



ADEME

Bois énergie

L'approvisionnement en plaquettes forestières

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



Bois énergie

L'approvisionnement en plaquettes forestières

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 1^{er} 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.

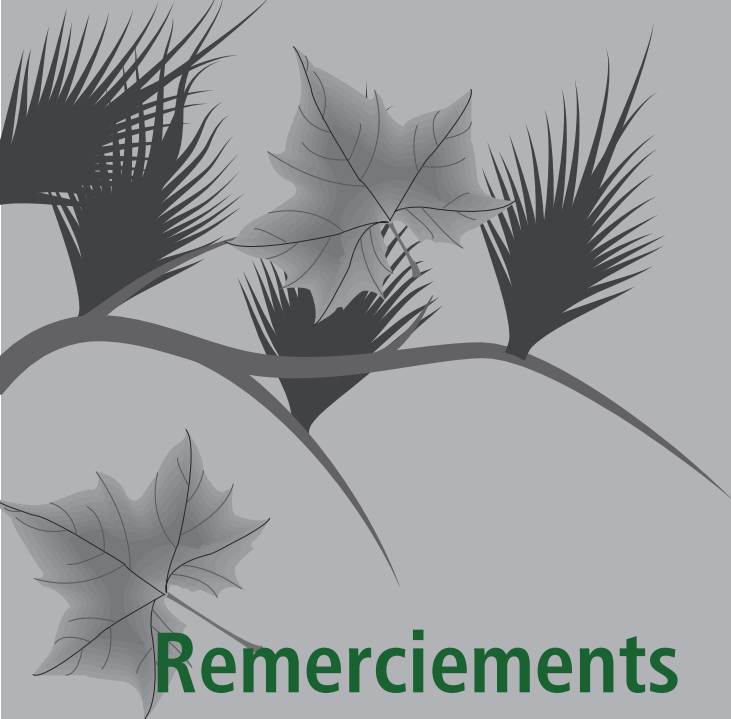
© EDP Sciences 2014



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

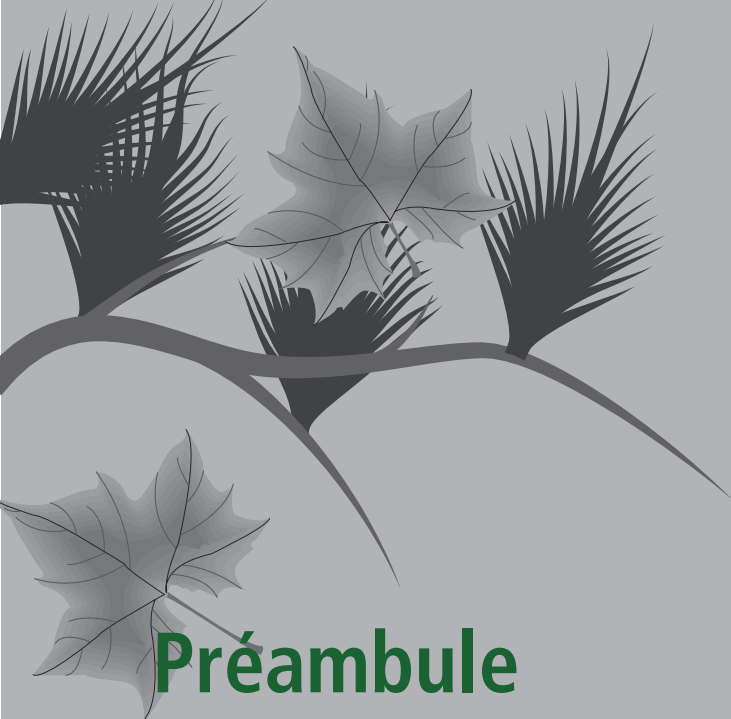
Les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier toutes les entreprises et les divers acteurs en région qui ont été sollicités dans la récolte des pratiques, savoir-faire et techniques sur le terrain : entreprises de travaux forestiers, exploitants forestiers, propriétaires forestiers, coopératives 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 CO₂ 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



