

RAPPORT FINAL

Étude de la FDCUMA de l'Orne en 2008-2009

QUALITÉ DES PLAQUETTES BOCAGÈRES EN BASSE-NORMANDIE



Étude réalisée par : Réjane GROSSIORD et Émeline FERREY

*En partenariat avec les Fédérations de CUMA de Basse-Normandie,
les CUMA de déchetage Innov'61 et Ecovaloris,
la SCIC Bois Bocage Énergie et l'association Haiecobois.*

Étude financée par le fonds Défi'NeRgie – dans le cadre d'un partenariat :

Résumé

Suite à la proposition du groupe de réflexion "approvisionnement" rassemblé par le Conseil Régional de Basse-Normandie, les Fédérations de CUMA de Basse-Normandie ont conduit une étude en 2008-2009 pour mesurer la qualité des plaquettes bocagères à partir d'échantillons pris sur le terrain dans toute la région. Ce sont les premières mesures faites sur le bois-décheté issu des haies ce qui a permis de comparer les résultats obtenus avec les références bibliographiques, de vérifier que ce combustible répond aux cahiers des charges élaboré par les structures d'approvisionnement locales pour une utilisation dans les chaudières de petites puissances, et de proposer un protocole de suivi pour effectuer d'autres mesures à l'avenir. Un travail de recherche bibliographique a permis de définir les protocoles de mesures en s'appuyant sur les études déjà réalisées ailleurs et les normes existantes. Trois paramètres ont été mesurés :

- Principalement le taux d'humidité des plaquettes (lors du déchetage et son évolution lors du séchage) en observant l'impact de trois critères sur la qualité du bois-décheté : catégorie d'essence, effet ressuyage, mode de stockage. Les analyses ont été faites à l'étuve par un laboratoire agréé selon la méthode normalisée. 62 échantillons ont été prélevés au moment du déchetage (vertes) et jusqu'à la vente (sèches) en lien avec la CUMA de déchetage (Innov'61) et les structures d'approvisionnement locales (SCIC SARL Bois Bocage Énergie et Haieco Bois). On obtient des plaquettes vertes au moment de déchetage avec un taux d'humidité moyen de 41.5 % et des plaquettes sèches après 3 mois de stockage voir 4 mois si le tas est très important, avec moins de 25 % d'humidité. L'essence a un effet assez faible sur l'humidité alors que le ressuyage a un impact important. La durée de séchage est comparable entre les différents types de stockage. Des indications sont données pour faire à l'avenir des mesures complémentaires sur d'autres échantillons pour confirmer plusieurs hypothèses sur l'effet de chaque critère et l'évolution du taux d'humidité en cours de stockage.
- La granulométrie avec un tamis mécanique sur 22 échantillons. On a bien identifié des plaquettes bocagères calibrées adaptées pour les petites chaudières. La limite de la méthode est le passage des queues de déchetage à travers les mailles. Et il faut maintenant trouver un tamis américain avec les tailles de maille adaptées.
- La masse volumique des plaquettes correspond aux données trouvées dans la bibliographie. Les plaquettes bocagères perdent en moyenne 25 % de leur poids durant le séchage. Les plaquettes vertes mesurées sur 23 bennes pour la méthode « pesée et cubage des bennes » et 19 échantillons à la méthode « poubelle et pèse-personne » ont une masse volumique moyenne de 322 ou 304 kg/m³ avec des grandes disparités liées notamment au taux d'humidité des plaquettes concernées. Pour les plaquettes sèches, d'après les 18 mesures réalisées, elle est de 227 kg/m³ là aussi avec des disparités qui s'expliquent notamment par la durée du stockage.

Pour l'humidité, la méthode de mesure au four à micro-ondes a été comparée à la méthode de référence en faisant 31 mesures. Cette méthode donne des résultats suffisamment fiables (précision de 7 % en moyenne) pour une mesure de contrôle sur le terrain du taux d'humidité des plaquettes bocagères. Par contre, la sonde « Humitest » a été testée aussi mais elle n'a pas donné de résultats fiables.

Enfin, une enquête auprès de 15 utilisateurs de plaquettes bocagères dans des chaudières de petites puissances dans la région montrent qu'ils sont satisfaits en général de la qualité des plaquettes bocagères fournies.

L'étude se termine par une proposition de cahier des charges commun sur la qualité des plaquettes bocagères dans la région Basse-Normandie.

Sommaire

INTRODUCTION.....	6
I. CONTEXTE ET PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	7
I.1. CONTEXTE : LA FILIÈRE PLAQUETTES BOCAGÈRES ET LES CUMA DANS LA RÉGION BASSE-NORMANDIE	7
I.1.1. Le territoire d'étude	7
I.1.2. La gestion des haies en Basse-Normandie	8
I.1.3. Le déchiquetage	8
I.1.4. Le stockage, le séchage et l'approvisionnement.....	10
I.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE.....	13
I.2.1. Objectifs et résultats attendus	13
a) <i>Problématique</i> :	13
b) <i>Méthode</i>	14
c) <i>Résultats attendus</i> :	14
I.2.2. Déroulement de l'étude :	14
I.2.3. Suites possibles	15
I.3. PARTIE BIBLIOGRAPHIE – PRISES DE CONTACTS.....	16
I.3.1. Recherche bibliographique	16
I.3.2. Contacts et informations auprès des adhérents	18
I.3.3. Protocole de prélèvement des échantillons	19
a) <i>Sur les chantiers de déchiquetage pour les plaquettes vertes</i>	19
b) <i>Sur le lieu de stockage pour les plaquettes en cours de séchage ou les plaquettes sèches</i>	19
c) <i>Lors des livraisons à la chaudière pour les plaquettes sèches</i>	20
I.3.4. Nombre de mesures réalisées.....	20
I.4. UTILISATION DANS DES CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES.....	20
I.4.1. Une forte expérience du terrain en Basse-Normandie	21
I.4.2. Préconisations des constructeurs de chaudières	21
II. LA TENEUR EN HUMIDITÉ DES PLAQUETTES	23
II.1. PRÉSENTATION : CRITÈRES ET MÉTHODE	23
II.1.1. Rappel des critères mesurés.....	23
II.1.2. Mesures en laboratoire	23
II.2. MESURES RÉALISÉES.....	23
II.3. RÉSULTATS SUR LE TAUX D'HUMIDITÉ	29
II.3.1. Généralités	29
a) <i>Échantillonnage</i>	29
b) <i>Analyse des données</i>	30
II.3.2. Plaquettes vertes et critère essence	31
a) <i>Caractérisation des plaquettes vertes</i>	31
b) <i>Résultats suivant la catégorie d'essence</i>	32

II.3.3. Critère ressuyage	34
a) <i>Présentation des résultats</i>	34
b) <i>Analyse des résultats</i>	35
c) <i>Conclusion</i>	37
II.3.4. Corrélation de deux critères : essence et ressuyage	38
II.3.5. Critère stockage (1) : la durée de stockage	40
a) <i>Présentation des résultats</i>	40
b) <i>Analyse des résultats</i>	40
c) <i>Proposition</i>	43
d) <i>Conclusion sur la vitesse de séchage des plaquettes</i>	43
II.3.6. Critère stockage (2) : le mode de stockage	44
a) <i>Étude du séchage des plaquettes sous plate-forme collective</i>	44
b) <i>Séchage des plaquettes en fonction du mode de stockage</i>	47
II.3.7. Corrélation des trois critères : stockage, ressuyage, catégorie d'essence	51
a) <i>Présentation des résultats</i>	51
b) <i>Analyse des résultats</i>	55
c) <i>Cas du stockage sous bâche et hangar agricole au GAEC Pinel</i>	56
II.3.8. Propositions	56
III. TEST D'AUTRES MÉTHODES DE MESURE DU TAUX D'HUMIDITÉ	57
III.1. PRÉSENTATION	57
III.2. MESURES AU FOUR À MICRO-ONDES.....	57
III.2.1. Présentation des essais comparatifs	57
III.2.2. Matériels utilisés	57
III.2.3. Protocole de mesure au four à micro-ondes	58
III.3. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	59
III.4. ANALYSE DES RÉSULTATS	60
a) <i>Fiabilité des mesures au micro-ondes</i>	60
b) <i>Propositions pour les mesures de terrain</i>	64
III.5. MESURES À LA SONDE HUMITEST	65
III.5.1. Présentation du matériel.....	65
III.5.2. Présentation des résultats.....	66
III.5.3. Conclusion sur la méthode avec la sonde.....	68
IV. AUTRES MESURES : GRANULOMÉTRIE ET MASSE VOLUMIQUE DES PLAQUETTES BOCAGÈRES.....	69
IV.1. GRANULOMÉTRIE.....	69
IV.1.1. Objectif et mesures réalisées	69
IV.1.2. Matériel utilisé.....	70
IV.1.3. Méthode de mesure	70
IV.1.4. Normes en vigueur	73
a) <i>Norme autrichienne Ö-norm M 7133</i>	73
b) <i>Norme européenne CEN/TS 14961</i>	74
c) <i>Comparaison des classifications présentées en lien avec la méthode de mesure suivie durant l'étude</i>	74

IV.1.5. Résultats obtenus	76
a) <i>Granulométrie moyenne des plaquettes bocagères</i>	76
b) <i>Granulométrie mesurée et observations visuelles</i>	78
IV.1.6. Conclusion	79
IV.2. MASSE VOLUMIQUE	80
IV.2.1. Présentation	80
IV.2.2. Méthode et matériel utilisé	81
a) <i>Pesée et cubage des bennes</i>	81
b) <i>Poubelle et pèse-personne</i>	81
IV.2.3. Données bibliographiques	82
IV.2.4. Résultats obtenus	83
IV.2.5. Analyse des résultats	87
a) <i>Masse volumique des plaquettes vertes</i>	87
b) <i>Masse volumique des plaquettes sèches</i>	88
c) <i>Perte de poids lors du séchage</i>	88
d) <i>Critique de la méthode</i>	89
V. PROPOSITIONS POUR UN CAHIER DES CHARGES BAS-NORMAND POUR LES PLAQUETTES BOCAGÈRES	90
V.1. FOURNITURE DE PLAQUETTES BOCAGÈRES PAR LES STRUCTURES LOCALES	90
V.1.1. État des lieux	90
V.1.2. Comparaison des mesures réalisées avec les critères des fournisseurs . 91	
a) <i>Le taux d'humidité</i>	91
b) <i>La granulométrie</i>	91
c) <i>Autres critères</i>	92
V.2. ENQUÊTE QUALITATIVE AUPRÈS DES UTILISATEURS DE PLAQUETTES BOCAGÈRE EN CHAUFFAGE	93
V.2.1. Présentation de l'enquête	93
a) <i>Choix des « utilisateurs » enquêtés</i>	93
b) <i>Méthode d'enquête</i>	93
V.2.2. Résultats obtenus	94
a) <i>Caractéristiques des installations</i>	94
b) <i>Satisfaction de l'utilisateur et problèmes techniques :</i>	95
c) <i>Le combustible bois-décheté</i>	97
V.2.3. Conclusion	100
V.3. VERS UN CAHIER DES CHARGES COMMUN : PROPOSITION	101
VI. CONCLUSION	103
VII. LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	105
VIII. BIBLIOGRAPHIE	108
IX. LISTE DES ANNEXES	110

INTRODUCTION

La production de bois-décheté issu de l'entretien des haies, appelé aussi plaquette bocagère, permet de (re)donner une valeur à la haie, et ainsi de garantir son entretien et son maintien sur les territoires.

En Basse-Normandie, la production de plaquettes bocagères a augmenté en même temps que le nombre de chaudières automatiques à bois-décheté de petites puissances. Il y a eu une forte évolution en 5 ans (depuis le début des années 2000) ce qui a permis de développer l'approvisionnement local. Deux structures collectives se sont créées en 2006 pour commercialiser les plaquettes bocagères en filière courte : la SCIC Bois Bocage Énergie (siège dans l'Orne - 61) et l'association Haiecobois (siège dans la Manche - 50).

Dans ce développement, les Fédérations Départementales de CUMA (FDCUMA) ont joué un rôle important d'animation et de conseil. En effet, la production de plaquettes bocagères est réalisée en majorité par des agriculteurs en CUMA. La FDCUMA de l'Orne assure l'animation sur la filière bois-énergie liée au bocage depuis 10 ans.

Pour avoir davantage de références et accompagner ce développement, le groupe de travail « approvisionnement » réunit par le Conseil Régional de Basse-Normandie en 2008 souhaitait étudier la qualité du bois-décheté issu des haies. La FDCUMA a conduit cette étude sur un an entre février 2008 et février 2009 grâce au financement Defi'NeRgie de l'ADEME et du Conseil Régional. Les données récoltées lors de l'étude serviront de base à la rédaction d'une « charte régionale qualité » décidée par les acteurs du groupe de travail « approvisionnement ».

Les caractéristiques du bois-décheté issu des haies en Basse-Normandie n'ont jamais été mesurées sur le terrain **L'objectif de l'étude est donc de mesurer la qualité des plaquettes bocagères produites puis de proposer à la fois un protocole de suivi pour les filières locales et un cahier des charges régional.**

Le principal critère choisi dans cette première étude est l'humidité des plaquettes. Le taux d'humidité des plaquettes a été mesuré lors de la production sur différents échantillons au moment du déchetage et lors du stockage de façon à étudier trois paramètres : la catégorie d'essence, l'effet ressuyage, le mode de stockage. La méthode au four à micro-ondes a été testée et la sonde Humitest a été essayée afin d'avoir des mesures plus rapides qu'à l'étuve. Le second critère observé a été la granulométrie des plaquettes bocagères. Enfin la masse volumique de plusieurs échantillons a été calculée sur le terrain.

Les résultats obtenus ont été comparés aux normes existantes ainsi qu'aux caractéristiques des plaquettes demandés dans les contrats d'approvisionnement des deux structures.

Mais l'important est l'utilisation de ces plaquettes au final dans les chaudières automatiques. Pour vérifier leur qualité à l'usage, une enquête auprès de plusieurs clients des structures d'approvisionnement a été réalisée en fin d'année 2008.

L'ensemble de ces éléments permettent de mieux connaître les caractéristiques de plaquettes bocagères produites dans la région Basse-Normandie. Des propositions sont faites en fin d'étude afin d'élaborer un cahier des charges sur la qualité des plaquettes bocagères.

I. CONTEXTE ET PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

I.1. Contexte : la filière plaquettes bocagères et les CUMA dans la région Basse-Normandie

I.1.1. Le territoire d'étude

La région Basse Normandie comprend trois départements : l'Orne (61), la Manche (50) et le Calvados (14), et s'étend sur 17 589 km².

La superficie agricole utile bas-normande (SAU) en 2007 s'élève à 1,24 millions d'hectares (source : site internet du Conseil Régional de Basse-Normandie).

Figure 1 : Carte de la répartition des différents territoires de la région Basse-Normandie



La Manche, le Calvados et l'Orne se partagent ce bocage normand agrémenté par les cultures céréalières des plaines d'Argentan et d'Alençon, ainsi que celles de Caen. Le pays du Perche quant à lui, situé au sud-est de la région est dominé par une zone semi-bocagère entrecoupée de vallées et de collines (*figure 1*). Les haies du pays bocager de l'Orne et de la Manche délimitent un secteur plutôt rural, tandis que les plaines sont plus urbanisées (source : site internet Préfecture de l'Orne).

La Basse-Normandie compte plus de 100 000 km de haies : 30 000 km dans l'Orne, 50 000 km dans la Manche et 25 000 km dans le Calvados (source : moyenne des données IFN datant de 2000-2001 + Teruti 2004, arrondis au millier).

Ces haies assurent des rôles essentiels autour de la conservation de la biodiversité et de la protection des sols ([voir annexe I page 112](#)).

Les échantillons de plaquettes prélevés dans le cadre de l'étude sont issus de l'entretien de haies de la région : Orne, Manche et Calvados.

I.1.2. La gestion des haies en Basse-Normandie

Les haies doivent être entretenues pour assurer leur pérennité et garantir une bonne productivité du bois. Deux opérations mécaniques sont effectuées : soit les branches sont taillées verticalement pour le cas de l'élagage, soit les arbres sont coupés au pied dans le cas du recépage.

Pour produire des plaquettes, le recépage est préféré à l'élagage. En effet, l'élagage produit des petites branches constituées en proportion de plus d'écorces que de cœur du bois. Leur déchiquetage produit plus de queues de déchiquetage et de fines que les grosses branches. Or, pour un bon fonctionnement des chaudières automatiques à bois-décheté de petit puissance, il faut du bois-décheté de granulométrie régulière avec peu de fines et les queues de déchiquetage sont à éviter.

Le recépage (*figure 2*) est réalisé quand les arbres sont arrivés à maturité : en moyenne vers 12-15 ans. Il est effectué sur les arbustes et petits arbres taillés en « cépées ». Il ne concerne pas les arbres de haut-jet qui sont laissés sur pied au cœur de la haie.

Figure 2 : Photo d'une cépée coupée à blanc



Par conséquent, les échantillons de plaquettes prélevés dans le cadre de l'étude proviennent de bois issu d'un entretien des haies par recépage.

I.1.3. Le déchiquetage

Pour obtenir des plaquettes, que l'on appelle aussi « bois-décheté », le bois doit être décheté avec des déchetuses équipées de couteaux à ne pas confondre avec d'autres broyeurs notamment ceux équipés de marteaux qui sont utilisés pour éclater le bois et le défibrer pour le compostage. Le terme « copeaux » n'est pas utilisé afin d'éviter l'amalgame avec d'autres produits issus du bois comme les écorces ou les éclats de bois issus de la première transformation du bois.

L'activité déchetage des Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole (CUMA) a débuté au début des années 2000.

La 1^{ère} machine manuelle de la CUMA départementale Innov'61 a été remplacée en 2004 par une déchetuse à grappin (*photo figure 3*). L'activité déchetage fonctionne sur l'ensemble du département de l'Orne. La Manche et le Calvados

possèdent des déchiqueteuses manuelles dans leurs CUMA départementales : Ecovaloris et Calvados Innovation. En 2008, la CUMA Ecovaloris, en partenariat avec la CUMA Calvados Innovation, investit dans une déchiqueteuse à grappin qui fonctionnera sur les deux départements.

Les déchiqueteuses à grappin se déplacent sur l'ensemble du territoire de la CUMA suivant un planning défini par le responsable et la CUMA propose une prestation complète de déchiquetage incluant le chauffeur de la machine et le tracteur permettant de la faire fonctionner (minimum de puissance : 160 CV).

Tout agriculteur du département concerné peut utiliser ces déchiqueteuses après adhésion à la CUMA et paiement des parts sociales. Il devient alors producteur de plaquettes (ou bois-décheté).

Ces investissements s'inscrivent dans le développement de la filière bois déchiqueté issu des haies, afin de valoriser le maximum de haies bocagères par la production de bois déchiqueté, utilisé principalement comme combustible dans des chaudières automatiques, mais aussi en paillage. L'ensemble du bois est valorisé contrairement à la production de bois-bûche où on ne valorise pas le « petit bois » soit près du tiers du volume de l'arbre.

Figure 3 : Photo de la déchiqueteuse à grappin de la CUMA Innov'61 en 2008



Les déchiqueteuses à grappin permettent de déchiqueter du bois jusqu'à 35 cm de diamètre et surtout d'avoir des débits de chantiers plus importants par rapport à une alimentation manuelle. Les arbres recepés ne sont pas débités : la machine déchiquète l'ensemble de l'arbre du tronc au houppier. Le grappin-grue permet d'attraper plusieurs branches d'un seul coup et de l'amener vers l'entrée du rotor sur un tapis. Les branches passent dans un rotor doté de couteaux et les plaquettes produites sont ensuite soufflées dans une benne après passage par la grille de calibrage (ici grille de 45 mm).

Le produit obtenu par déchiquetage est appelé « plaquettes » (cf. figure 4 en page suivante) ou encore « bois-décheté ».

**Figure 4 : Photo représentant
des plaquettes bocagères
« vertes »
obtenues après déchiquetage**



Les échantillons de plaquettes prélevés dans le cadre de l'étude ont été produit par les déchiqueteuses à grappin en CUMA en 2008 : la plupart par la CUMA Innov'61 et les autres par la CUMA Ecovaloris.

