou le déchiquetage des plaquettes forestières 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 (*cf.* chapitres suivants).

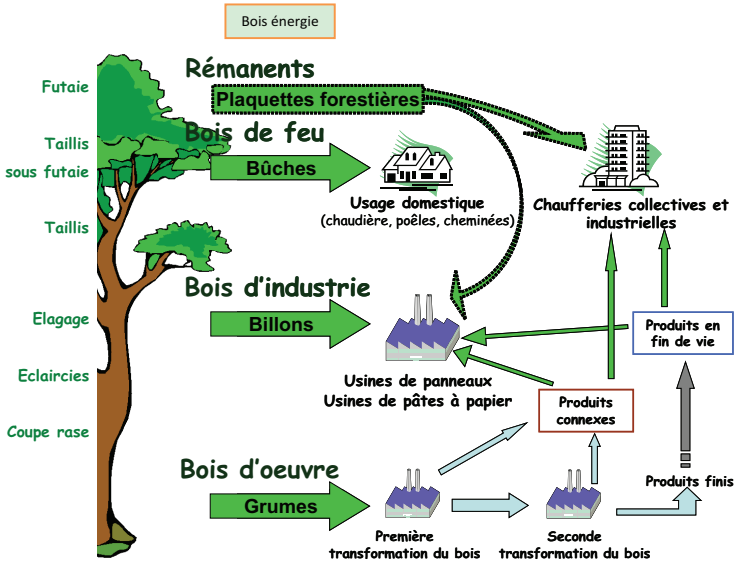


Figure 1.1 *Chaîne d'activité de la filière forêt-bois (source : Biomasse Normandie).*

Ne pas confondre plaquette forestière et BRF

Les bois raméaux fragmentés (BRF) sont le résultat du broyage frais de rameaux et petites branches vertes (non desséchées) d'un diamètre inférieur à 7 cm avec ou sans feuilles. Les branches sont issues d'essences d'arbres feuillues en majorité. Ce broyat est destiné à être appliqué au sol (paillage) en vue de le fertiliser.

La plaquette forestière utilise le bois pour l'énergie, le BRF pour la fertilité.

La biomasse ligneuse (figure 1.2) issue des arbres, arbustes et buissons est l'un des quatre groupes de biocombustibles solides répertoriés au niveau européen (biomasse ligneuse, biomasse agricole, biomasse fruitière, assortiments et mélanges) selon la classification du Comité européen de normalisation (CEN/TC335).

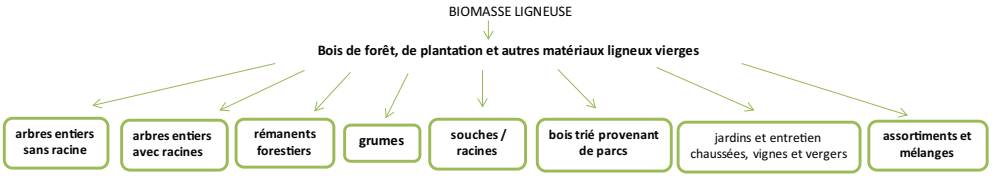


Figure 1.2 *La biomasse ligneuse.*

Pour être considéré comme biocombustible solide, « le bois de forêt, de plantation et autres matériaux ligneux vierges de ce groupe peuvent avoir subi uniquement une réduction granulométrique, un écorçage, un séchage ou un mouillage ».

Le référentiel ADEME « plaquettes forestières »
(référentiels combustibles bois énergie : définition et exigences, ADEME, 25 avril 2008).

Réalisé en 2008 par le FCBA pour le compte de l'ADEME, ce référentiel est issu du référentiel européen CEN/TC335 biocombustibles solides, avec pour objectif de faciliter l'utilisation de plaquettes et broyats de bois dans les installations de combustion (et gazéification) au niveau national. Il distingue trois référentiels « produits » par nature ou origine : plaquettes forestières (PF), connexes des industries du bois (CIB), bois en fin de vie (BFV). Utilisé par l'ADEME dans le cadre du fonds chaleur, le référentiel « plaquettes forestières » peut aussi s'appliquer au bois d'origine bocagère et bois d'origine urbaine tels les bois d'élagage urbains. Les trois référentiels produits peuvent être téléchargés en pdf sur le site de l'ADEME : www.ademe.fr.

On peut qualifier trois types de plaquettes selon leur origine directe ou indirecte de la forêt :

– **la plaquette verte** (figure 1.3a), obtenue à partir de billons, perches ou rémanents d'exploitation forestière comportant encore leur écorce, leurs branches et parfois leurs feuilles ou aiguilles. Cette plaquette forestière, en provenance directe de la forêt, est utilisée en énergie mais aussi en compost et en paillage ;
– **la plaquette grise** (figure 1.3b), issue de bois ébranché, sans feuille ou aiguille, mais non écorcé. Il peut s'agir de bois rond, billon et bois toute longueur ressuyé en forêt ou bord de piste, ou encore de refus de sciage (culée, pointe, bois mal conformé, etc.). Le débouché essentiel est l'industrie du panneau et l'énergie. Elle est également qualifiée de plaquette forestière ;
– **la plaquette blanche (ou plaquette de scierie)** (figure 1.3c), contrairement aux précédentes, est un sous-produit de sciage obtenu en scierie à partir de bois préalablement écorcé. Son débouché principal est la papeterie qui exige un taux d'écorce très faible (1 à 2 %). Elle tend également à être de plus en plus utilisée par l'industrie du granulé de bois.