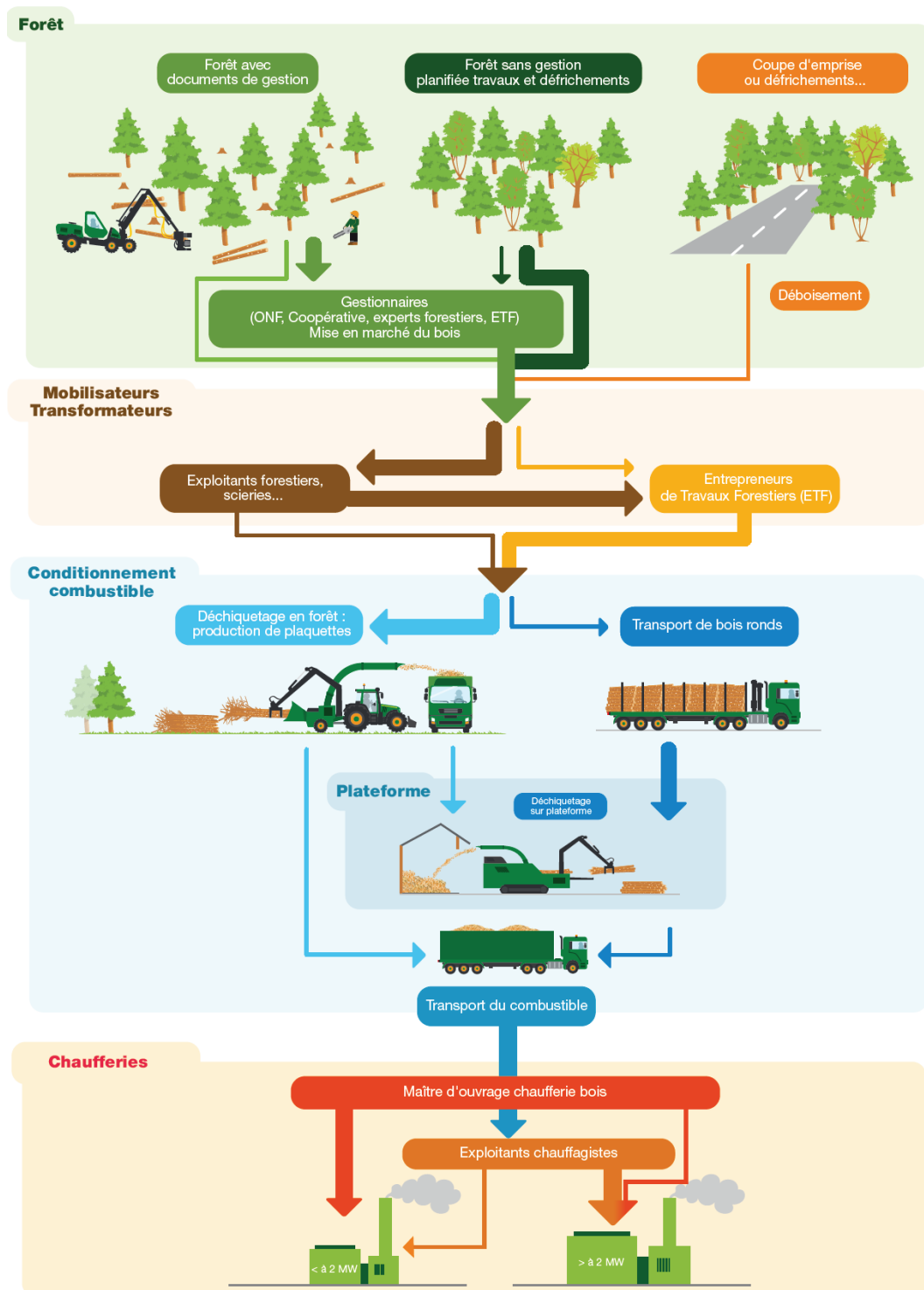
Questionnements des maîtres d'ouvrages publics

- 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 ?