I.1.4. Le stockage, le séchage et l'approvisionnement

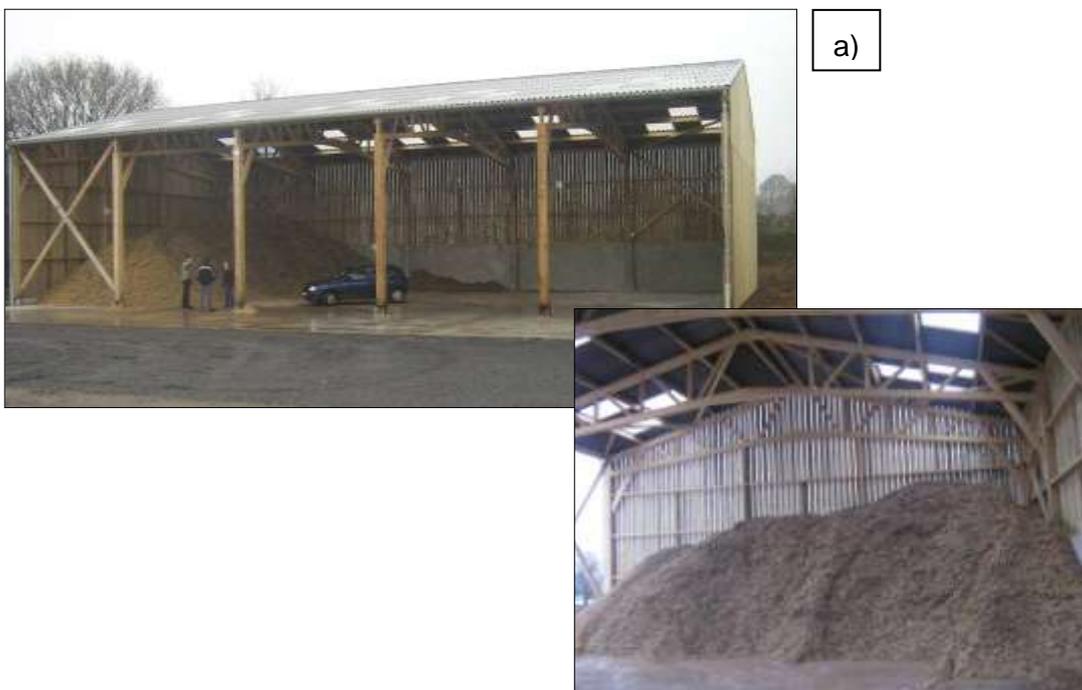
La taille des tas stockés sous hangar est variable. Environ de 2 à 10 mètres de large pour 2 à 5 mètres de haut sous hangar agricole et plus souvent de 5 à 30 mètres de large pour 3 à 7 mètres de haut sous plate-forme collective cantonale.

Les plaquettes sont stockées après déchiquetage et il est nécessaire de ne pas les manipuler durant la phase de séchage. Les plaquettes sèchent grâce à la fermentation naturelle du tas permise grâce à la circulation d'air dans le tas. Il n'y a rien à ajouter. Il faut éviter de tasser trop le tas et surtout de le manipuler. L'air doit pouvoir entrer dans le tas (surtout sur le côté) et le stockage doit être aéré (notamment par favoriser la sortie de la vapeur d'eau qui s'échappe par le sommet du tas). Le tas ne doit pas être retourné ou déplacé durant le processus de séchage afin de ne pas interrompre les réactions physico-chimiques mises en jeu. La durée de séchage est de 4-5 mois : cette durée sera vérifiée grâce à l'étude. L'objectif est d'obtenir des plaquettes ayant 25 % d'humidité pour une utilisation dans des chaudières automatiques de petites puissances.

Après le déchiquetage, les producteurs stockent leur bois déchiqueté sur leur exploitation, sauf s'ils fournissent une structure d'approvisionnement ayant une plate-forme de stockage-séchage collective. Au moment de l'étude il existait deux plates-formes de ce type, les deux dans l'Orne dans le bocage nord et gérées par la SCIC Bois Bocage Énergie : l'une à Chanu et l'autre à Athis.

La SCIC Bois Bocage Énergie - B²É- a été créée pour permettre de vendre et de gérer l'approvisionnement local en plaquettes bocagères. Dans la Manche, une association sous le nom d'Haiecobois a été créée avec le même objectif. Voir aussi la partie « fourniture de plaquettes bocagères par les structures locales » (partie V.1. page 91).

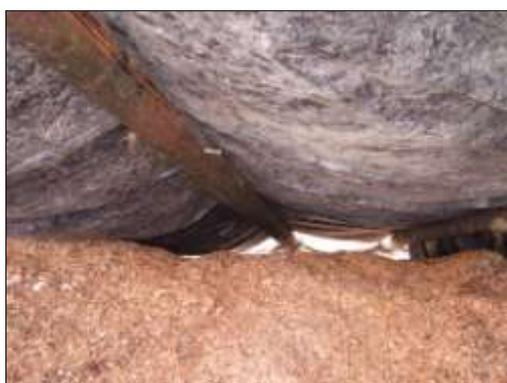
Figure 5 : Photos illustrant des exemples de lieux de stockage :
a) plate-forme à Chanu de la SCIC Bois Bocage Energie,
b) chez un agriculteur sous hangar agricole (appenti),
c) chez un agriculteur sous bâche plastique



Site 1



Site 2 vu du sommet du tas :



Site 3 :



Pour le séchage du bois, les FDCUMA préconisent d'utiliser un abri bien aéré avec au moins un mur pour faciliter la récupération des plaquettes à l'aide d'un godet et un sol bétonné pour éviter d'emmener des indésirables comme les cailloux, les métaux, les plastiques lors des chargements.

Le stockage sous abri (en général un hangar) est recommandé car les plaquettes sont à l'abri des intempéries et faciles à reprendre. Le stockage sous bâche est une solution d'appoint si l'espace sous hangar n'est pas suffisant voir absent. Il est rarement pratiqué dans la région. Il faut être sûr que les plaquettes ne reprennent pas l'humidité durant la saison hivernale. Les bâches sont utilisées sur certaines exploitations, la plupart du temps il s'agit de bâches plastiques, les mêmes utilisées pour les silos d'ensilage, et rarement des bâches en géotextile. La bâche est installée sur une armature qui permet de ne pas « coller » au tas de façon à favoriser la circulation d'air. Une cheminée est laissée au sommet uniquement pendant la phase de fermentation.

L'étude doit permettre d'en savoir plus sur le taux d'humidité des plaquettes durant le stockage suivant la durée et les différents modes de stockage ainsi que sur le taux d'humidité des plaquettes sèches avant livraison aux chaudières.

I.2. Présentation de l'étude

I.2.1. Objectifs et résultats attendus

a) **Problématique :**

En Basse-Normandie, le linéaire de haies est important et le nombre de chaufferies à bois-déchetées alimentées par des plaquettes bocagères est appelé à augmenter dans les années à venir. Ce sont principalement des chaudières de petites ou moyennes puissances exigeantes dans la nature du combustible amené (granulométrie et humidité des plaquettes notamment).

A l'heure actuelle, les caractéristiques des plaquettes issues des haies n'ont pas été mesurées sur le terrain. Les données utilisées sont issues de sources bibliographiques qui ne distinguent pas l'origine du bois.

L'objectif de l'étude est de mesurer la qualité des plaquettes bocagères dans la région Basse-Normandie et de faire des propositions pour effectuer un suivi des caractéristiques de ces plaquettes sur le terrain et pour élaborer un cahier des charges bas-normand.

Les critères étudiés ont été définis par le groupe « approvisionnement » réuni par le Conseil Régional le 22 janvier 2008 à Caen (il n'existe pas de compte-rendu officiel de cette réunion) :

➤ Le taux d'humidité

Pour cette variable, les mesures doivent permettre d'identifier l'effet de trois critères :

- **la catégorie d'essence** ; on distingue deux catégories d'essence : sensibles à l'eau (aulne, saule, peuplier,...) et "autres" (fruitiers, bois durs, comme le noisetier, érable, châtaignier, frêne,...).

Question : le bois « d'eau » est-il plus humide que le bois d'autres essences ?

- **l'effet ressuyage** c'est-à-dire le séchage du bois abattu sur la parcelle avant le déchetage ; celui-ci dépend du délai entre la date d'abattage et la date de déchetage.

Question : le ressuyage influence-t-il sur l'humidité des plaquettes et sur leur vitesse de séchage ?

- **le mode de stockage** ; il s'agit de comparer la qualité du séchage suivant le mode de stockage: bâtiment bien aéré, bâtiment moyennement aéré, sous bâche à l'extérieur ; un suivi de l'évolution de l'humidité des tas permettra d'évaluer la vitesse de séchage.

Question : le mode de stockage influence-t-il sur la vitesse de séchage des plaquettes et sur leur taux d'humidité au final ?

➤ La granulométrie

Les échantillons seront passés au tamis pour identifier la composition des plaquettes suivant différentes classes de granulométrie : fines – moyen – grossier. Question : est-ce que le taux de fines et le taux de queues de déchetage dans les plaquettes bocagères est dans les normes et donc sous les seuils permis pour une utilisation dans des petites chaudières ?

Il faut ensuite faire un lien avec les conditions d'utilisation du matériel de déchiquetage.

- Au-delà, il est intéressant de mesurer des paramètres complémentaires comme **la masse volumique** des plaquettes. Cette masse volumique doit être calculée sur des plaquettes vertes et sur des plaquettes sèches.

b) Méthode

Des échantillons de plaquettes bocagères sont prélevés sur les chantiers de déchiquetage et sur les lieux de stockage dans la région Basse-Normandie. Les dates et lieux de prélèvements ont été établis suite aux informations fournies par les CUMA de déchiquetage (Innov'61 et Ecovaloris) et les structures d'approvisionnement locales (SCIC SARL Bois Bocage Énergie et Haiecobois). Certains échantillons dont le taux d'humidité a été mesuré avec l'étuve ont été utilisés pour tester la méthode de mesure du taux d'humidité au micro-ondes. La sonde Humitest a aussi été utilisée dans plusieurs tas.

Les plaquettes bocagères étudiées sont utilisées dans des chaudières automatiques de petites puissances. Lors de la saison de chauffe 2008-2009, une enquête a été faite auprès des utilisateurs afin de connaître leur avis sur ce combustible et de savoir si des dysfonctionnements ont été rencontrés.

c) Résultats attendus :

- Caractériser les plaquettes bocagères vendues localement
- Disposer de données techniques sur la production et l'utilisation des plaquettes afin de conseiller les producteurs.
- Proposer des pistes pour élaborer un protocole de suivi de la qualité des plaquettes bocagères reproductible sur l'ensemble des sites d'approvisionnement de la région
- Proposer un cahier des charges adapté pour la fourniture de chaudières bois-déchiqueté de petite puissance ; à comparer avec les contrats existants actuellement
- Disposer de données de références sur l'humidité des plaquettes afin de mettre en place des systèmes de facturation du bois adaptés sur les plates-formes de stockage

Les données récoltées serviront également de base à la rédaction d'une « charte régionale qualité » décidée par les acteurs du groupe de travail « approvisionnement ».

L'objectif général est donc de professionnaliser la filière bois énergie bocagère en renforçant la démarche qualité des plaquettes produites.

I.2.2. Déroulement de l'étude :

L'étude est réalisée par la Fédération des CUMA de l'Orne, avec l'appui des Fédérations de CUMA de la Manche et du Calvados, et de la Chambre d'Agriculture de l'Orne.

Ce travail a été coordonné par l'animatrice de la FDCUMA de l'Orne, Réjane GROSSIORD, en collaboration avec l'animatrice de la FDCUMA de la Manche, pour Virginie HERVIEUX. Une étudiante bac+2 de l'IUT Génie Biologique de Caen, Émeline FERREY, a réalisé un stage de 10 semaines (printemps 2008) pour récolter les échantillons de plaquettes, effectuer les mesures nécessaires, élaborer des protocoles adaptés et analyser les premiers résultats obtenus. Des étudiants en BTS 2^{ème} année à Sées ont été sollicités pour effectuer l'enquête de terrain auprès des utilisateurs fin 2008. La rédaction a été faite par Réjane GROSSIORD de la FDCUMA 61.

Les échantillons prélevés proviennent de la région Basse-Normandie : en majorité de l'Orne mais aussi pour partie de la Manche et du Calvados.

L'étude s'est déroulée entre février 2008 et février 2009 selon le calendrier suivant :

Phase 1 : février 2008 - juillet 2008

- février - avril : recherches bibliographiques – élaboration des protocoles (prise d'échantillon, mesure au micro-ondes, mesure de la granulométrie au tamis, mesure de la masse volumique)
- février - juin : échantillonnage sur les chantiers de déchetage et dans les stocks - mesures sur plaquettes vertes et sur plaquettes en cours de séchage
- juillet : analyse des premiers résultats

Phase 2 : août 2008 - mars 2009

- août-février : échantillonnage dans les stocks et mesures sur plaquettes sèches
- novembre-décembre : enquête sur l'avis des utilisateurs
- décembre - mars : analyse des derniers résultats
- à partir d'avril : rédaction du compte-rendu de l'étude

I.2.3. Suites possibles

Cette étude technique permet une première approche des caractéristiques et de la qualité des plaquettes bocagères. Elle est centrée sur des mesures de terrain.

L'objectif est de susciter de nouvelles campagnes de mesures des caractéristiques de plaquettes bocagères en suivant les mêmes méthodes et protocoles de mesure qu'ici dans le but d'avoir davantage de références et de conforter les résultats d'analyse.

Vu l'ampleur du sujet, un travail complémentaire pourrait être conduit dans les années à venir en s'appuyant sur cette première étude globale, de façon à approfondir certains critères, à mesurer d'autres variables (taux de cendres, comparaison élagage et recépage,...) et / ou à faire des comparaisons avec d'autres mesures effectuées en France. Du côté de l'utilisation dans les chaudières, des études plus approfondies pourraient être réalisées durant la saison de chauffe, par exemple en effectuant des comptages d'énergie.

I.3. Partie bibliographie – prises de contacts

I.3.1. Recherche bibliographique

Tout d'abord, une recherche bibliographique a été réalisée et des appels téléphoniques ont été effectués vers des organismes français travaillant sur la filière bois-énergie « bocage ». Les éléments recherchés recouvraient : la caractérisation des plaquettes bocagères, les méthodes de mesure notamment pour l'humidité et les résultats obtenus, les normes, les critères de qualité, la granulométrie.

Deux études sur les caractéristiques des plaquettes réalisées par CRITT Bois – Fibois pour l'ADEME ont été utiles à l'étude : « **Mesure des caractéristiques des combustibles bois - Évaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible** » de juin 2001 et la suivante « **Validation des méthodes de mesures des caractéristiques des combustibles bois déchiquetés** » réalisée en Mars 2002. Aucune autre étude sur le sujet n'a été trouvée en France. **Ainsi, il n'existe aucune étude à ce sujet sur la caractérisation des plaquettes bocagères.** L'étude présentée ici serait la première du genre en France.

Les coordonnées des contacts réalisés sont [en annexe 2 page 114](#).

Jimmy PENNEQUIN de **Biomasse Normandie** de Caen a indiqué qu'ils n'avaient pas fait de mesures de caractéristiques de plaquettes. Leur recommandation principale a été de contacter vers Biocombustibles SA basé à Thury-Harcourt (14). **Biocombustibles SA** est une société d'approvisionnement régional en bois : ils ont des appareils permettant la mesure de l'humidité (petite étuve, balance thermique) et de la granulométrie (tamis rotatif). La balance thermique était en panne durant l'étude. Le tamis de Biocombustibles SA a été utilisé pour réaliser les mesures de granulométrie de l'étude.

Didier DEBROIZE de la **Chambre d'Agriculture de Bretagne, station des Cormiers** est en train de mener une étude de caractérisation granulométrique des plaquettes de bois avec mise au point d'un équipement de mesure. La station des cormiers a mis au point en 2008 un système de tamis à 7 tamis (photo ci-dessous) pour mesurer la granulométrie d'échantillons de 10 litres environ suivant la norme européenne 14961 (+ application informatique pour le calcul des résultats). Il indique qu'aucun système de mesure ne remédie au problème des queues de déchiquetage qui passent à travers les tamis en se mettant à la verticale. Pour la mesure d'humidité, il préconise de maintenir les mesures à l'étuve pour avoir un résultat fiable, vu l'impact de l'humidité sur le PCI. Enfin, il souligne l'importance de la méthode de prélèvement des échantillons pour éviter de biaiser le résultat final.



Figure 6 : Tamis de plaquettes mis au point par la station des Cormiers (35)

Marc le TREIS de AILE et Jean-François VIOT de l'UDCUMA 72 indiquent qu'ils utilisent plutôt la norme autrichienne Ö-norm 7133 pour vérifier la granulométrie des plaquettes.

Sylvain BORDEBEURE de l'ADEME d'Angers a été contacté, grâce à l'appui de Christian DELABIE de l'ADEME Basse-Normandie. Spécialiste sur toutes les normes confondues, il a envoyé fin mai 2008 la première mouture de la normalisation européenne en cours d'élaboration, sur les référentiels combustibles (avril 2008). Il conseille aussi de s'appuyer sur les modèles de contrats de fournitures de l'ITEBE mais en fait on y trouve peu d'informations utiles à l'étude.

Sur conseil de Frédéric DROUARD, Didier BAZILE de l'ITEBE a été contacté. Il a rappelé que la norme européenne était un projet pour l'instant (mars 2008), encore en attente d'application. L'ITEBE propose des modèles de contrats de fournitures. Il conseille d'appeler FIBOIS sur le référentiel qualité.

Coralie PELLETIER de CRITT Bois, basé à Epinal, a fait part des nombreux échecs de mesures faites au four à micro-ondes, qui par un manque de surveillance et une trop grosse quantité des particules fines, ont abouti à la prise de feu des appareils.

Sylvain VILLAR de Fibois situé dans la Drôme, a donné des informations complémentaires sur les études réalisées et le dispositif mis en place dans leur secteur, AFAQ qualité plaquettes.

Il a confirmé que la norme utilisée pour les mesures à l'étuve est la norme NF M 03-002. Pour lui, les mesures au micro-ondes donnent une bonne approche du taux d'humidité des plaquettes. Il nous conseille Bois Énergie 66 pour avoir un retour sur l'utilisation de la sonde Humitest mais ces derniers n'ont pas souhaité nous répondre.

Leurs mesures granulométriques ne reposent sur aucune norme précise car Fibois utilise un tamis dont les dimensions ont été déterminées expérimentalement à la suite de mesures en laboratoire. Il conseille d'utiliser pour la mesure de la granulométrie la norme autrichienne Ö-norm 7133 G30. Et il propose de mesurer aussi le taux de cendres.

Au niveau Rhône-Alpes, une certification AFAQ Service confiance (ref-103-2) a été mise en place en 2002 sous le nom « Chaleur bois qualité + ». Les fournisseurs s'engagent sur la qualité et la régularité du combustible et sur la fiabilité des approvisionnements sur la base d'un référentiel.

Le Responsable de la certification AFAQ Service Confiance ®	Le Représentant du porteur de projet FIBOIS Ardèche-Drôme - membre du réseau FIBRA
Nom : Laurent AUFFRET	Nom : AVIAS Marc
Fonction : Responsable département Certification du Service	Fonction : Président Fibois 07/26
Date :	Date :
Visa :	Visa :

REF-103-02
Edition du 31/03/2008

◀ **Figure 7 :**
Certification AFAQ
« Chaleur bois
qualité + »

En 2008, sept fournisseurs de plaquettes sont certifiés ce qui leur permet d'améliorer la relation client. Les caractéristiques des plaquettes sont contrôlées lors de l'entrée du fournisseur dans la démarche, sur quatre paramètres - PCI, taux de cendres, granulométrie, humidité - puis un contrôle annuel est réalisé sur deux paramètres - granulométrie, humidité. Les clients remplissent une enquête de satisfaction annuelle. FIBRA (Rhône) et FIBOIS Ardèche-Drôme gèrent et organisent la démarche de certification et ils sont évalués chaque année par l'AFAQ-AFNOR évalué. La certification a un coût de 0.40 à 0.50 € / MAP (mètre cube apparent plaquette) plafonné à 3 000 MAP (avec une part fixe et une part variable). M. VILLAR est prêt à nous accueillir sur une journée pour présenter la démarche. La plaquette de présentation de « Chaleur Bois Qualité + » et un diaporama réalisé en 2007 sont placés [en annexe 3 page 115](#).