(a) (b) (c)

Figure 1.3 *Les trois types de plaquettes ; (a) plaquette verte ; (b) plaquette grise ; (c) plaquette blanche.*

Une plaquette issue de scierie peut-elle être considérée comme plaquette forestière ?

Une plaquette bois issue de scierie fait partie du référentiel ADEME « connexes des industries du bois » lorsqu'il s'agit de sous-produits issus du process de la scierie, à savoir : écorces, sciures, copeaux, plaquettes et broyats, dosses, délignures, chutes de tronçonnage, chutes de production de merrain, etc.

En revanche, les purges, pointes, culées, surbilles et autres rémanents d'exploitation forestière ramenés en scierie par l'exploitant-scieur mais non utilisés en sciage peuvent être qualifiés de plaquettes forestières une fois passés dans un déchiqueteur.

Dans ce cas, la distinction d'origine est davantage politique que technique, car elle a pour but essentiel de mieux identifier les concurrences d'usage, c'est-à-dire de tracer la plaquette forestière qui impacte directement sur la gestion forestière de celle qui n'est qu'un sous-produit des bois déjà exploités en sciage.

Les plaquettes forestières peuvent être commercialisées sous deux formes :

– les plaquettes de bois (bois déchiquetés), le bois est découpé à l'aide de couteaux tranchants (sur disque ou tambour) (figure 1.4) ;
– les broyats de bois forestiers, le bois est broyé à l'aide d'outils émoussés, de type marteau ou ergots (figure 1.5).

En règle générale, les plaquettes forestières sont obtenues par une déchiqueteuse à couteaux (disque ou tambour avec contre-couteaux). Toutefois, elles peuvent également être produites par un broyeur qui va produire du bois défibré.



Figure 1.4 *Les plaquettes de bois (source : R. Grovel).*



Figure 1.5 *Les broyats de bois forestiers (source : R. Grovel).*

1.1.2 *Comment sont produites les plaquettes ?*

Le déchiquetage est une opération de « tranchage » du bois en petites plaquettes plus ou moins perpendiculaires à la fibre du bois, réalisée par des couteaux disposés sur un disque ou sur un tambour. Les bois, grumes, perches ou branches, sont généralement avalés dans une déchiqueteuse par un ou plusieurs rouleaux d'entraînement et poussés vers les couteaux montés soit sur un volant (disque) (figure 1.6) soit sur un cylindre (tambour) (figure 1.7). Une « tranche » de bois est découpée à chaque passage de couteau et évacuée sous l'effet de la force centrifuge et de la ventilation créée par le rotor ou le disque en mouvement.

Un disque comporte plusieurs couteaux radiaux (deux à six selon les modèles) et des orifices munis de « peignes » ou « éclateurs ». Lors du passage d'un couteau au niveau du bois à déchiqueter, une « tranche » est sectionnée. Sous l'effort de compression, cette dernière traverse l'orifice en se fractionnant sur les éclateurs et est ensuite éjectée par la goulotte de la machine.

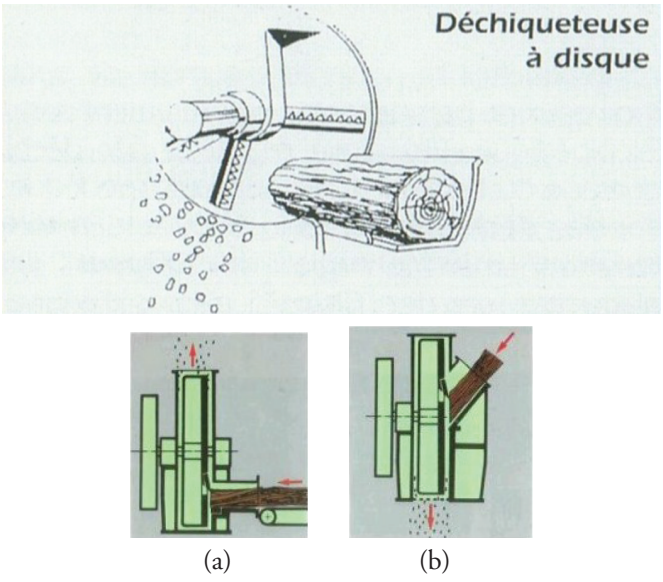
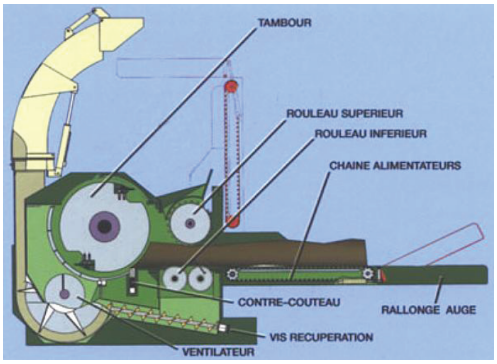