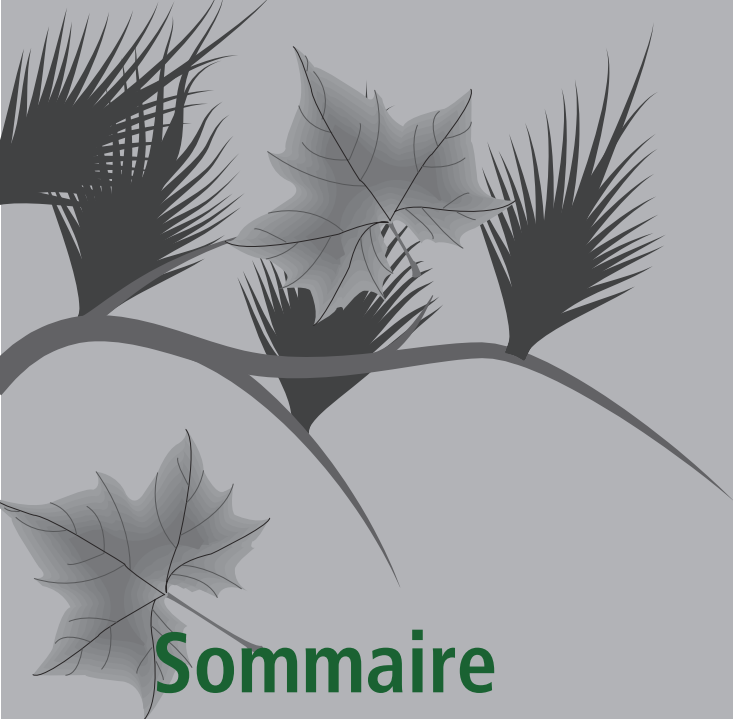
Chap.
1, 2 & 6

Itinéraire d'approvisionnement en plaquette forestière

Flux direct ou indirect (plateforme)



Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'hgh'dncpm



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 déchetés	17
1.3.1 <i>Quelles normes pour les plaquettes forestières destinées aux chaufferies bois ?</i>	17
1.3.2 <i>La classification CIBE des combustibles en produits usuels pour chaufferie bois</i>	18
1.3.3 <i>Les chartes qualité</i>	19

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

2.1 La forêt française, une source importante d'énergie renouvelable	23
2.1.1 <i>Historique de l'évolution de la contribution énergétique de la forêt française</i>	23
2.1.2 <i>Quelle est la place du bois énergie en France ?</i>	25
2.1.3 <i>Parties de l'arbre utilisables pour du bois énergie</i>	27
2.2 Quantification des gisements et prévisionnels de récolte	29
2.2.1 <i>Évolution des superficies forestières</i>	29
2.2.2 <i>Production biologique et disponibilité forestière</i>	30
2.2.3 <i>Les études de gisements à l'échelle nationale : des ressources mais des incertitudes sur les récoltes</i>	33
2.2.4 <i>Planifier le gisement disponible à l'échelle d'une forêt : des outils mais un exercice incertain</i>	34
2.3 L'intégration de la récolte de bois énergie dans une gestion durable de la forêt française	36
2.3.1 <i>Un savoir-faire de gestion forestière qu'il faut étendre à de nouveaux massifs</i>	36
2.3.2 <i>Une diversité d'interventions forestières permettant la récolte du bois énergie</i>	38
2.3.3 <i>Points de vigilance environnementaux de la récolte de plaquettes forestières</i>	40
2.4 Le bois énergie dans les politiques forestières et territoriales	47
2.4.1 <i>Les outils de structuration et de développement intégré de la filière bois</i>	47
2.4.2 <i>Cadre politique réglementaire et technico-économique pour la mobilisation de bois</i>	50
2.4.3 <i>Une diversité des aides à la mobilisation du bois énergie</i>	52
2.5 La valorisation de bois énergie dans un massif forestier	53
2.5.1 <i>À qui s'adresser pour valoriser du bois énergie en forêt ?</i>	53
2.5.2 <i>Chaque forêt présente un « profil énergétique » qui évolue dans le temps</i>	54
2.5.3 <i>Les différents modes de vente du bois énergie</i>	55