Bilan sur la prise de contact :

En dehors des études ADEME de 2001 et 2002, de quelques conseils et des chartes rédigées à plusieurs endroits, peu d'éléments chiffrés ont pu être récoltés. Cela montre que peu de mesures sont faites pour caractériser les plaquettes et encore moins d'éléments peuvent être réunis sur le cas particulier des plaquettes bocagères. Par ailleurs, chacun travaille sur la filière bois-énergie dans son secteur, sa région, et l'information circule mal. Il semble aussi que de l'information ait été en quelque sorte « perdue » en 20 ans. Des études et/ou des mesures ont pu être faites lors du début du développement du bois-énergie il y a 20 ans en France mais les personnes ont changé et les prises de contacts réalisées aujourd'hui n'ont pas permis de retrouver des documents écrits sur les résultats obtenus à l'époque.

Le document « Référentiels Combustibles Bois Énergie » de l'ADEME publié en avril 2008 est un apport d'information essentiel sur les règles de prélèvements, sur les critères de qualité de plaquette et leur importance, sur les normes de mesures de ces critères. Il a été reçu trop tard pour vraiment servir sur le terrain : fin mai 2008 la majorité des échantillons avaient déjà été prélevés, mesurés, analysés.

En conclusion, on peut quand même affirmer que l'étude réalisée par la FDCUMA, avec l'appui du Conseil Régional de Basse-Normandie et l'ADEME, vient combler un vide et pourra certainement permettre **de mieux connaître ce combustible issu des haies et servir de support pour d'autres analyses dans les années à venir** ici ou dans d'autres régions.

I.3.2. Contacts et informations auprès des adhérents

La partie pratique de l'étude repose sur des mesures d'humidité de plaquettes, de granulométrie et de masse volumique.

Pour choisir les lieux où les échantillons de plaquettes vertes étaient prélevés, le planning de déchiquetage des CUMA a été récupéré régulièrement auprès des responsables et les adhérents de CUMA ont été appelés pour en savoir plus sur leur chantier de déchiquetage planifié :

- Les **essences** de bois du tas à déchiqueter,
- Le **ressuyage** : date d'abattage du bois et date prévue pour le déchiquetage,
- L'**abattage** : recépage ou élagage,
- Le **stockage** prévu à l'issue du déchiquetage.

Les critères de chaque chantier de déchetage ont été répertoriés pour pouvoir déterminer rapidement quels cas étaient les plus intéressants à analyser, et organiser les déplacements pour prélever les échantillons.

I.3.3. Protocole de prélèvement des échantillons

Les échantillons de plaquettes bocagères ont été collectés dans des sacs plastiques (en général des sacs plastiques résistants de 20 Litres). Chaque échantillon devait peser entre 1 kg et 1.5 kg. Chaque sac après remplissage était identifié par une étiquette mentionnant le nom du producteur, le lieu du chantier et le nom de l'échantillon.

Une fiche par échantillon a été réalisée afin de récolter les informations suivantes : nom exploitation, date et lieu prélèvement, département, commune, type de haie, essences, date d'abattage, date de déchetage, temps de ressuyage, temps de stockage, date envoi au labo, remarques. Lorsque les mesures sont faites, sauf contre-indication, il est impossible de savoir avec certitude que les plaquettes prélevées sont uniquement issues d'une même essence. Les renseignements apportés par les agriculteurs sont indispensables, surtout pour identifier les essences coupées et connaître la date d'abattage. Malheureusement, ces agriculteurs ne sont pas toujours au point sur les essences d'arbres, et certains n'ont plus le souvenir de la date exacte d'abattage ce qui ne facilite pas le remplissage de la fiche. Cette fiche est placée [en annexe 4 page 123](#).

Le prélèvement de l'échantillon doit permettre d'avoir un échantillon homogène. Un échantillon est obligatoirement composé de prélèvements en différents points du stock de plaquettes à étudier : à la fois sur la surface du tas mais aussi à différentes profondeurs (ceci est particulièrement vrai lors des prélèvements lors du stockage). Mais cette méthode théorique est souvent difficilement applicable en face des réalités du terrain (tas trop pentu, stock peu accessible, dans une benne..).

a) Sur les chantiers de déchetage pour les plaquettes vertes

L'échantillon est pris en sortie de déchiqueteuse, dans la benne ou après déversement de la benne sur le lieu de stockage. Dans la benne le prélèvement est fait en différents points à la surface mais le prélèvement en profondeur est impossible. Après bennage, le prélèvement à différents endroits est plutôt facile. Tout dépend des facilités d'accès sur le chantier. La présence sur le chantier permet de vérifier le type de branchages déchiquetés, les essences d'arbres présentes et de rencontrer le producteur pour avoir des informations complémentaires par rapport au premier contact téléphonique. Dans certains cas, la déchiqueteuse a pu s'arrêter pour pouvoir récupérer une essence précise (cas de tas avec essences mélangées).

b) Sur le lieu de stockage pour les plaquettes en cours de séchage ou les plaquettes sèches

Sur un tas de 5 mètres de haut, les échantillons sont prélevés de façon à éviter les zones en fermentation trop active. La zone au sommet n'a pas été prélevée (le 50 cm au sommet). La partie près du sol a été évitée en raison de l'effet lisière (sur 1 mètre). Les échantillons sont donc composés à partir de « poignées » de plaquettes prélevées, tout autour et à différentes hauteurs quand c'était possible, dans la partie

centrale du tas. Pour cela, le tas a été creusé légèrement entre 20 et 40 cm, pour ne pas prendre les plaquettes sèches en surface, celles-ci jouant un rôle de couche protectrice.

c) Lors des livraisons à la chaudière pour les plaquettes sèches

Ce cas n'a pas été rencontré dans cette étude puisqu'elle portait sur l'amont de la filière (production et séchage).

Toutefois, on peut imaginer prélever des plaquettes sèches sur les lieux de stockage en étant présent au moment du remplissage des bennes pour les livraisons ou lors de livraison chez le client soit dans la benne, soit dans le silo après déversement de la benne.

I.3.4. Nombre de mesures réalisées

Au total pour chaque critère mesuré :

- **62 échantillons pour la mesure du taux d'humidité** à l'étuve sur les trois critères dont :
 - ✓ 44 sur plaquettes vertes pour analyse des critères essence et ressuyage
 - ✓ 41 sur plaquettes en cours de séchage et sèches pour analyse du critère stockage
 - ✓ 31 mesures au four à micro-ondes
 - ✓ 12 mesures avec la sonde Humitest
- **22 échantillons pour la mesure de granulométrie**
- **67 mesures de la masse volumique dont** 42 sur plaquettes vertes, 18 sur plaquettes sèches et 7 en cours de séchage.

Les résultats obtenus sont présentés dans les parties suivantes. Ils permettent de mieux connaître les caractéristiques des plaquettes bocagères produites en Basse-Normandie.

D'un point de vue statistique, l'effectif n'est peut-être pas assez important pour en tirer des enseignements permettant de caractériser les plaquettes bocagères ; il faudra alimenter la base de données pour pouvoir faire une analyse statistique et conforter les résultats obtenus.

I.4. Utilisation dans des chaudières automatiques

L'étude porte sur l'utilisation des plaquettes dans des chaudières automatiques de petites puissances (en général autour de 30 kW, et jusqu'à 200 kW), celles-ci étant plus exigeantes dans la qualité du combustible que les plus grosses puissances.

I.4.1. Une forte expérience du terrain en Basse-Normandie

La première chaudière de petite puissance (30 kW) a été installée il y a 10 ans dans la région. En 2008, il existe plus de 120 chaudières automatiques de petite puissance dans l'Orne, plus de 200 en Basse-Normandie. La plupart sont installées chez des agriculteurs qui autoproduisent leurs plaquettes. Ils se sont regroupés en CUMA pour investir dans le matériel nécessaire au déchetage, pour s'entraider sur les chantiers et pour échanger leurs expériences. Avoir une chaudière chez soi permet de savoir quelles plaquettes sont les plus adaptées pour une combustion et un fonctionnement optimum. Au fil des années, ces producteurs ont acquis un savoir-faire dans la production de plaquettes issu de l'entretien des haies pour pouvoir les utiliser dans leur chaudière.

Pourtant aucune mesure sur les caractéristiques des plaquettes produites n'a été faite depuis 2000 date de la création de l'activité déchetage en CUMA. Les caractéristiques des plaquettes sont vérifiées visuellement. Des conseils sur la production, le stockage et l'utilisation de plaquettes bocagères ont été apportés par les animateurs FDCUMA. Ils se sont appuyés sur la bibliographie existante au départ, sur les recommandations des organismes spécialisés (AILE, ITEBE...) puis sur les observations de terrain.

Les agriculteurs et les CUMA de Basse-Normandie savent produire des plaquettes bocagères pour une utilisation dans des chaudières automatiques de petites puissances. Leur expérience est à valoriser.

I.4.2. Préconisations des constructeurs de chaudières

Les caractéristiques du combustible demandé pour un bon fonctionnement de la chaudière automatique bois-décheté de petite puissance sont parfois précisées par le fabricant de la chaudière (documentation, site internet).

Chaque marque de chaudières possède des attentes spécifiques concernant la qualité du combustible ([tableau 1](#)).

Tableau 1 : Différentes marques de chaudières bois-décheté et leurs attentes en termes d'humidité et de granulométrie.

Marque	Modèle	Puissance (KW)	Granulométrie min (mm)	Granulométrie max (mm)	Humidité tolérée
Energie-système	Auto	20 à 200	5	30	30%
Foreste	Evolution	5 à 30	5	50	30% max
Fröling	Turbomatic	28 à 110	classe G30 / G50 *		40% max
Hargassner		25 à 100	granulométrie G30 *		30% max
Heizomat	HSK-RA	15 à 850	28	85	Non fourni
Herz			Non fourni	Non fourni	35% max
HS France	Multi-heat 2.5F	23	5	50	25% max
	Multi-heat 4.0F	37	5	50	25% max
Lindner & Sommerauer	SL-T	15 à 150	classe G50 *		35 % max
Véto	Veto	30	Non fourni	Non fourni	Non fourni

* Classes de la norme autrichienne Ö-Norm M 7133

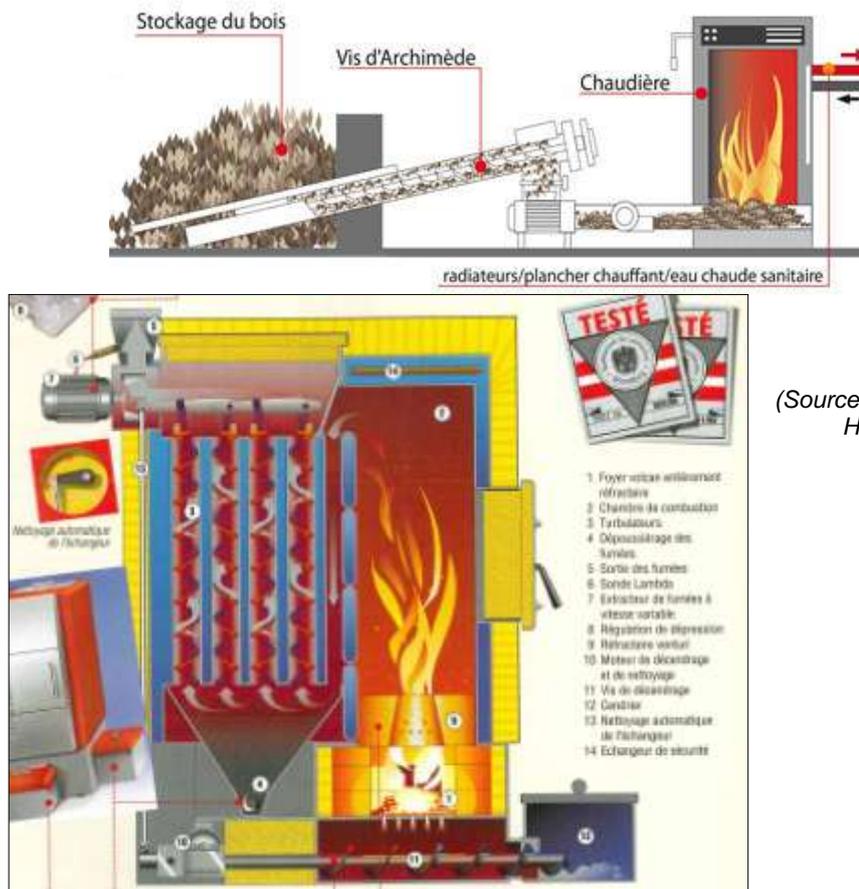
En grisé sur la tableau les modèles de chaudières installées (plus de deux installations) dans la région Basse-Normandie en 2008.

Pour l'humidité des plaquettes, elle doit être comprise entre 25 et 40% selon les marques. Le taux d'humidité de 30 % maximum convient très bien (seule la marque HS demande du 25 % mais cette marque n'est utilisée avec du bois-décheté en Basse-Normandie). Par exemple, pour la marque Fröling, les chaudières de petites puissances allant de 28 à 100 KW, « *permettent de brûler facilement des combustibles allant jusqu'à 40 % d'humidité* » (plaquettes d'informations Fröling). Pour la marque Hargassner, « *dans la gamme de 25 à 100 kW, les chaudières sont conçues pour fonctionner avec tous les combustibles tels que : bois déchiqueté, copeaux, sciure et granulés, de granulométrie G 30 et dont le taux d'humidité n'excède pas 30%* » (site Sud Energies). Enfin, les chaudières Foreste préconisent une humidité à 30% maximum. Attention : il s'agit d'un taux d'humidité maximum ; le rendement de la chaudière baisse au-delà de ce taux là.

Pour la granulométrie, les morceaux préconises sont en général entre plusieurs marques s'appuient sur la norme autrichienne Ö-Norm M 7133 qui propose différentes classes de plaquettes (G30, G50...) en fonction de leur granulométrie. Cependant, certaines marques proposent leur propre granulométrie, considérées comme suffisantes au bon fonctionnement des chaudières, sans avoir de lien avec une norme particulière : en général les morceaux doivent être compris entre 5 et 30 ou 50 mm ([tableau 1](#)).

En conclusion, on peut remarquer dans l'ensemble que les fabricants de chaudières et leurs distributeurs donnent peu de détails sur les caractéristiques du combustible accepté par leurs chaudières à plaquettes.

Figure 8 : Schémas illustrant le fonctionnement des chaudières automatiques à bois-décheté de petite puissance



II. LA TENEUR EN HUMIDITÉ DES PLAQUETTES

II.1. Présentation : critères et méthode

II.1.1. Rappel des critères mesurés

La méthode de mesure de la teneur en humidité qui apporte une valeur scientifique la plus fiable possible est la mesure à l'étuve faite en laboratoire. Le taux d'humidité obtenu sert de valeur de référence.

Les mesures réalisées permettent de chercher à comprendre la relation entre la teneur en humidité des plaquettes et les critères d'essences d'arbres, de ressuyage et de stockage. Les parties suivantes font état des analyses réalisées et des résultats obtenus.

II.1.2. Mesures en laboratoire

Les mesures à l'étuve ont été effectuées par un **laboratoire régional agréé appelé Laboratoire Agronomique de Normandie, autrement dit le « LANO »**.

Les mesures sont réalisées suivant la procédure normalisée NF M 03-002.

Dans la pratique, les échantillons pesant aux alentours de 1 à 1,5 kg, sont envoyés au laboratoire (LANO) le plus rapidement possible après le prélèvement. Lorsque l'envoi des échantillons n'est pas immédiat, ils sont stockés temporairement au réfrigérateur (moins de 48 h) ou au congélateur (dans le cas d'une attente de plusieurs jours) afin de stopper toute réaction de fermentation à l'intérieur du sac et donc d'éviter tout changement dans la teneur en eau de l'échantillon. Le coupon déposé sur le sac définit le nom de l'échantillon et son numéro. Les résultats sont reçus 4 à 5 jours après envoi. Un exemple de bordereau d'envoi au laboratoire, un exemple de fiche de résultat envoyé par le LANO et le devis initial sont mis [en annexe 5 page 124](#).

II.2. Mesures réalisées

Entre février 2008 et février 2009, au total 62 échantillons de plaquettes ont été analysés à l'étuve pour connaître leur taux d'humidité. Chaque échantillon est identifié par un numéro chronologique de prélèvement, un numéro d'identification et un nom. Voir liste « brute » dans le tableau 2 en page suivante. La liste complète avec l'ensemble des informations renseignées pour chaque échantillon est placée [en annexe 6 page 128](#).

Ce tableau « brut » - en page suivante, le [tableau 2](#) - permet d'observer la diversité des situations choisies pour l'étude : trois départements, différentes exploitations, différents lieux de prélèvement, différents types de stockage, temps de ressuyage et durée de stockage.

Tableau 2 : 62 échantillons de plaquettes bocagères pour mesure du taux d'humidité 1/2

	Numéro prélèvement Numéro échantillon	Date prélèvement	Lieu prélèvement	Département Lieu chantier / haie	Essences échantillon	Catégorie d'essence Date d'abattage	Date de déchiquetage	Reessuyage (mois) Stockage
1	01-0208	13/02/08	PF Athis	61 Montilly	noisetier dominant	dur fin janvier 08	08/02/08	0,3 5 jours
2	02-0208	18/02/08	chantier dech	61 Sainte Opportune	hêtre HJ	dur ?	18/02/08	non
3	03-0208	19/02/08	chantier dech	61 Montilly	noisetier dominant	dur fin janvier 08	19/02/08	1 non
4	04-0208	19/02/08	chantier dech	61 Montilly	noisetier dominant	dur déc-07	19/02/08	2 non
5	05-0208	20/02/08	chantier dech	61 Yrandes	hêtre	dur janv-08	20/02/08	1 non
6	06-0208	20/02/08	chantier dech	61 Chanu	noisetier	dur 10/02/08	20/02/08	0,3 non
7	07-0208	20/02/08	chantier dech	61 Chanu	noisetier	dur 10/02/08	20/02/08	0,3 non
8	08-0208	22/02/08	chantier dech	61 Durcet / Le Plessis	charme dominant + 1peu de chataignier	dur fin décembre	22/02/08	2 non
9	09-0208	27/02/08	chantier dech	61 Le Chatellier / la Filochère	noisetier	dur env. 10 février 08	27/02/08	0,5 non
10	10-0208	27/02/08	chantier dech	61 Le Chatellier / la Filochère	noisetier	dur fin décembre	27/02/08	2 non
11	11-0208	27/02/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte divers	février 08	5 jours
12	12-0208	27/02/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte divers	février 08	5 jours
13	13-0208	28/02/08	chantier dech	61 Saint Bomer les Forges	érable sycomore / chataignier / noisetier	dur deb janvier 08	28/02/08	2 non
14	11 (2)-0308	04/03/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte divers	février 08	11 jours
15	14-0308	04/03/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte divers	février 08	11 jours
16	15-0308	04/03/08	chantier dech	50 Canisy	merisier	dur 16 février 08	04/03/08	0,5 non
17	11 (3)-0308	18/03/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte divers	février 08	25 jours
18	14 (2)-0308	18/03/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte divers	février 08	25 jours
19	14 (3)-0408	11/04/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte divers	février 08	49 jours
20	16-0408	11/04/08	chantier dech	50 Montabot	frêne	dur mi-janv 08	11/04/08	3 non
21	17-0408	16/04/08	stock sous hangar	61 Cisai St Aubin	frêne et saule	eau déc-06	février 07	2 14 mois
22	18-0408	16/04/08	chantier déch.	61 Cisai St Aubin	saule dominant, frêne, érable, noisetier	eau déc-06	16/04/08	15 non
23	19-0408	16/04/08	chantier déch.	61 Cisai St Aubin	noisetier dominant	dur févr-08	16/04/08	2,5 non
24	14 (4)-0408	24/04/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte divers	février 08	62 jours
25	11 (4)-0408	24/04/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte divers	février 08	62 jours
26	20-0408	24/04/08	stock sous hangar d'un	61 Champsecret	chataignier, chêne, hêtre, merisier, noisetier	dur 13/03/08	23/04/08	1,5 1 jour
27	21-0408	24/04/08	stock sous hangar de 2	61 Céaucé	chêne dominant, saule, épinés, pommier	dur février 08	22/04/08	2 2 jours
28	22-0408	29/04/08	chantier dech	61 Loré	peuplier, tremble	eau 28/04/08	29/04/08	0 non
29	23-0408	29/04/08	congé après dech	61 Champsecret	aulne	eau févr-08	22/04/08	2 1 jour
30	24-0508	13/05/08	congé 1 jour après déch	61 Perrou	saule 80%, chêne, hêtre	eau mi-février	28/04/08	2,5 1 jour
31	24 (2)-0508	13/05/08	stock sous bâche	61 Perrou	saule 80%, chêne, hêtre	eau mi-février	28/04/08	2,5 14 jours