Figure 1.6 *Déchiqueteuse à disque ; (a) à entrée perpendiculaire ; (b) à entrée oblique.*

Un tambour est un cylindre équipé de deux à quatre couteaux longitudinaux (figure 1.7a) sur toute la largeur du rotor (figure 1.7b) ou de 10 à 12 couteaux décalés (en hélice ou en quinconce figure 1.7c) selon les modèles, le diamètre du tambour et du bois admissible. Dans le cas de rotor plein, les cavités destinées à recevoir les « tranches » de bois coupées lors de chaque rotation et passage de couteaux, comportent des sortes de nervures qui jouent le rôle de fragmenteurs des « tranches ».

Des contre-couteaux sont fixés sur le châssis et une grille de calibrage (interchangeable) est montée derrière le rotor ou à l'entrée de la goulotte d'éjection des plaquettes, obligeant ainsi les tranches non calibrées à se fragmenter.

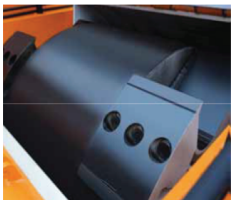




(a)



(b)



(c)

Figure 1.7 *Schéma d'une déchiqueteuse à tambour (source : Pezzolato) ; (a) couteaux amovibles (source : F. Pasquier) ; (b), (c) exemples de tambours à couteaux.*

À vitesse de rotation et d'alimentation constantes, indépendamment de tout autre réglage, plus il y a de couteaux et plus la granulométrie du combustible est fine.

Quels sont les produits de cette opération de déchiquetage ?

Une opération de déchiquetage va produire des « plaquettes » de différentes tailles. Le produit du déchiquetage du bois est constitué :

– d'un volume majoritaire de plaquettes calibrées (selon la grille choisie), appelée fraction principale ;
– d'un taux réduit de plaquettes de dimension supérieure à la moyenne, appelée fraction grossière ;
– et d'un pourcentage limité de fines poussières (voir ci-dessous chapitre 1.2.1 granulométrie).

Dans le cas de broyeurs à disque où les tranches de bois passent à travers le disque pour être éjectées, la séparation des fibres (« refente ») des fragments et de décollage des cernes (qui détermine l'épaisseur de la plaquette) (figure 1.8) sont alors aléatoires. Sur ces broyeurs à disques, seul un peigne permet d'éliminer les sur-longueurs qui sont perdues et ne repassent pas dans le broyeur.

Dans le cas de broyeurs à rotor équipé d'une grille de calibrage (figure 1.9), la longueur de la plaquette est toujours déterminée par la vitesse d'avancement du rouleau d'amenée, et la largeur peut être maîtrisée (au moins en limite supérieure) par la forme et la taille des orifices de la grille (qui joue le rôle de tamis et d'éclateur). L'épaisseur de la plaquette dépendra de l'essence, de l'état de fraîcheur du bois mais aussi du mode d'éjection (soufflerie, tapis, pales ou vis) et du couple vitesse/inertie de l'éjection.



Figure 1.8 *Tranche, décollage des cernes et fragmentation des plaquettes (source : F. Pasquier).*

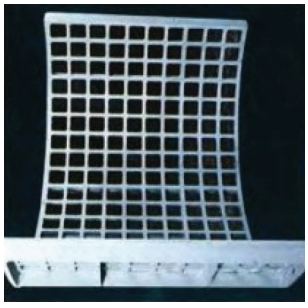


Figure 1.9 *Grille de calibrage.*

Les « queues de déchiquetage » ou sur-longueurs : elles sont produites lorsque les couteaux et/ou les contre-couteaux ne sont plus suffisamment affutés, sont mal réglés ou usés, ainsi que dans le cas de bois de petits diamètres (branches) où l'angle d'attaque du couteau n'est pas optimal et la fibre n'est pas tranchée perpendiculairement. Ce phénomène est notamment observé sur certaines essences présentant des écorces laniérées telles que le peuplier, le châtaignier, le tilleul ou le saule, et tous les bois de petite section (bocage, alignements urbains, etc.). Cela peut aller, en raison de la proportion de fins bouts, jusqu'à la formation de nids de pie (effet balistique/stratification d'éjection dans la remorque).

1.2 Paramètres de qualité de la plaquette forestière pour une utilisation en énergie

La qualité de la plaquette bois pour l'énergie (forestière ou non) fait référence à ses propriétés combustibles, à la fois énergétiques (contenu énergétique, qualité combustion) et mécaniques (taille/dimensions, fluidité, régularité/homogénéité, forme fibreuse ou non). La qualité d'une plaquette est à rapporter directement à un usage en chaufferie bois, selon le couple technologie-puissance (voir typologie CIBE ci-dessous et chapitre 5).

Ainsi la qualité de la plaquette n'est pas dépendante de son origine forestière, mais de ses caractéristiques obtenues après transformation et préparation. Ces caractéristiques qui