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

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 <i>Méthode de calcul des coûts</i>	84
3.3.2 <i>Coûts des matériels et des opérations</i>	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 <i>Coûts du stockage-séchage</i>	139
5.4.2 <i>Coûts de livraison, transport</i>	144
Chapitre 6 Approvisionnement en plaquettes forestières des chaufferies bois.....	149
6.1 Les prix des combustibles « plaquettes forestières »	149
6.1.1 <i>Ce que recouvre la notion de prix du bois énergie pour les plaquettes forestières</i>	149
6.1.2 <i>Les indices de prix du bois énergie CEEB</i>	152
6.1.3 <i>Les prix de combustibles bois associant des matières premières de différentes origines</i>	154
6.2 Consommation de combustible selon le type de chaufferies bois.....	155
6.3 Modes d'approvisionnement et fournisseurs.....	158
6.3.1 <i>Les modes d'approvisionnements en plaquettes forestières des chaufferies</i>	158
6.3.2 <i>Qui sont les fournisseurs de plaquettes forestières ?</i>	160
6.3.3 <i>Quels sont les différents cas de circuit court ?</i>	164
6.3.4 <i>Place des producteurs forestiers, propriétaires privés et collectivités, dans l'approvisionnement des chaufferies bois</i>	166
6.4 La sécurisation technique et contractuelle des approvisionnements en chaufferie...	170
6.4.1 <i>Intégrer les circuits courts dans un marché public de fourniture</i>	170
6.4.2 <i>Contrat et mode de facturation</i>	173
6.4.3 <i>Indexation contractuelle des prix du combustible</i>	175
6.4.4 <i>Contrôle qualité</i>	177
6.4.5 <i>Le suivi et la traçabilité des bois forestiers en chaufferie bois</i>	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



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 déchetés (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 déchetage 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).

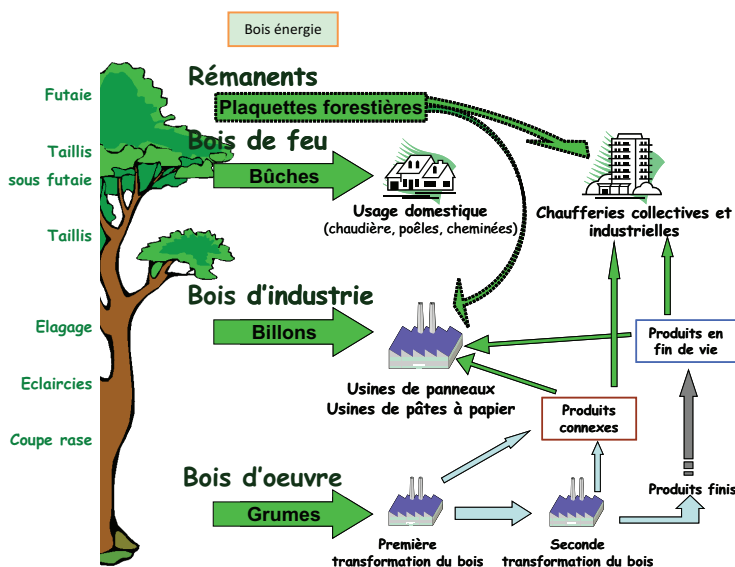


Figure 1.1 Chaîne d'activité de la filière forêt-bois (source : Biomasse Normandie).

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 feuillus 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).

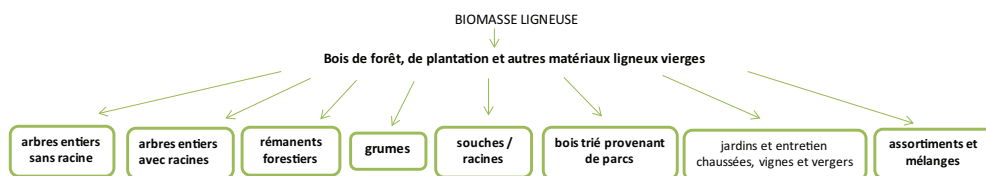


Figure 1.2 La biomasse ligneuse.

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 ».

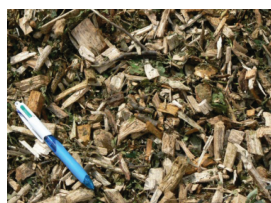
Le référentiel ADEME « plaquettes forestières »

(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'élague 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.