Tableau 2 : 62 échantillons de plaquettes bocagères pour mesure du taux d'humidité 2/2

	Numéro prélèvement Numéro échantillon	Date prélèvement	Lieu prélèvement	Département Lieu chantier / haie	Essences échantillon	Catégorie d'essence	Date d'abattage	Date de déchiageage	Resuyage (mois)	Stockage
32	26-0508	06/05/08	hangar agricole	61 Carrouges	aulne, noisetier, saule	mixte	hiver 2005-06	hiver 2005-06		2 ans
33	27-0508	16/05/08	stock dehors sous bâche	14 Saint Pierre du Fresne	saule 99%	eau	début mars	06/05/08	2	1 semaine
34	28-0508	17/05/08	hangar agricole	61 Saint Pierre des Loges	aulne, peuplier, chataigner	eau	certain début	07/05/08		1 semaine
35	29-0508	21/05/08	stock case à blé	14 Coulvain	frêne, noisetier	dur	1 semaine	05/05/08	0,3	2 semaines
36	30-0508	21/05/08	hangar agricole	14 Le Val, Jurques	frêne, aulne, noisetier, aubépine, peu de chêne	dur	début janvier	06/05/08	4	2 semaines
37	31-0508	21/05/08	chantier dech manche	14 Livry	éch chêne	dur	févr-07	21/05/08	15	non
38	32-0508	27/05/08	chantier dech	14 Grand Douet	peuplier	eau	fin fev 08	27/05/08	3	non
39	14 (5)-0608	03/06/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte	divers	février 2008		71 jours
40	11 (5)-0608	03/06/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte	divers	février 2008		71 jours
41	33-0608	16/06/08	chantier dech	50 Cambernon	frêne	dur	mi fev 08	16/06/08	4	non
42	34-0608	16/06/08	chantier dech	50 Cambernon	saule	eau	début mars 08	16/06/08	3,5	non
43	14 (6)-0608	25/06/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte	divers	février 2008		93 jours
44	11 (6)-0608	25/06/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte	divers	février 2008		93 jours
45	24 (3)-0608	25/06/08	stock sous bâche	61 Perrou	saule 80%, chêne, hêtre	eau	mi fev 08	28/04/08	2,5	58 jours
46	25-0608	25/06/08	hangar faible hauteur	61 Perrou	saule 80%, chêne, hêtre	eau	mi fev 08	28/04/08	2,5	58 jours
47	35-0608	27/06/08	hangar agricole	61 Saint Hilaire de Briouze	aulne dominant 85% + saule	eau	fin avril / deb mai	26/05/08	1	32 jours
48	36-0608	12/06/08	hangar agricole aéré	61 Saint Sauveur de Carrouges	aulne 90 % + saule tremble bouleau	eau	mi fev 08	12/06/08	4	non
49	36 (2)-0608	27/06/08	hangar agricole aéré	61 Saint Sauveur de Carrouges	aulne 90 % + saule tremble bouleau	eau	mi fev 08	12/06/08	4	15 jours
50	37-0708	02/07/08	silos chaudière M. Radigue	61 Nocé	peuplier	eau	fin fevrier	26/03/08	1	3 mois
51	13 (2)-0808	01/08/08	hangar agricole aéré	61 Saint Bomer les Forges	érable sycomore / chataigner / noisetier	dur	deb janvier 08	28/02/08	1,5	5 mois
52	38-0808 (non)	28/05/08	stock 4/5 jours après dech	61 Saint Bomer les Forges	chataigner - chêne - hêtre	dur	février 08	27/05/08	3	5 jours
53	38 (2)-0808	01/08/08	hangar agricole	61 Saint Bomer les Forges	chataigner - chêne - hêtre	dur	février 08	27/05/08	3	2 mois
54	20 (2)-0808	01/08/08	stock sous hangar d'1 jour	61 Champsecret	chataigner, chêne, hêtre, merisier, noisetier	dur	13/03/08	23/04/08	1,5	3 mois
55	23 (2)-0808	01/08/08	stock	61 Champsecret	aulne	eau	févr-08	22/04/08	2	3 mois
56	39-0808	01/08/08	stock dehors sous bâche	61 Magny le Désert	érable dominant + acacia + merisier	dur	deb février	07/03/08	1	5 mois
57	27 (2)-0808	07/08/08	stock dehors sous bâche	14 Saint Pierre du Fresne	saule 99%	eau	début mars	06/05/08	2	3 mois
58	40-0808	13/08/08	stock sous bache	50 La Lucerne d'outremer	bois dur	dur	janv-08	mars 08	2	5 mois
59	41-0808	13/08/08	stock sous bache	50 Sartilly	mélange	mixte		01/06/08	2	2 mois
60	14 (7)-1208	15/12/08	PF Athis	61 région Athis	divers	mixte	divers	février 2008		9 mois
61	11 (7)-1208	15/12/08	PF Chanu	61 région Chanu	divers	mixte	divers	février 2008		9 mois
62	42-0209	16/02/09	PF Chanu	61 Menil Ciboult	hêtre > 80 % + peuplier 15-20 %	dur	01-15 déc 08	13/02/09	2	3 jours

Pour pouvoir lire les résultats, ce tableau brut est allégé et la présentation des informations est homogénéisée ; en ajoutant les taux d'humidité mesurés à l'étuve, on obtient le [tableau 3](#) situé en page 28.

Lecture des tableaux 2 et 3 :

- Certains tas de plaquettes ont fait l'objet de plusieurs échantillons (identifiés par un chiffre entre parenthèse dans le numéro d'échantillon) afin de suivre l'évolution du séchage. Comme il n'est pas possible de connaître les essences sous plate-forme compte-tenu du mélange effectué entre plusieurs fournisseurs, la mention « mixte » est mise dans catégorie d'essence.
- Dans lieu de prélèvement, « chantier dech » signifie que l'échantillon a été prélevé au moment du chantier de déchiquetage sur la parcelle agricole. Dans ce cas, il n'y a pas de stockage (« non ») et « PF de... » signifie « plate-forme de... ». « Hangar agri » recouvre tous les tas mis à l'abri sur les exploitations agricoles sous des hangars agricoles sachant que les conditions de stockage peuvent varier suivant le type et l'orientation du hangar.

Répartition des échantillons par critère :

EFFET ESSENCE :

- **Catégorie « dur » : 27 échantillons**
- **Catégorie « eau » : 18 échantillons**
- Mélange donc classé en « mixte » : 17 échantillons

EFFET RESSUYAGE :

- **44 échantillons pour le critère ressuyage** dont 26 sur plaquettes vertes (sans ou avec presque pas de stockage).
- Répartition de ces échantillons suivant le temps de ressuyage : 7 échantillons avec moins d'un mois de ressuyage, 7 échantillons de 1 à 1.5 mois ; 19 échantillons de 2 à 2.5 mois, 5 échantillons de 3 à 3.5 mois, 4 échantillons avec 4 mois, et 2 échantillons avec 15 mois de ressuyage.

EFFET STOCKAGE :

- **Plaquettes vertes en sortie de déchiquetage** avec un prélèvement immédiat ou un maximum un jour de stockage (lieux de prélèvement : « chantier dech », « stock sous hangar d'1 jour », « congel après dech » et « PF Chanu 1 jour ») : **24 échantillons** ; ce sont les numéros : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 20, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 37, 38, 41, 42, 54, 62.
- **Plaquettes en cours de séchage et sèches : 38 échantillons**
 - **Sous hangar agricole : 14 échantillons** (n°21, 27, 32, 34, 35, 36, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 55) dont 2 répétitions à deux périodes différentes (48/49 et 52/53) et un échantillon déjà analysé en sortie de déchiquetage (n°55).
 - **Sous plate-forme collective** : 2 lieux de prélèvement à sept ou huit périodes différentes sur un an soit **15 échantillons** (n°1, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 24, 25, 39, 40, 43, 44, 60, 61) et un échantillon de « vérification » (n°12 voir partie suivante).
 - **Dans le silo d'une chaudière** : un échantillon le n°50, juste après livraison

- **Sous bâche : 7 échantillons** (n° 31, 33, 45, 56, 57, 58, 59) dont une répétition à une période différente (n°57 même stock que n°33) et une répétition à deux périodes différentes (n°31 et 45 même stock que n°30).

Tableau 3 : Taux d'humidité sur les 62 échantillons de plaquettes bocagères (page 1/2)

Numéro Echantillon	Lieu prélèvement	Département	Essence (catégorie)	Temps de ressuyage en mois	Temps de stockage en mois	Taux humidité en % (labo)
1	PF Athis	61	dur	0.3	5	33.17
2	chantier dech	61	dur		0	39.41
3	chantier dech	61	dur	1	0	40.93
4	chantier dech	61	dur	2	0	35.00
5	chantier dech	61	dur	1	0	39.82
6	chantier dech	61	dur	0.3	0	47.79
7	chantier dech	61	dur	0.3	0	44.22
8	chantier dech	61	dur	2	0	39.15
9	chantier dech	61	dur	0.5	0	47.40
10	chantier dech	61	dur	2	0	40.14
11	PF Chanu	61	mède		5	41.01
12	PF Chanu	61	mède		5	42.01
13	chantier dech	61	dur	2	0	42.05
14	PF Chanu	61	mède		11	34.16
15	PF Athis	61	mède		11	43.95
16	chantier dech	50	dur	0.5	0	46.11
17	PF Chanu	61	mède		25	41.89
18	PF Athis	61	mède		25	41.19
19	PF Athis	61	mède		49	34.92
20	chantier dech	50	dur	3	0	33.06
21	hangar agri	61	eau	2	420	38.02
22	chantier dech	61	eau	15	0	30.42
23	chantier dech	61	dur	2.5	0	28.98
24	PF Athis	61	mède		62	35.46
25	PF Chanu	61	mède		62	30.32
26	hangar agri stock 1 jour	61	dur	1.5	1	40.26
27	hangar agri stock 2 jours	61	dur	2	2	35.49
28	chantier dech	61	eau	0	0	57.63
29	chantier dech (congel)	61	eau	2	1	40.87
30	stock 1 jour (congel)	61	eau	2.5	1	43.52
31	stock sous bâche	61	eau	2.5	14	31.21
32	hangar agri	61	mède		730	20.34
33	stock sous bâche	14	eau	2	10	39.28

Tableau 3 : Taux d'humidité sur les 62 échantillons de plaquettes bocagères (page 2/2)

Numéro échantillon	Lieu prélèvement	Département	Essence (catégorie)	Temps de ressuyage en mois	Temps de stockage en mois	Taux humidité en % (abo)
34	28-05-08	hangar agri	61 eau		10	32.84
35	28-05-08	hangar agri (case à blé)	14 dur	0.3	16	28.25
36	30-05-08	hangar agri	14 dur	4	15	21.85
37	31-05-08	chantier dech	14 dur	15	0	46.58
38	32-05-08	chantier dech	14 eau	3	0	42.21
39	14 (7)-0608	PF Athis	61 mède		71	35.83
40	11(5)-0608	PF Chanu	61 mède		71	30.37
41	33-05-08	chantier dech	50 dur	4	0	28.87
42	34-05-08	chantier dech	50 eau	3.5	0	32.82
43	14 (7)-0608	PF Athis	61 mède		93	27.50
44	11(5)-0608	PF Chanu	61 mède		93	25.10
45	24 (2)-0608	stock sous bâche	61 eau	2.5	58	23.71
46	25-05-08	hangar agri (faible hauteur)	61 eau	2.5	58	26.57
47	25-05-08	hangar agri	61 eau	1	32	27.66
48	26-05-08	hangar agri (aéré)	61 eau	4	0	34.69
49	26 (2)-0608	hangar agri (aéré)	61 eau	4	15	24.72
50	37-07-08	silo chaudière (Radigue)	61 eau	1	98	23.60
51	13 (2)-0608	hangar agri (aéré)	61 dur	1.5	152	17.81
52	28-08-08	hangar agri	61 dur	3	5	32.73
53	33(2)-0808	hangar agri	61 dur	3	62	25.23
54	20(2)-0808	hangar agri stock 1 jour	61 dur	1.5	97	16.64
55	23 (2)-0808	hangar agri	61 eau	2	98	18.43
56	28-08-08	stock sous bâche	61 dur	1	146	18.86
57	27 (2)-0808	stock sous bâche	14 eau	2	92	21.93
58	40-08-08	stock sous bache	50 dur	2	150	14.73
59	41-08-08	stock sous bache	50 mède	2	72	28.71
60	14 (7)-0708	PF Athis	61 mède		266	19.63
61	1 (7)-0708	PF Chanu	61 mède		266	22.83
62	42-02-08	PF Chanu stock 1 jour	61 dur	2	3	42.75

Synthèse en enlevant les valeurs aberrantes n°1 et n°28

Ecart-type	8.87
Nbval	60.00
Moyenne	33.03
Médiane	33.61
Max	47.79
Min	14.73

II.3. Résultats sur le taux d'humidité

II.3.1. Généralités

Ces résultats ont été exploités en étudiant les critères mis en jeu : essence, ressuyage et mode de stockage. Des calculs de moyenne, de médiane, d'écart type, de maxima et de minima et de corrélation ont été effectués pour tenter de mettre en évidence des relations entre les critères essences, ressuyage, et stockage. A la lecture du [tableau 3](#) de présentation des résultats bruts sur le taux d'humidité, une première analyse peut être réalisée.

a) Échantillonnage

Certaines valeurs sont volontairement non exploitées afin de ne pas biaiser les résultats, ce sont :

- Des valeurs « aberrantes » ou jugées « incohérentes » : en effet, la valeur obtenue à l'étuve est considérée comme sûre mais certaines valeurs peuvent être biaisées par une erreur d'échantillonnage : lors du prélèvement de l'échantillon (par exemple à des endroits trop haut dans le tas en fermentation, ou trop en surface, les plaquettes ayant séché au contact de l'air ambiant), lors du stockage de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée dans l'étude au laboratoire, dans les informations recueillies sur l'échantillon (parfois les dates exactes ne sont pas bien mémorisées, par exemple quand l'abattage date de plusieurs semaines). Ainsi l'**échantillon n°28** de bois d'eau (peuplier et tremble) avec un abattage effectué la veille du déchetage propose une valeur d'humidité de 57,63%. Cette valeur est peu probable. En effet, même avec un ressuyage immédiat, le taux d'humidité pour les autres échantillons sans ressuyage est compris entre 45 et 50%, et le taux d'humidité d'un bois sur coupe est de 50% (site Biomasse Normandie). Or, lors de ce chantier de déchetage, le temps était humide et une pluie fine s'abattait sur les plaquettes situées dans la benne. Les plaquettes ayant été directement prélevées dans la benne puis analysées, il se peut que le biais de l'analyse vienne du temps pluvieux. De même l'**échantillon n°1** avec un taux d'humidité de 33.1 % au bout de 5 jours de stockage et pas de ressuyage est mis de côté cette fois-ci en raison d'une valeur qui semble trop basse. Attention à ne pas éliminer trop vite un échantillon : auparavant il faut analyser les résultats en combinant différents critères.
- Des valeurs utilisées pour « contrôle » ou « vérification » : l'**échantillon n°12** a été pris dans les mêmes conditions que l'échantillon n°11 c'est-à-dire même endroit, même jour, même méthode de prélèvement à différents endroits du tas mais les deux prélèvements n'ont pas été mélangés de manière à pouvoir comparer les résultats pour vérifier la fiabilité de la méthode d'échantillonnage et de mesure à l'étuve en laboratoire. Bilan : 1 point d'écart d'humidité entre les deux échantillons : 42.01 % et 41.01 % soit une différence de 2% ce qui est très faible. **La méthode d'échantillonnage combinée à la mesure à l'étuve semble satisfaisante.**
- Des valeurs « incomplètes » : seul un paramètre sur un seul échantillon n'a pu être récolté. Il s'agit du temps de ressuyage pour l'échantillon n°2.

Certains échantillons ont été prélevés et les analyses du taux d'humidité n'ont pas pu être faites immédiatement. Dans ce cas, le sac contenant l'échantillon a été

hermétiquement fermé et il a été placé au congélateur. L'échantillon n°29 a ainsi été conservé au congélateur pendant une semaine, le n°30 pendant deux semaines et le n°52 pendant deux mois. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de différences dans l'analyse du taux d'humidité avec des échantillons similaires envoyés directement au laboratoire. Cette méthode permet de bloquer la fermentation et donc de conserver le taux d'humidité de l'échantillon tel qu'il était au moment du prélèvement. Pour une utilisation rapide de l'échantillon, une simple conservation au réfrigérateur suffit durant un ou deux jours. Il est préférable de mettre l'échantillon au congélateur dès le troisième jour.

Par ailleurs, pour une utilisation scientifique » des résultats, il faudrait vérifier – notamment à l'aide d'outils statistiques – que le nombre de données pour chaque critère analysé est suffisant et donc que le nombre d'échantillon en présence permet d'avoir des résultats significatifs. Ceci pourrait faire l'objet d'une étude complémentaire.

- ⇒ **Sur 62 échantillons prélevés, 59 vont servir à l'analyse des résultats dans les parties suivantes** (3 mesures non analysées car : deux valeurs aberrantes et une répétition pour contrôle).
- ⇒ **Il est possible de conserver les échantillons au congélateur dans un contenant fermé** si les analyses ne peuvent pas être réalisées immédiatement.
- ⇒ **La combinaison des méthodes d'échantillonnage et d'analyse semble fiable d'après l'échantillon de « contrôle ».** Il est conseillé que ce soit la même personne qui assure les prélèvements des échantillons et l'analyse des résultats, car elle est au courant de tous les biais possibles de manipulation. Enfin, il faut faire une analyse statistique des données.

b) Analyse des données

Sur les 59 mesures du taux d'humidité réalisées à l'étuve, en enlevant les valeurs aberrantes du n°1 et n°28, les taux d'humidité s'étalent entre 14,7 % et 47,8 %.

Minimum : 14,7% sur plaquettes bocagères (échantillon n°58) issues de bois « durs » après 2 mois de ressuyage et 5 mois de stockage sous bâche (prélèvement en août). Attention : le fait d'avoir effectué le prélèvement l'été peut influencer sur le résultat : à chaque fois, ce sont les plaquettes situées plutôt vers la surface qui sont prélevées donc, en période de chaleur, une sorte d'effet « serre » peut davantage sécher les plaquettes sous bâche. Il faudrait pouvoir prélever le cœur du tas pour savoir si le taux d'humidité est identique à l'intérieur du tas. Les moyens disponibles pour l'étude n'ont pas permis de prélever des échantillons au cœur des tas de plaquettes en stock.

Maximum : 47,8% sur plaquettes bocagères (échantillon 6) issues de bois « durs » presque sans ressuyage (10 jours) et sans stockage car prélevées directement sur le chantier de déchetage en février.

Les résultats sont analysés d'abord critère par critère puis suivant en opérant des corrélations entre critère. En effet, les valeurs obtenues s'expliquent le plus souvent en combinant deux ou trois paramètres.

Dans les parties suivantes, analyse des critères dans l'ordre suivant :

- **essence** (24 échantillons)
- **ressuyage** (24 échantillons)
- **corrélation entre essence + ressuyage** (21 échantillons)
- **stockage** (36 échantillons)
- **corrélation stockage + ressuyage + essence** (27 échantillons)

II.3.2. Plaquettes vertes et critère essence

a) Caractérisation des plaquettes vertes

24 échantillons permettent de connaître les plaquettes vertes en sortie de déchetage (n°1 et n°28 - comme expliqué plus haut - exclus des analyses) : voir [tableau 4](#) ci-dessous.

Tableau 4 : Plaquettes bocagères « vertes » en sortie de déchetage classées suivant leur taux d'humidité

N°	Catégorie d'essence	Ressuyage (en mois)	Taux d'humidité en % (étuve)
41	dur	4	28.87
23	dur	2.5	28.98
22	eau	15	30.42
42	eau	3.5	32.82
20	dur	3	33.06
48	eau	4	34.69
4	dur	2	35.00
27	dur	2	35.49
8	dur	2	39.15
2	dur		39.41
5	dur	1	39.82
10	dur	2	40.14
26	dur	1.5	40.26
29	eau	2	40.87
3	dur	1	40.93
13	dur	2	42.05
38	eau	3	42.21
62	dur	2	42.75
30	eau	2.5	43.52
7	dur	0.3	44.22
16	dur	0.5	46.11
37	dur	15	46.58
9	dur	0.5	47.40
6	dur	0.3	47.79

Nombre de valeurs	24
Ecart-type	5.69
Min	28.87
Max	47.79
Moyenne	39.27
Médiane	40.20

Les plaquettes vertes en sortie de déchetage ont un taux d'humidité compris entre 29 % et 48 %; les valeurs se répartissent de façon homogène entre ces deux valeurs puisque la médiane est de 40 % et la moyenne est de 39 %. Cet écart s'explique certainement par l'effet ressuyage (voir partie suivante).

Tableau 5 : Taux d'humidité des plaquettes vertes en sortie de déchetage sans ressuyage

N°	Catégorie d'essence	Ressuyage (en mois)	Taux d'humidité en % (étuve)
7	dur	0,3	44,22
16	dur	0,5	46,11
9	dur	0,5	47,40
6	dur	0,3	47,79
Nombre de valeurs			4
Ecart-type			1,61
Moyenne			46,38
Médiane			46,76

0.3 mois de ressuyage signifie 10 jours et 0.5 mois signifie 15 jours.

Si on considère des plaquettes de bois « dur » n'ayant pas ressuyé ([tableau 5](#)), ou peu, donc **déchetées moins d'un mois après l'abattage du bois, le taux d'humidité de ces plaquettes vertes est de 46.5 % en moyenne** (de 44,2 à 47.8 % sur 4 échantillons de bois « dur »).

b) Résultats suivant la catégorie d'essence

Les essences de bois issu des haies (ce sont des feuillus) sont répartis dans l'étude dans deux catégories :

- ✓ **Classés « eau »** des bois considérés comme sensibles à l'eau : peuplier, aulne, saule, tremble. Ils sont souvent implantés en bord de rivière.
- ✓ **Classés « dur »** : toutes les autres essences (noisetier, châtaignier, frêne, érable, hêtre, chêne, charme, merisier).

Lorsque les haies sont composées de plusieurs essences, l'essence dominante a été considérée. Souvent en bord de cours d'eau, une seule essence est implantée ou très majoritaire (essences classées « eau »).

L'hypothèse de départ est que les bois « d'eau » sont plus humides que les bois « dur ».

Voir [tableau 6](#) ci-dessous. On retrouve les 24 échantillons classés cette fois en fonction de leur catégorie d'essence. Malheureusement, il n'y a pas autant de valeurs pour chaque catégorie : 18 échantillons bois « dur » et 6 échantillons bois « d'eau ». En effet, la plupart des chantiers de déchetage sont réalisés sur du bois de haies typiques de la région, situées en pourtour de parcelle, donc des haies en grande majorité composée de bois « durs ».

Tableau 6 : Plaquettes bocagères « vertes » en sortie de déchetage classées suivant leur catégorie d'essence puis par le temps de ressuyage

N°	Catégorie d'essence	Ressuyage (en mois)	Taux d'humidité en % (étuve)
7	dur	0.3	44.22
6	dur	0.3	47.79
16	dur	0.5	46.11
9	dur	0.5	47.40
5	dur	1	39.82
3	dur	1	40.93
26	dur	1.5	40.26
2	dur		39.41
4	dur	2	35.00
27	dur	2	35.49
8	dur	2	39.15
10	dur	2	40.14
13	dur	2	42.05
62	dur	2	42.75
23	dur	2.5	28.98
20	dur	3	33.06
41	dur	4	28.87
37	dur	15	46.58
29	eau	2	40.87
30	eau	2.5	43.52
38	eau	3	42.21
42	eau	3.5	32.82
48	eau	4	34.69
22	eau	15	30.42

Total échantillons= 24	"Dur"	"Eau"
Nombre de valeurs	18	6
Ecart-type	5.69	5.47
Min	28.87	30.42
Max	47.79	43.52
Moyenne	39.27	37.42
Médiane	40.20	37.78

De prime abord, les plaquettes de bois « d'eau » semblent moins humides que celle en bois « dur » (37.4% contre 39.2%) ce qui contredit l'hypothèse de départ.

Mais en regardant plus attentivement, on remarque que les échantillons présentent des temps de ressuyage différents, **il est donc impossible de comparer les échantillons sur le critère essence sans combiner l'analyse avec le critère ressuyage**. Cela a été fait en partie suivante, la partie III.3.4.

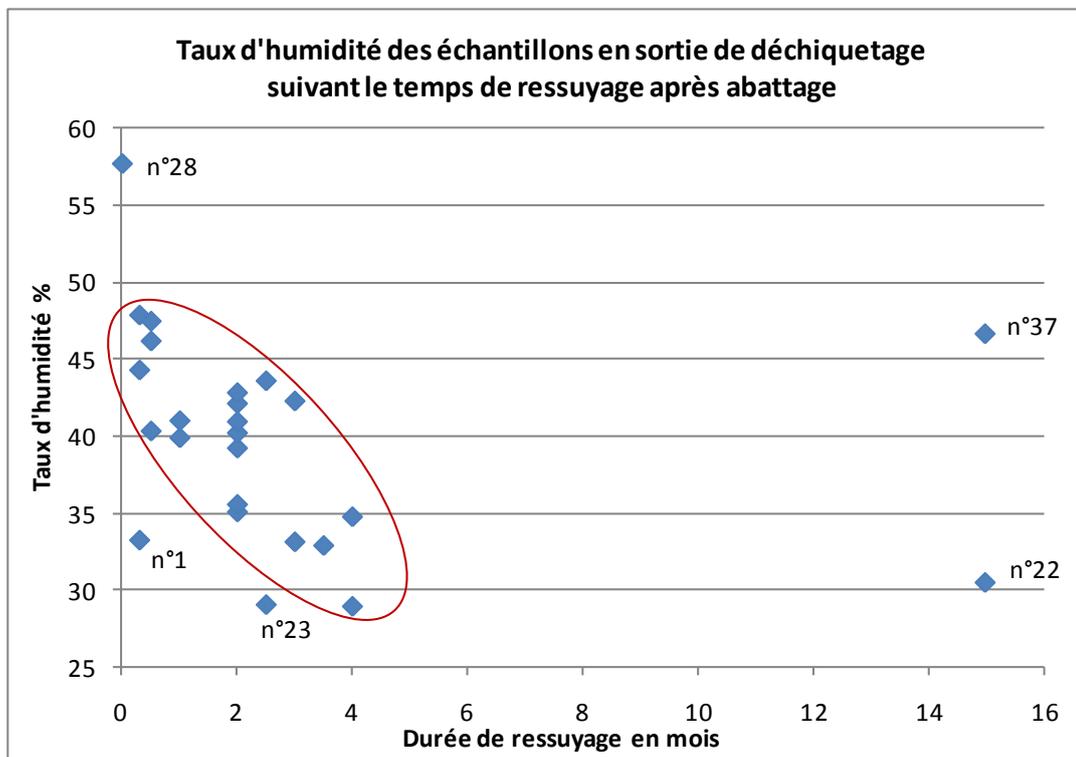
II.3.3. Critère ressuyage

a) Présentation des résultats

Le ressuyage se définit par l'évacuation de l'eau contenue dans le bois abattu et pas encore décheté – donc sous forme de branches entières. Le temps de ressuyage est qualifié par la durée entre la date d'abattage et la date de déchetage. Ce critère impacte sur le taux d'humidité des plaquettes vertes après déchetage.

Pour ce critère, la difficulté majeure est de recueillir la date d'abattage. La plupart du temps, les producteurs ne l'ont pas notée et ils ont souvent du mal à donner une date exacte compte-tenu du temps écoulé depuis, même s'ils se souviennent de la période (le mois et le moment : début, moitié ou fin du mois). Nous avons appelé les producteurs inscrits sur le planning de déchetage, donc juste avant le déchetage, et généralement l'abattage avait eu lieu plusieurs semaines voir plusieurs mois avant. Par contre la date du déchetage est précisément connue, au jour près. **On peut donc estimer que le temps de ressuyage calculé est donc exact à 10 ou 15 jours près.**

Figure 9 : Graphique de répartition des échantillons de plaquettes vertes avec ressuyage



Sur 24 échantillons de plaquettes vertes prélevées en sortie de déchiquetage (cf. [tableau 6](#) page précédente), le temps de ressuyage n'est pas connu pour un échantillon, le n°2, il y a donc 23 échantillons analysés sur ce critère mais réellement 21 exploitables. Le n°28 et le n°1 déjà mis de côté dans la partie précédente en raison de son leur taux d'humidité sont représentés sur le graphique pour information.

Ce graphique ([figure 9](#)) permet de voir que la plupart des valeurs sont regroupées dans un nuage de points (entouré d'un cercle rouge) que nous allons étudier de plus près.

Voyons d'abord les trois valeurs qui ne sont pas dans le nuage de points :

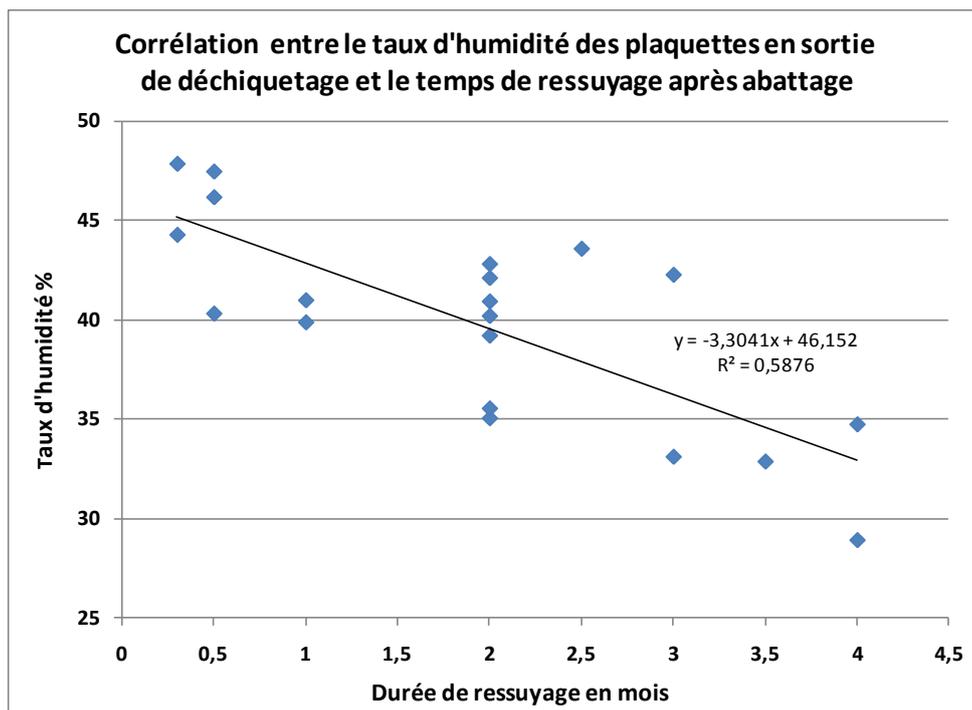
- **Ressuyage long de plus d'un an** : les deux valeurs sur la droite sont des échantillons ayant un temps de ressuyage important de 15 mois. Par contre, on trouve un écart de 16 points entre les deux difficilement interprétable. Le taux d'humidité obtenu pour l'échantillon n°22 semble logique : 30,4 % d'humidité pour des branches issues d'un taillis où le saule est dominant. Il faudrait un échantillon de même catégorie d'essence (eau) et sans ressuyage pour comparer, ce que nous n'avons pas ici. Si on reprend la moyenne des plaquettes sans ressuyage (page 28) de 46.5 %, **on peut supposer qu'un temps de ressuyage de 15 mois permet de faire baisse le taux d'humidité de 16 points soit une baisse d'un tiers du taux d'humidité** par rapport à des plaquettes produites sans ressuyage du bois. Par contre, l'échantillon n°37 de bois « dur » (chêne) ayant encore 46.6 % d'humidité au bout de 15 mois semble peu crédible ; la valeur paraît aberrante. L'échantillon n°22 est donc gardé et le n°37 est mis de côté.
- **Petites branches ?** Le n°23 a un taux d'humidité de 29 % : cette valeur paraît basse pour du bois dur (noisetier majoritaire) ayant ressuyé 2.5 mois. Le bois déchiqueté était des branches de têtards où toutes les grosses sections ont été enlevées pour faire des bûches. Il ne restait donc que le bout de branches de petit diamètre (moins de 10 cm). **On peut supposer que les branches de petit diamètre ont séché plus vite sur le champ lors du ressuyage que des tiges entières.** Il faudrait vérifier cette supposition en faisant d'autres mesures sur des bois de faible diamètre. Pour l'instant, cette valeur est mise de côté.

b) Analyse des résultats

On garde donc 21 échantillons en enlevant les deux valeurs mises de côté (n°23, n°37). En se concentrant sur la partie avec les plus d'échantillons autrement dit les 4 premiers mois de ressuyage, on obtient le graphique page suivante ([figure 10](#)) avec 20 échantillons.

Il ne semble pas y avoir de corrélation linéaire entre le temps de ressuyage sur parcelle des branches et le taux d'humidité ($R^2=0.59$).

Figure 10 : Graphique représentant le lien entre plaquettes vertes et ressuyage



Pour aller plus loin, le taux d'humidité est analysé en regroupant les 20 échantillons par classes de ressuyage. Deux échantillons sont ajoutés : l'échantillon n°33 en classe 3 et l'échantillon n°52 en classe 4. Ceux-ci ont été stockés moins de 10 jours et leur taux d'humidité a peu varié : elle correspond bien aux valeurs trouvées dans leur classe. Cela permet de faire des classes avec davantage d'échantillons donc de conforter l'analyse réalisée. On a donc 22 échantillons au total.

Tableau 7: Bornes et moyennes de suivi de l'évolution de l'humidité en fonction du ressuyage

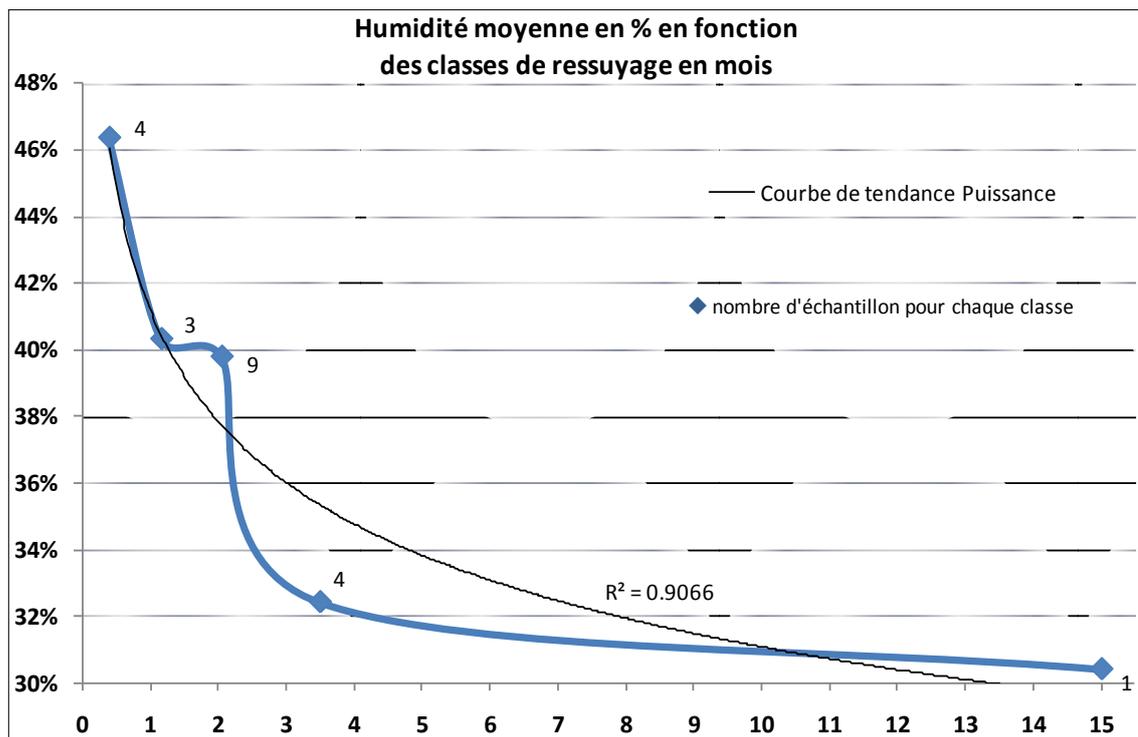
Classe	1	2	3	4	5
Nb d'échantillons (22 au total)	4	3	9	5	1
Ressuyage en mois	[0 à 0,5]	[1 à 1,5]	[2 à 2,5]	[3 à 4]	15
Moyenne taux d'humidité	46.4%	40.3%	39.8%	32.4%	30.4%
Bornes taux humidité en % (max-min)	]48;44]	]41;39]	]44;35]	]35;28]	30
Ecart-type	1.61	0.56	2.98	2.15	—

Avec les classes de temps de ressuyage, on trouve une corrélation entre une bonne corrélation entre les classes de temps de ressuyage sur parcelle des branches et le taux d'humidité moyen pour chaque classe ($R^2=0.9$).

Les résultats montrent une diminution de l'humidité proportionnelle au temps de ressuyage surtout les 4 premiers mois.

Pour un ressuyage immédiat, les plaquettes se situent entre 44 et 48 % avec une moyenne de 46.4 % et, au bout de 1 à 2.5 mois de ressuyage, elles sont autour de 40 % d'humidité pour atteindre 32.4 % au bout de 3 à 4 mois de ressuyage, puis 30,4 % au bout d'un an ([tableau 7](#)). Le taux d'humidité du bois entier sur parcelle semble très peu évoluer après 4 mois de ressuyage ([figure 11](#)).

Figure 11 : Représentation graphique de la moyenne d'humidité des plaquettes en fonction du temps de ressuyage du bois en mois.



Un échantillon uniquement a pu être prélevé avec un temps de ressuyage supérieur à 4 mois : il s'agit du n°22 avec 15 mois de ressuyage en bois d'eau (saule dominant) coupé en décembre 2006 et décheté en avril 2008. Son taux d'humidité sur le chantier de déchetage est de 30.4 % ce qui paraît assez élevé compte-tenu du temps passé sur le champ avant déchetage. On peut supposer qu'au bout de quelques mois de ressuyage, la teneur en eau dans les branches entières n'évolue plus. Par ailleurs, des agriculteurs producteurs de plaquettes ont observé qu'un bois ayant trop longtemps ressuyé sur le champ va moins bien sécher lors du stockage après déchetage. On peut supposer que le bois ne contient plus assez d'eau pour pouvoir démarrer une fermentation suffisamment active pour un séchage efficace des plaquettes.

c) Conclusion

Le critère ressuyage peut donc être utilisé pour produire des plaquettes « vertes » ayant déjà perdu de l'eau durant leur stockage en branches entières sur le champ de façon à s'approcher du taux d'humidité des plaquettes dites « sèches » (25%).

Au bout de 3 à 4 mois de ressuyage, le taux d'humidité des plaquettes a fortement baissé pour atteindre souvent un écart de plus de 10 points d'humidité avec des plaquettes ayant été déchetées quelques jours après l'abattage (de 46 à 32 %).

Au-delà de 4 mois, le taux d'humidité évolue peu malgré un temps de ressuyage important. Cette affirmation est à vérifier car seul un échantillon a été pris avec plus de 4 mois de ressuyage (15 mois).

On peut conclure qu'un temps de ressuyage des branches avant déchetage est bénéfique pour obtenir des plaquettes moins humides et s'interroger sur l'intérêt d'un temps de ressuyage trop long (au-delà de 4 mois).

Mais cela ne présage en rien la capacité des plaquettes à sécher jusqu'à être vraiment sèches c'est-à-dire autour de 25 % d'humidité. Il faut connaître la vitesse de séchage avec et sans ressuyage et, pour cela, croiser ces résultats avec le critère stockage, ce qui est fait dans la partie II.3.6.