Tracteur de type agricole 3 points = outil porté par le tracteur, pdf = entraînement par prise de force du tracteur (transmission par cardan)

Treuil 3 points pdf	Débardage mécanisé	Débardage traîné de bois en long. Cette opération se pratique peu en récolte de bois énergie, mais plutôt des petits bois	BE
Grue 3 points pdf ou grue sur châssis du tracteur à entraînement hydraulique	Manutention	Groupage, alimentation d'une déchiqueteuse	BE
Grue 3 points pdf et remorque forestière	Débardage mécanisé	Débardage porté de bois courts	BI-BE
Remorque forestière équipée d'une grue	Débardage mécanisé	Débardage porté de bois courts	BI-BE
Déchiqueteuse portée 3 points pdf petite capacité Alimentation manuelle ou plus généralement avec la grue du tracteur. Pour des bois d'un diamètre inférieur à 25-30 cm. Débit maximum de 25 à 30 map/heure. Ces capacités sont variables selon le type de déchiqueteuse et la puissance du tracteur.			
Déchiqueteuse tractée sur essieu agricole pdf Petite capacité Alimentation manuelle ou plus généralement avec la grue du tracteur. Pour des bois d'un diamètre inférieur à 25-30 cm. Débit maximum de 25 à 30 map/heure. Moyenne capacité : Certaines de ces machines, entraînées par un tracteur de forte puissance (200 – 300 CV) et alimentées à la grue, peuvent avoir des capacités supérieures (bois jusqu'à 45-50 cm, débit maximum de 70 à 80 map/heure).	Déchiquetage	Mise en plaquettes de petits bois	BE
Ces deux derniers types de matériel peuvent travailler sur coupe, bord de route ou en zone agricole (haies, pré-bois, bord de champ, etc.). Ils interviennent rarement sur plate-forme ; ils sont surtout utilisés par la filière agricole, très peu par la filière forestière (à l'exception de la déchiqueteuse tractée moyenne capacité).			
Déchiqueteuse tractée sur essieu agricole à moteur autonome moyenne capacité Alimentation à la grue. Pour des bois d'un diamètre inférieur à 35-40 cm. Débit maximum de 45 à 50 map/heure.	Déchiquetage	Mise en plaquettes de petits et moyens bois	BE

Godet frontal de chargement	Manutention	Mise en tas des plaquettes sur plate-forme, remplissage d'un engin de livraison depuis un quai de chargement surélevé	PF
Benne agricole	Transfert de plaquettes	Approvisionnement d'une aire de stockage (forêt > plate-forme), livraisons par bennage en chaufferie	PF
Remorque à front poussant*	Transfert de plaquettes	Approvisionnement d'une aire de stockage (forêt > plate-forme), livraisons par déchargement arrière en chaufferie	PF
Remorque avec système ampliroll**	Ce type de remorque attelée à un tracteur agricole permet de transporter tous les équipements adaptés, habituellement déplacés par un camion avec berce ampliroll : déchiqueteuse, container bennant, container-souffleur, etc.		

* Certaines remorques, souvent d'anciens épandeurs transformés, sont équipées d'un système de fond mouvant permettant également un déchargement horizontal par l'arrière, sans bennage. La capacité des bennes et remorques agricoles varie généralement de 10 à 30 m³, mais certains gros modèles peuvent transporter un volume supérieur.

Débardage

Débusqueur à 4 ou 6 roues à câble	Débardage	Débardage traîné de bois en long	BO-BI-BE
à grue	mécanisé	Débardage semi-porté de bois en long	BO-BI-BE
à pince		Débardage semi-porté de bois en long	BO-BI-BE
Certains de ces derniers équipements peuvent être installés sur le même engin : câble + grue, câble + pince, grue + pince. En règle générale, la pince d'un débusqueur s'ouvre vers le bas, système dit « grapple ». Un certain type de pince, dite « clembank », est fixé sur le châssis et s'ouvre vers le haut, alimentée par une grue.			
Porteur forestier à 4, 6 ou 8 roues*	Débardage mécanisé	Débardage porté de bois courts ou de fagots	BO-BI-BE
Câble-mât**	Débardage mécanisé	Débardage porté par câble de bois courts ou longs	BO-BI-BE
Traction animale	Débardage traîné de bois longs, généralement fait avec des chevaux		BI-BE

*Dans certaines coupes (éclaircies feuillues et résineuses, taillis, etc.) le porteur peut sortir des petits bois d'une longueur pouvant aller jusqu'à une quinzaine de mètres. Ils sont chargés côté gros bout sur le panier du porteur et les cimes traînent à terre.

**Les bois peuvent être sortis par câble en long et non-ébranchés. Le tri BO-BI-BE se fait sur la place de réception, au fur et à mesure de l'arrivée des bois, par une machine dédiée à cette opération.