Dans cette étude la date d'abattage en elle-même n'a pas été analysée. On peut supposer que le bois a une teneur en eau plus élevée quand la sève circule davantage donc du bois abattu au printemps serait plus humide que du bois abattu en pleine hiver (en période hors sève). Rappelons quand même qu'il faut du bois sans feuilles pour faire des plaquettes de qualité. Cette hypothèse est à vérifier. Dans le référentiel Ademe de 2008, on lit « l'humidité des plaquettes varie suivant [...] la période d'exploitation car la période végétative entraîne une augmentation d'humidité liée à la circulation de sève ».

II.3.4. Corrélation de deux critères : essence et ressuyage

Rappelons que l'hypothèse de départ était que les bois « d'eau » sont plus humides que les bois « dur » ce qui est contrecarré par les moyennes obtenues pour chaque catégorie en partie III.3.2. On reprend les 22 échantillons considérés dans la partie précédente (III.3.3.b) pour les classer suivant le temps de ressuyage par catégorie d'essence (16 échantillons en bois durs et 6 en bois d'eau) : voir [tableau 8](#) ci-dessous.

Une première limite est l'échantillonnage en présence surtout pour les bois d'eau. Seul l'échantillon n°28 est en catégorie bois d'eau sans ressuyage et sa valeur est jugée aberrante : 57.6 % d'humidité. On ne peut donc faire d'analyse en considérant ce seul échantillon et il n'a pas été mis dans le tableau. Il faudrait récolter des échantillons de bois « d'eau » sans ressuyage et avec un ressuyage inférieur à deux mois pour compléter l'échantillonnage en présence (à envisager dans une étude complémentaire ?) et compléter le [tableau 8](#).

Tableau 8 : Bornes et moyennes de suivi de l'évolution de l'humidité en fonction du ressuyage et de la catégorie d'essence

Classe	1	2	3	4	5	6	7	8
Ressuyage en mois	0.3	0.5	1	2	2.5	3	3.5	4
BOIS DURS :								
Nb d'échantillons (total:16)	2	3	2	6	0	2	0	1
Moyenne taux humidité %	46.0	44.6	40.4	39.1	—	32.9	—	28.9
Bornes taux humidité %	[48;44]	[48;40]	[41;39]	[43;35]	—	[32;34]	—	—
<i>Ecart-type</i>	2.52	3.80	0.78	3.25	—	0.23	—	—
BOIS d'EAU :								
Nb d'échantillons (total:6)	0	0	0	2	1	1	1	1
Moyenne taux humidité %	—	—	—	40.9	43.5	42.2	32.8	34.7
Bornes taux humidité %	—	—	—	[39;41]	—	—	—	—
<i>Ecart-type</i>	—	—	—	1.12	—	—	—	—

En analysant ce tableau, on peut revenir sur l'hypothèse de départ et mieux comprendre ce qui se cachait derrière les moyennes de taux d'humidité en fonction de chaque catégorie. Les mesures prises en bois durs sont en majorité sur des échantillons avec peu de ressuyage tandis que les mesures en bois d'eau ont des temps de ressuyage plus importants. Les moyennes sont donc trompeuses.

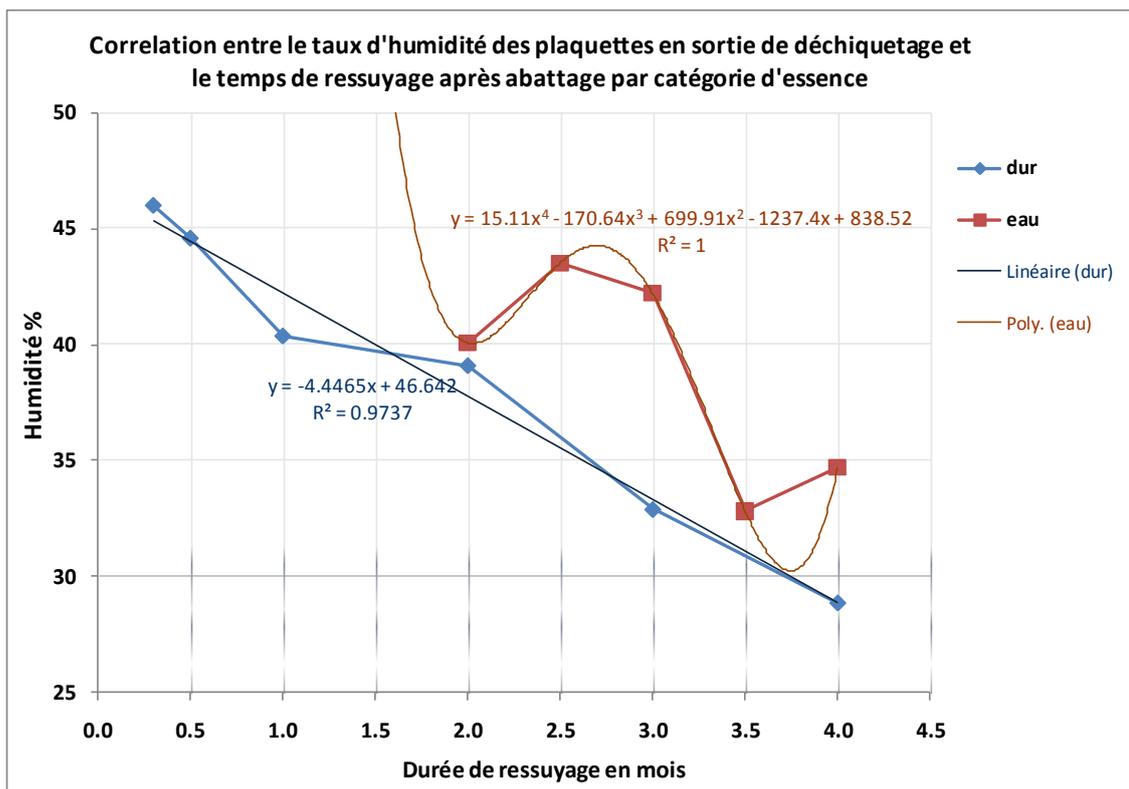
Ce tableau montre que les bois d'eau ont un taux d'humidité plus important que les bois durs pour un même temps de ressuyage des branchages sur le champ.

Par exemple, à 2 mois de ressuyage, le taux d'humidité moyen sur 6 échantillons en bois durs est de 39.1 % tandis qu'en bois d'eau le taux d'humidité moyen sur 2 échantillons est de 40.9 %. L'écart est seulement de 4%. A trois mois de ressuyage l'écart se creuse, le taux d'humidité moyen est de 32.9 % en bois durs et 42.2 % en bois d'eau, l'écart est de 22 % mais avec respectivement 2 et 1 mesures, il faut prendre ces valeurs avec prudence. D'autant plus que le taux d'humidité en bois d'eau avec 2.5 et 3 mois de ressuyage est plus important que les deux premières mesures prises à 2 mois de ressuyage ce qui ne semble pas logique : est-ce un biais lié à l'échantillonnage ? Au bout de quatre mois de ressuyage, les bois d'eau semblent aussi plus humides que les bois durs si on considère un seul exemple : 34.7 % d'humidité pour l'échantillon n°41 de frêne contre 28.9 % pour l'échantillon n°48 d'aulne (dans cet exemple écart de 17 %).

On voit aussi que le taux d'humidité des bois durs évolue à la baisse pour chaque classe en fonction du temps de ressuyage alors que les mesures obtenues pour les bois d'eau sont plus hétérogènes. Le graphique page suivante (*figure 12*) illustre le taux d'humidité moyen par classe et par catégorie d'essence. Il y a bien une corrélation entre le taux d'humidité par catégorie d'essence et le temps de ressuyage. La corrélation est linéaire pour les bois durs et elle serait polynomiale pour les bois d'eau.

Ces résultats sont fortement discutables compte-tenu du faible nombre de mesures. Cependant, ils permettent d'étayer certaines hypothèses qui sont à confirmer grâce à des mesures supplémentaires. **Il faudrait plus d'échantillons pour chaque classe de temps de ressuyage**, car mis à part les bois durs ressuyés 2 mois avec 6 échantillons, les autres classes ont aucune, une ou deux mesures ce qui est insuffisant pour tirer des conclusions.

Figure 12 : Représentation graphique de la moyenne d'humidité des plaquettes en fonction du temps de ressuyage en mois et de la catégorie d'essence.



En conclusion, compte-tenu du faible nombre de mesures, on peut émettre seulement des hypothèses :

- **Le taux d'humidité des bois d'eau est plus élevé que les bois durs surtout lorsque le temps de ressuyage sur le champ dépasse deux mois.**
- **L'eau contenue dans les branches de bois durs semble s'évacuer plus vite que dans le bois d'eau** (26 % de perte d'eau en deux mois pour les bois durs contre 15 % pour les bois d'eau, entre deux et quatre mois de ressuyage).

II.3.5. Critère stockage (1) : la durée de stockage

Après déchiquetage, le bois est stocké jusqu'à son utilisation en chaudière de petite puissance pour permettre son séchage. Des mesures ont été faites depuis le stockage immédiat après déchiquetage jusqu'à un stockage de plaquettes de plus d'un an et sur différents types de stockage. Ces mesures permettent de suivre l'évolution du taux d'humidité des plaquettes en fonction de la durée de stockage et de connaître le taux d'humidité des plaquettes en fonction du type de stockage.

a) Présentation des résultats

Compte-tenu des résultats obtenus dans les parties précédentes, les échantillons pris en compte pour mesurer le critère stockage sont uniquement les échantillons avec un temps de ressuyage inférieur ou égal à 2 mois afin de ne pas biaiser l'analyse avec le critère ressuyage. Sur les 59 échantillons étudiés, 16 sont mis de côté pour l'analyse du stockage en raison d'un temps de ressuyage supérieur à 2 mois. On obtient le [tableau 9](#) en page suivante (p. 42) avec 43 échantillons.

b) Analyse des résultats

Pour pouvoir analyser les résultats sur le critère stockage, il est procédé à un regroupement de ces échantillons en classes de durée de stockage.

Trois mesures prises sous plate-forme sont mises de côté en raison des valeurs obtenues qui sont supérieures aux autres (on peut supposer que cela est dû au volume plus important de plaquettes stockées sous plate-forme, voir partie II.3.6.a), ce sont les n°15 (plate-forme d'Athis à 11 jours de stockage), n° 18 (plate-forme d'Athis à 25 jours de stockage) et n°17 (plate-forme de Chanu à 25 jours de stockage).

Et quatre mesures ne sont pas prises en compte car elles sont seules dans leur classe de durée de stockage ce qui est insuffisant pour en tirer un résultat : n°47 à 32 jours de stockage, n°19 à 49 jours, n°21 à 420 jours, n° 32 à 730 jours

Il reste donc 36 échantillons regroupés dans le [tableau 9](#) et représentés sous forme de graphique dans la [figure 13](#), en page 43.

**Tableau 9 : Plaquettes bocagères classées suivant le temps de stockage
après déchiquetage puis par le taux d'humidité**

N°	Lieu de prélèvement	Essence (catégorie)	Ressuyage (en mois)	Temps de stockage (en jours)	Temps de stockage (en mois)	Taux d'humidité en % (étuve)
4	chantier dech	<i>dur</i>	2	0	0	35.00
8	chantier dech	<i>dur</i>	2	0	0	39.15
2	chantier dech	<i>dur</i>		0	0	39.41
5	chantier dech	<i>dur</i>	1	0	0	39.82
10	chantier dech	<i>dur</i>	2	0	0	40.14
3	chantier dech	<i>dur</i>	1	0	0	40.93
13	chantier dech	<i>dur</i>	2	0	0	42.05
7	chantier dech	<i>dur</i>	0.3	0	0	44.22
16	chantier dech	<i>dur</i>	0.5	0	0	46.11
9	chantier dech	<i>dur</i>	0.5	0	0	47.40
6	chantier dech	<i>dur</i>	0.3	0	0	47.79
26	hangar agri stock 1 jour	<i>dur</i>	1.5	1	0	40.26
29	chantier dech (congel)	<i>eau</i>	2	1	0	40.87
27	hangar agri stock 2 jours	<i>dur</i>	2	2	0.1	35.49
62	PF Chanu stock 1 jour	<i>dur</i>	2	3	0.1	42.75
11	PF Chanu	<i>mixte</i>		5	0.2	41.01
34	hangar agri	<i>eau</i>		10	0.3	32.84
33	stock sous bâche	<i>eau</i>	2	10	0.3	39.28
14	PF Chanu	<i>mixte</i>		11	0.4	34.16
15	PF Athis	<i>mixte</i>		11	0.4	43.95
35	hangar agri (case à blé)	<i>dur</i>	0.3	16	0.5	28.25
18	PF Athis	<i>mixte</i>		25	0.8	41.19
17	PF Chanu	<i>mixte</i>		25	0.8	41.89
47	hangar agri	<i>eau</i>	1	32	1.1	27.66
19	PF Athis	<i>mixte</i>		49	1.6	34.92
25	PF Chanu	<i>mixte</i>		62	2.1	30.32
24	PF Athis	<i>mixte</i>		62	2.1	35.46
40	PF Chanu	<i>mixte</i>		71	2.4	30.37
39	PF Athis	<i>mixte</i>		71	2.4	35.83
59	stock sous bache	<i>mixte</i>	2	72	2.4	28.71
57	stock sous bâche	<i>eau</i>	2	92	3.1	21.93
44	PF Chanu	<i>mixte</i>		93	3.1	25.10
43	PF Athis	<i>mixte</i>		93	3.1	27.50
54	hangar agri stock 1 jour	<i>dur</i>	1.5	97	3.2	16.64
55	hangar agri	<i>eau</i>	2	98	3.3	18.43
50	silo chaudière	<i>eau</i>	1	98	3.3	23.60
56	stock sous bâche	<i>dur</i>	1	146	4.9	18.86
58	stock sous bache	<i>dur</i>	2	150	5	14.73
51	hangar agri (aéré)	<i>dur</i>	1.5	152	5.1	17.81
60	PF Athis	<i>mixte</i>		266	8.9	19.63
61	PF Chanu	<i>mixte</i>		266	8.9	22.83
21	hangar agri	<i>eau</i>	2	420	14	38.02
32	hangar agri	<i>mixte</i>		730	24.3	20.34
				Nombre de valeurs		43
				<i>Ecart-type</i>		9.45
				Min		14.73
				Max		47.79
				Moyenne		33.32
				Médiane		35.46

Tableau 10 : Bornes et moyennes de suivi de l'évolution de l'humidité en fonction de la durée de stockage

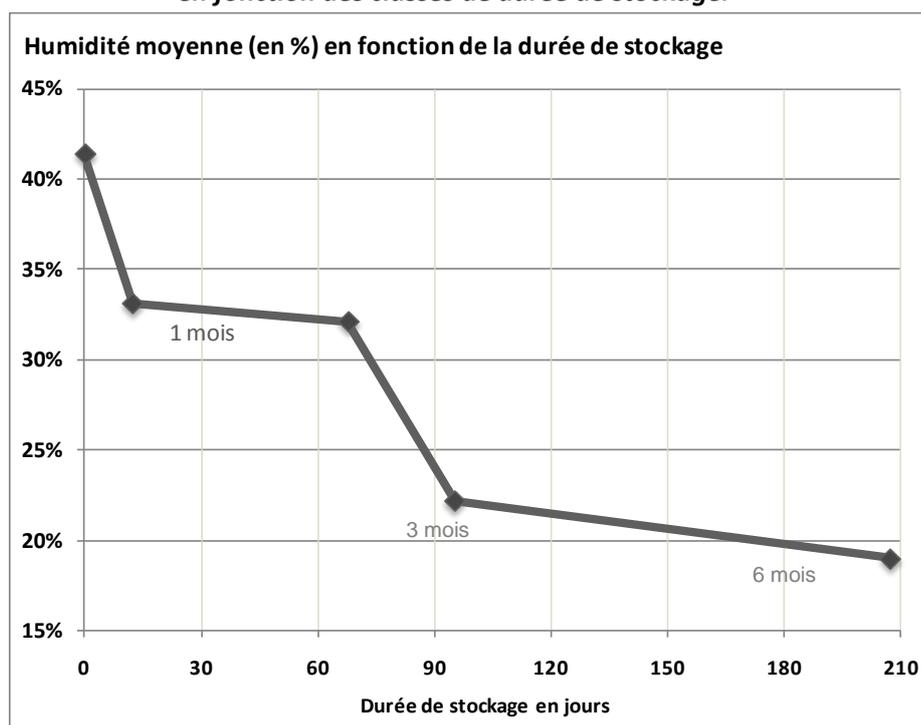
Classe	1	2	3	4	5
Nombre d'échantillons	16	5	5	6	4
Durée stockage	0-1 jours	10-16 jours	2 à 2,5 mois	3 à 3,5 mois	5 à 9 mois
Moyenne taux d'humidité	41.4%	33.1%	32.1%	22.2%	19.0%
Bornes taux humidité % (max-min)	[48;35]	[40;28]	[36;28]	[28;16]	[23;14]
Ecart-type	0.04	4.08	3.27	4.09	3.33

Commentaire :

- Au moment de la mise en stock immédiatement après déchetage (classe 1) : le taux d'humidité des plaquettes se situe autour de 41.5 % (de 35 à 48 %). Cette valeur semble représentative (16 échantillons et un écart-type faible). Les autres classes présentent des écarts-types élevés malgré un plus faible effectif donc les résultats sont à prendre à prudence.
- Stockage de 10 jours à 2 semaines (classe 2) : le taux d'humidité des plaquettes se situe autour de 33% avec des différences importantes d'un échantillon à un autre, de 28 % minimum à 40%. Il ne semble évoluer pas ensuite jusqu'à 2.5 mois (32 % de moyenne avec une fourchette de 28 à 36 % pour la classe 3).
- Stockage de 3 à 3.5 mois (classe 4) : le taux d'humidité des plaquettes se situe autour de 22 % avec une fourchette de 16 à 28 %. Les plaquettes peuvent alors être utilisées dans les chaudières de petites puissances.
- Stockage de plus de 5 mois (classe 5) : le taux d'humidité moyen est de 19 %.

On voit que les plaquettes bocagères perdent en moyenne près de la moitié de leur teneur en eau en 3 mois (baisse du taux d'humidité de 46.5%) en passant de 41.5 % d'humidité à 22 %. Cependant, **la vitesse de séchage n'est pas régulière** (cf. figure 13 ci-dessous).

Figure 13 : Représentation graphique du taux d'humidité moyen des plaquettes en fonction des classes de durée de stockage.



Le taux d'humidité baisse très vite en début de stockage, surtout les 15 premiers jours où le taux d'humidité baisse de 20% (perte de 8 points d'humidité en moyenne).

Puis on observe un palier jusqu'à 2 à 2.5 mois de stockage, où le taux d'humidité baisse peu. Le taux d'humidité ne semble pas évoluer (ou très peu) durant 1.5 à 2 mois.

Ensuite la baisse du taux d'humidité reprend à une vitesse plus élevée : entre 2-2.5 mois et 3-3.5 mois, les plaquettes perdent en moyenne 10 points d'humidité, soit près d'un tiers (30%) de leur taux d'humidité perdu en un mois seulement.

Après 3 à 3.5 mois, le taux d'humidité des plaquettes en stock continue de baisser mais à un rythme beaucoup plus lent (près d'un point de taux d'humidité perdu par mois en moyenne).

c) Proposition

Pour remédier au nombre d'échantillon limité sur cette étude, il faudrait faire plusieurs analyses du taux d'humidité durant le stockage (à une fréquence définie durant toute la durée de stockage) afin d'affiner et de valider cette courbe d'évolution (*figure 13*).

Dans un premier temps, il pourrait être intéressant de faire des analyses durant les deux premières semaines de stockage des plaquettes afin de savoir précisément comment le taux d'humidité baisse au démarrage du séchage.

d) Conclusion sur la vitesse de séchage des plaquettes

Le taux d'humidité baisse très vite durant les deux premières semaines de stockage car à ce moment là commence la fermentation aérobie ce qui provoque une forte élévation de la température à l'intérieur du tas de plaquettes (> 60°C) et permet aux plaquettes de sécher : le taux d'humidité passe de 41% d'humidité à moins de 35%. Ensuite le taux d'humidité évolue peu durant un mois et demi à deux mois. Ce « palier » pourrait s'expliquer par les réactions physico-chimiques qui entrent en jeu à l'intérieur du tas de plaquettes pendant la période de fermentation permettant le séchage. Cette hypothèse est à vérifier.

Au bout de 3 mois de stockage, les plaquettes ont atteint le taux d'humidité de 25 % recherché pour une utilisation dans des chaudières de petites puissances.

Le taux d'humidité continue à baisser durant les mois qui suivent et les plaquettes peuvent descendre en-dessous de 20 % d'humidité au-delà de 6 mois de stockage. Cependant, une durée longue de stockage ne signifie pas une meilleure qualité de plaquettes. On suppose qu'une fois sèches, les plaquettes se dégradent au fil du temps, d'où une production de poussières (fines) supplémentaire. Il est donc conseillé de les utiliser de préférence dans l'année qui suit la production. Cette hypothèse est à vérifier.

Ces résultats sur le critère stockage sont à considérer avec prudence car le nombre d'échantillons est faible (5 environ par classe) et l'écart-type est assez important (autour de 3-4). Cela montre que d'autres facteurs entrent en jeu pour comprendre la vitesse de séchage des plaquettes. Deux d'entre eux ont été étudiés dans les parties précédentes : le ressuyage et la catégorie d'essence, voir aussi plus loin la partie II.3.7.

II.3.6. Critère stockage (2) : le mode de stockage

a) Étude du séchage des plaquettes sous plate-forme collective

Les échantillons étudiés ci-dessus concernent différents chantiers et différents lieux de stockage. Pour étudier la vitesse de séchage sur un même lieu, des échantillons ont été pris à intervalle régulier sur les deux plates-formes gérées par la SCIC Bois Bocage Énergie : à Athis et à Chanu. Les échantillons ont été pris à chaque fois sur la même partie du tas regroupant des plaquettes apportées sur la même période par des producteurs différents. Il s'agit de plaquettes apportées en direct après déchetage et issues de chantiers de déchetage sur les trois premières semaines de février 2008. Environ 390 Tonnes de plaquettes ont ainsi été stockées sous la plate-forme d'Athis sur 4 mètres de haut et 200 tonnes sous la plate-forme de Chanu sur 6 mètres de haut au plus haut.

Sur les plates-formes de stockage, construites spécialement pour cette fonction, 7 mesures ont été faites en 9 mois dont 6 mesures dans les 3 premiers mois. Les taux d'humidité observés sont présentés dans le [tableau 11](#) page suivante.

Pour des raisons liées au terrain, les dates de la première mesure sur chaque plate-forme diffère. D'où une première mesure moyenne qui se situe entre les deux dates.

Une mesure paraît incohérente : celle du second échantillon sur Chanu (en rouge, gras souligné dans le tableau). Il s'agit probablement d'une erreur d'échantillonnage. Celle-ci n'est pas prise en compte dans le calcul de la moyenne des deux-plates-formes. Pour avoir le même nombre de mesure dans la moyenne, la mesure 3 d'Athis n'est pas prise en compte dans la moyenne ce qui n'a pas de conséquence dans la valeur moyenne obtenue vu que la mesure 3 a une valeur très proche de la mesure 4.

On obtient donc 6 mesures moyennes avec les valeurs obtenues pour les deux plates-formes de stockage collectives.

Tableau 11 : Taux d'humidité des plaquettes bocagères mises sous plate-forme collective à Athis, à Chanu, et moyenne obtenue, suivant la durée de stockage

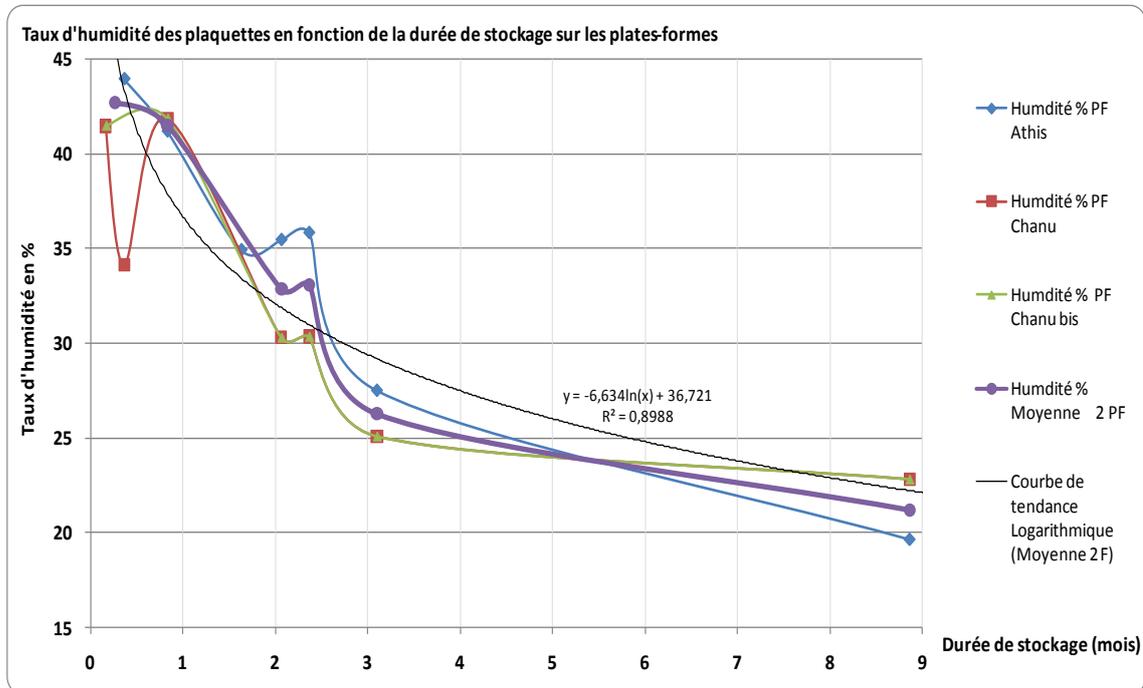
Durée de stockage (en jours)	Durée de stockage (en mois)	Humidité % PF Athis	N° mesure Athis	Humidité % PF Chanu	N° mesure Chanu	Humidité % Moyenne 2 PF	N° mesure moy. 2 PF
5	0.2			41.51	1		
8	0.3					42.73	1
11	0.4	43.95	1	34.16	2		
25	0.8	41.19	2	41.89	3	41.54	2
49	1.6	34.92	3				
62	2.1	35.46	4	30.32	4	32.89	3
71	2.4	35.83	5	30.37	5	33.1	4
93	3.1	27.5	6	25.1	6	26.3	5
266	8.9	19.63	7	22.83	7	21.23	6

Remarque : l'abréviation « PF » signifie « plate-forme ».

Un graphique a été réalisé avec toutes les mesures réalisées ce qui donne la [figure 14](#) en page suivante. Une seconde courbe « PF Chanu bis » permet de dessiner une courbe pour la plate-forme de Chanu sans tenir compte de la mesure 2 (inexploitable). A partir des points représentant l'humidité moyenne sur les deux plates-formes (ronds mauve), on peut tracer une courbe de tendance logarithmique

qui montre qu'il existe une corrélation entre le taux d'humidité et la durée de stockage ($R^2=0.9$). Pour mieux voir les courbes, ce graphique est reproduit en A4 page suivante.

Figure 14 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sous deux plates-formes collectives de 0 à 9 mois de stockage



On observe la même tendance que précédemment : les plaquettes stockées sous les plates-formes ont un taux d'humidité d'un peu plus de 40 % au démarrage et, au bout de 3 mois, les plaquettes sont utilisables dans de petites chaudières avec un taux d'humidité entre 25 et 30 %. Le « palier » où le taux d'humidité n'évolue plus se retrouve ici entre 2 et 2.5 mois et le taux d'humidité stagne autour de 33% en moyenne, il est plus court que dans l'analyse précédente « tous stockages confondus » où il était observé entre 15 jours et 2.5 mois avec 32-33% d'humidité aussi. Ainsi, le séchage est moins rapide sur plate-forme les premières semaines (jusqu'à 2 mois). Les plates-formes sont collectives et les plaquettes vertes sont apportées en grandes quantités sur plusieurs jours. Cela peut peut-être expliquer qu'il faut un temps avant que le séchage (la fermentation) fasse effet.

Sous plate-forme, le taux d'humidité de départ de 42.7 % et le taux d'humidité au bout de 3 mois de 26.3 % sont supérieurs respectivement de 1.3 points et de 4.1 points aux taux d'humidité moyens calculés sur « tous stockages confondus » (partie II.3.5. b). Il en est de même au bout de 9 mois : 21.2 % contre 19.0 % en moyenne.

Pour pouvoir approfondir cette observation, une analyse de l'évolution du taux d'humidité en fonction du type de stockage est effectuée (cf. partie suivante).

Les plaquettes atteignent 25 % d'humidité en moyenne au bout de 4 mois sous plate-forme collective. Aucune mesure n'a été réalisée pendant 5 mois entre 3 et 9 mois de stockage (exactement entre 93 et 266 jours de stockage) vu que l'objectif des 25 % était atteint. Pour avoir une vision plus précise des premiers mois, la mesure à 9 mois a été retirée du graphique, voir la *figure 15* page 48.

Figure 14 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sous deux plates-formes collectives de 0 à 9 mois de stockage

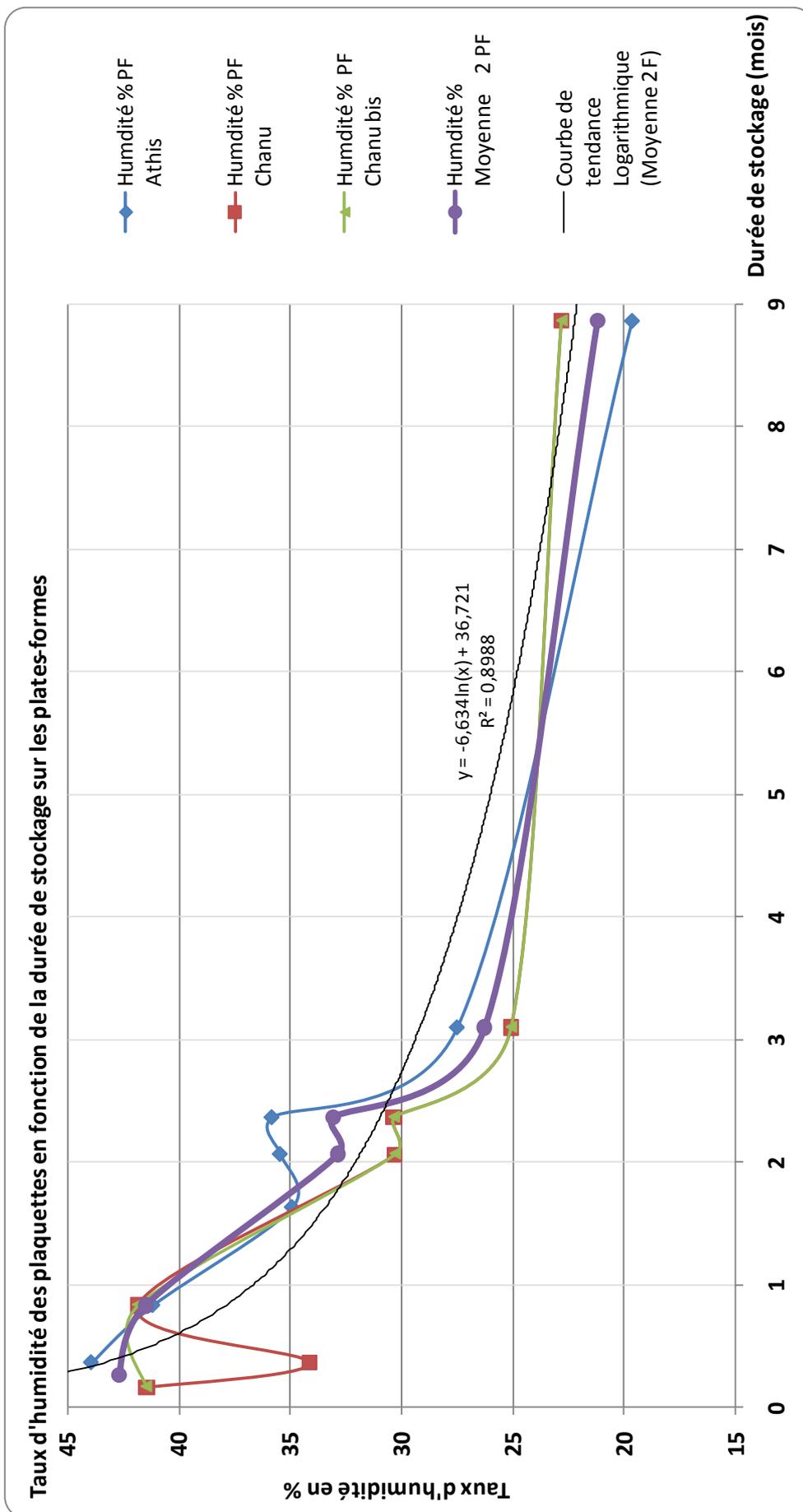
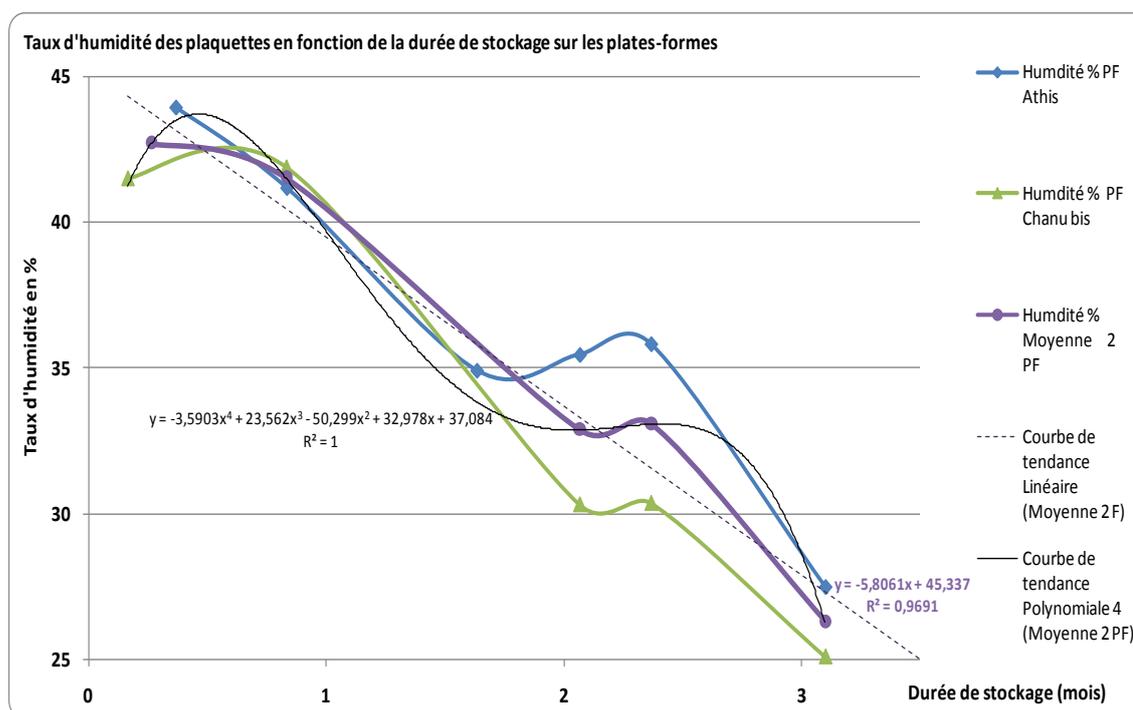


Figure 15 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sous deux plates-formes collectives de 0 à 3.5 mois de stockage



On voit mieux le palier observé entre 2 et 2.5 mois de stockage : il semblerait mettre qu'il y ait une légère remontée du taux d'humidité à ce moment là.

Il y a des différences de vitesse de séchage entre les deux plates-formes.

Autour de 2-3 mois de stockage (mesures n°4 et 5), plus précisément entre 7 et 13 semaines de stockage, le bois-décheté sous la plate-forme d'Athis sèche moins vite que le bois-décheté sous la plate-forme de Chanu avec un écart d'humidité d'un peu plus de 5 points. Au bout de 6 mois de stockage environ, la tendance s'inverse (mesure 7) : le bois-décheté sous la plate-forme d'Athis sèche plus vite que le bois-décheté sous la plate-forme de Chanu avec un écart d'humidité de 3 points au bout de 9 mois de séchage.

La courbe de tendance de l'humidité moyenne entre les deux plates-formes suit presque une tendance linéaire ($R^2 = 0.969$) et elle suit totalement une courbe de tendance polynomiale 4 ($R^2 = 1$).

Cependant, là aussi, ces observations ne reposent que sur le suivi de deux tas de plaquettes (un par plate-forme) avec une seule mesure (= un échantillon) par date ce qui est très insuffisant pour en tirer des conclusions solides. Il faudrait renouveler le suivi de l'évolution du séchage d'un tas sous plate-forme, particulièrement en multipliant les mesures au niveau du palier (pour vérifier la durée du palier et pour vérifier si la légère remontée d'humidité se reproduit) et juste après pour savoir quand le taux d'humidité descend en-dessous de 25 %. Autrement dit, il faudrait davantage de mesures entre 1.5 et 4 mois de stockage.

b) Séchage des plaquettes en fonction du mode de stockage

On distingue trois modes de stockage :

- **les plates-formes collectives** : le volume de stockage est généralement bien supérieur à ce que peuvent stocker les agriculteurs chez eux et les apports sont faits à partir de différents chantiers chez des agriculteurs différents d'où un

mélange de plaquettes avec des catégories d'essence et des temps de ressuyage différents.

- **les hangars agricoles** : le mode stockage le plus courant où le producteur stocke sous un hangar de préférence aéré ; pour aller plus loin, il faudrait tenir compte des caractéristiques du hangar dans l'analyse, ce qui n'a pas pu être fait ici (hangar bien ou mal aéré, orientation, hauteur sous toit réduite ou élevée, murs surs les cotés en parpaing ou en bardage bois).
- **les bâches** : un mode stockage déconseillé mais permettant une solution qui devrait être « temporaire » quand l'agriculteur ne dispose pas d'espace suffisant sous hangar. Il s'agit ici de bâches en plastiques - type bâche pour les silos d'ensilage – placées sur le tas de plaquettes en laissant un espace entre les deux pour éviter la condensation. Ainsi, la bâche ne colle pas le tas de plaquettes : un « sas » ou une « armature » plus ou moins élaborés est réalisée pour laisser l'air circuler (par exemple : des palettes en bois ajourées étalées sur le tas de plaquettes avant de mettre une bâche noire type ensilage). L'utilisation de bâches spécifiques en géotextile laissant passer les échanges gazeux mais empêchant la pénétration des précipitations (ex : Toptex, Celloplast) n'a pas pu être étudiée ici car leur utilisation est très rare dans notre région.

Comment le mode de stockage influe sur l'humidité et à quelle vitesse cette humidité évolue ? Pour le savoir, 22 échantillons sont considérés et 11 sites de prélèvement, plus précisément :

- 5 mesures qui sont les moyennes des mesures prises sous les deux plateformes collectives telles que présentées en partie précédente (10 échantillons)
- 6 échantillons prélevés sous cinq hangars agricoles aérés : n°34, 35, 46, 47, 54 et 55.
- 6 échantillons prélevés sur quatre stocks sous bâche : n°21, 22, 45, 56, 57 et 59.

Le [tableau 12](#) et la [figure 16](#) ci-dessous permettent de comparer le taux d'humidité des plaquettes en fonction des différents modes de stockage.

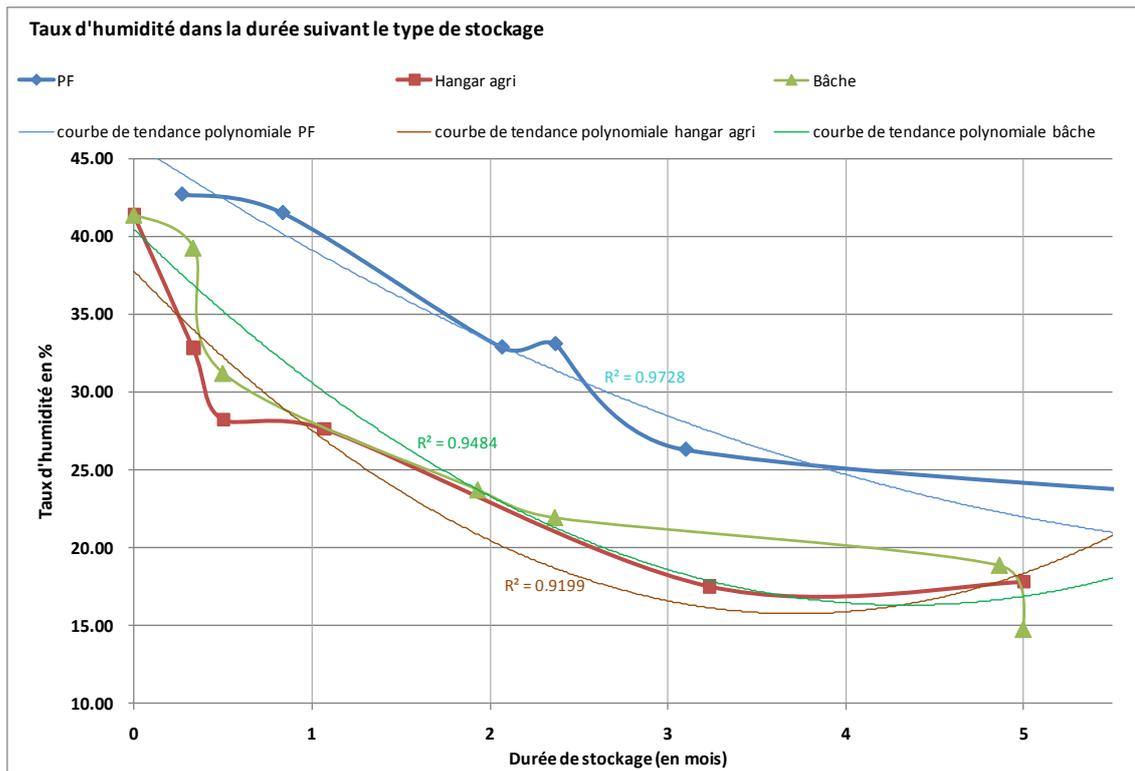
Tableau 12 : Taux d'humidité des plaquettes en fonction du mode de stockage et suivant la durée de stockage

Durée de stockage (en mois)	Humidité en % Plateforme (PF)	Nb d'échantillons	Humidité en % Hangar agricole	Nb d'échantillons	Humidité en % Bâche	Nb d'échantillons
0.3			32.8	1	39.3	1
0.5			28.3	1	31.2	1
0.8	41.5	2				
1.1			27.7	1		
1.9					23.7	1
2.1	32.9	2				
2.4	33.1	2			21.9	1
3.1	26.3	2				
3.2			17.5	2		
4.9					18.9	1
5.0			17.8	1	14.7	1
8.9	21.2	2				
	2 sites	10 ech.	5 sites	6 ech.	4 sites	6 éch.

Abréviations : PF = plate-forme collective / agri = agricole / éch. = échantillon

Pour faire le graphique, une valeur qui n'apparaît pas dans le tableau a été ajoutée pour représenter le temps 0 de stockage : pour ce faire, la valeur moyenne du taux d'humidité obtenu après déchiquetage sur un tas n'ayant pas ressuyé a été repris (cf. tableau 8 classe 1 p. 37) : soit 41,4%.

Figure 16 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes suivant le mode de stockage (plate-forme, hangar agricole, bâche)



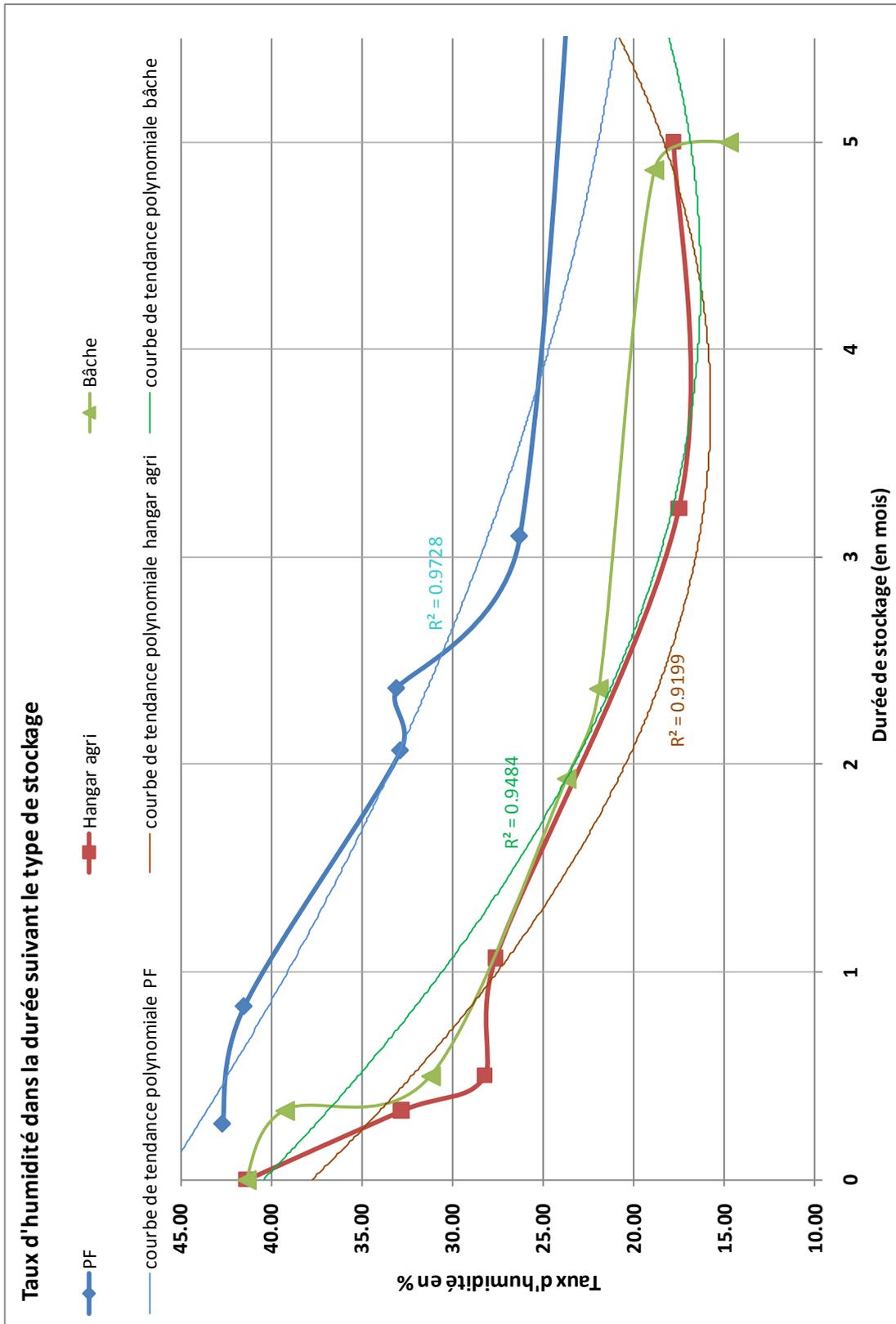
Pour mieux voir les courbes, ce graphique est reproduit en A4 en page suivante.

On retrouve **la corrélation entre le taux d'humidité des plaquettes bocagères et la durée de stockage** mais cette fois, elle est représentée par des courbes à tendance polynomiale (et non logarithmique comme précédemment) avec $R^2 > 0,9$.

Cette fois, on voit nettement la différence de taux d'humidité entre un stockage collectif sous plate-forme et un stockage agricole qu'il soit sous hangar ou sous bâche : **le séchage sous plate-forme s'effectue moins vite que dans un stock agricole sous hangar ou sous bâche.**

Une explication peut être liée le volume du tas de plaquettes à sécher et à la méthode de prélèvement. En effet les échantillons sont prélevés sur le tas en creusant le tas à moins d'un mètre de la surface (plutôt 30-60 cm). Le séchage s'effectuant par fermentation à partir d'une colonne de chaleur au cœur du tas, on peut imaginer que l'on approche moins le cœur du tas sous plate-forme collective compte-tenu du volume plus important du tas. La partie en périphérie du tas sous plate-forme collective doit certainement mettre plus de temps à sécher.

Figure 16 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes suivant le mode de stockage (plate-forme, hangar agricole, bâche)



Ensuite, **le graphique montre que l'évolution du taux d'humidité sous hangar agricole et sous bâche suit une même tendance** avec une meilleure efficacité du séchage sous hangar agricole surtout après deux mois de stockage, mais au bout de 5 mois cette tendance semble s'inverser. Les plaquettes stockées sous bâche semblent plus humides les premières semaines de stockage (39,3% à 0,3 mois contre 32,8 % sous hangar agricole). **Au bout de deux mois de stockage, les plaquettes stockées sous bâche ont un taux d'humidité inférieur à 25 %**. Au bout de 5 mois, le taux d'humidité est de 15 % sous bâche et de 18 % sous hangar agricole. Le stockage sous bâche est approfondi en partie suivante : voir III.3.7.c.

Ces mesures sont à prendre avec beaucoup de précaution car nous avons la plupart du temps seulement une mesure pour chaque durée de stockage. Il faudrait répéter les mesures pour vérifier cette tendance.

Pour faire cette analyse, les deux valeurs de stockage de longue durée sous hangar agricole n'ont pas été prises en compte car elles sont difficiles à interpréter. L'échantillon n°32 avec 20 % d'humidité après 2 ans de stockage et l'échantillon n°21 avec 38 % d'humidité au bout de 14 mois de stockage. Sur les deux sites les hangars sont adaptés au séchage des plaquettes. Or on a vu plus haut que les plaquettes ont plutôt entre 15 et 20 % d'humidité à partir du 6^{ème} mois de stockage. On peut se demander si les plaquettes n'ont pas repris de l'humidité au fil du temps. On peut aussi penser que les plaquettes qui ont séché (25 % d'humidité) et qui reprennent de l'humidité durant le stockage (précipitations si abri non couvert, infiltrations d'eau etc...) ne vont plus pouvoir sécher correctement ensuite. D'après les expériences de terrain les plaquettes ne repartent plus en fermentation après séchage. **Il faudrait faire des prélèvements supplémentaires pour vérifier ces hypothèses sur la reprise d'humidité des plaquettes lors du stockage.**

II.3.7. Corrélation des trois critères : stockage, ressuyage, catégorie d'essence

Pour étudier la corrélation entre ces trois critères, l'évolution du taux d'humidité sur dix sites est étudiée à partir des échantillons prélevés sur un même tas à plusieurs dates (deux reprises ou plus). Cela permet de regarder de plus près la vitesse de séchage des plaquettes en fonction du site de stockage et en ajoutant un autre facteur : le temps de ressuyage préalable du bois avant déchetage (entre crochets à côté du nom du site). De plus, la catégorie d'essence est précisée.

a) Présentation des résultats

Les dix sites :

- Sous 6 hangars agricoles : « Roussel » (dur, 1,5 mois de ressuyage), « Poussier » (dur, 1,5 mois de ressuyage), « Mercier » (eau, 2 mois de ressuyage), « Pinel » (eau, 2,5 mois de ressuyage), « Foucher » (dur, 3 mois de ressuyage), « Courtais » (eau, 4 mois de ressuyage) ;
- Sous bâches sur 2 sites : « Lebouvier » (eau, 2 mois de ressuyage) et « Pinel » (eau, 2,5 mois de ressuyage) ;
- Sous les 2 plates-formes, Athis et Chanu (mixte).

Les résultats indiqués dans le **tableau 13** en page 54 sont représentés sur la **figure 18**.

Figure 17 : Photos des plaquettes bocagères stockées suivant différents modes

Hangar agricole « Courtais » ►



Hangar agricole « Foucher » ▼



Sous la plate-forme collective d'Athis ▼



Stockage sous bâche « Lebouvier » ▼



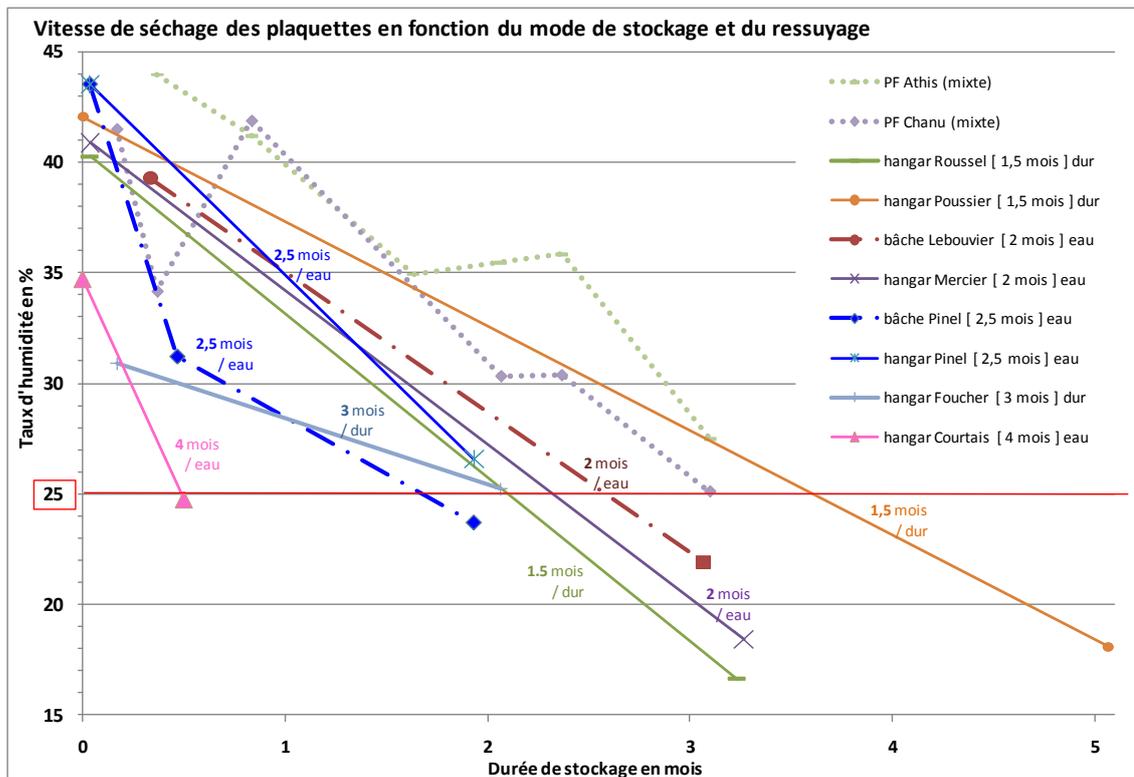
Hangar agricole « Pinel » et stockage sous bâche « Pinel » ▼



Tableau 13 : Taux d'humidité des plaquettes suivant la durée de stockage sur dix sites suivant le mode de stockage, le temps de ressuyage et la catégorie d'essence

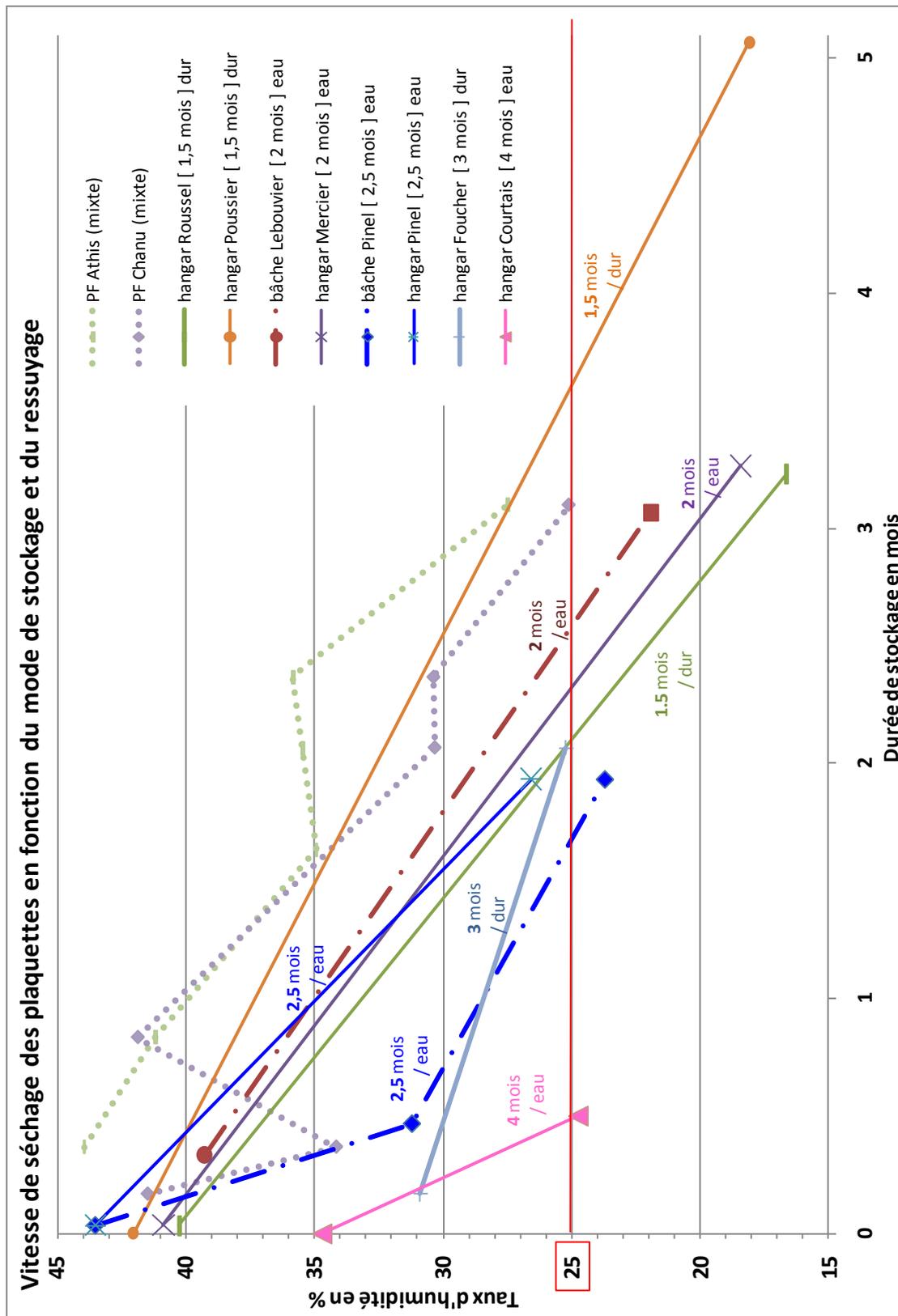
Taux d'humidité en %	Durée de stockage (en mois)										Durée de stockage en jours
	PF Athis (mixte)	PF Chanu (mixte)	hangar Poussier [1,5 mois] dur	hangar Roussel [1,5 mois] dur	bâche Lebouvier [2 mois] eau	hangar Mercier [2 mois] eau	bâche Pinel [2,5 mois] eau	hangar Pinel [2,5 mois] eau	hangar Foucher [3 mois] dur	hangar Courtais [4 mois] eau	
0.0			42.05	40.26		40.87	43.52	43.52		34.69	0-1
0.2		41.51							30.89		5
0.3					39.28						10
0.4	43.95	34.16									11
0.5						31.21					14
0.5									24.72		15
0.8	41.19	41.89									25
1.6	34.92										49
1.9						23.71	26.57				58
2.1	35.46	30.32						25.23			62
2.4	35.83	30.37									71
3.1					21.93						92
3.1	27.5	25.1									93
3.2				16.64							97
3.3						18.43					98
5.1			18.09								152

Figure 18 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sur dix sites suivant le mode de stockage, le temps de ressuyage et la catégorie d'essence



Pour mieux voir les courbes, ce graphique est reproduit en A4 ci-dessous

Figure 18 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sur dix sites suivant le mode de stockage et suivant le temps de ressuyage avant déchiquetage



Deux limites à cette analyse apparaissent rapidement :

Tout d'abord, il manque des mesures faites sur le séchage de plaquettes issues de bois non ressuyé. C'est un peu le cas des plates-formes ; les plaquettes apportées par les agriculteurs en février sont issues de bois avec peu de ressuyage en général. Mais il n'y a pas eu de suivi sous hangar et sous bâche avec des plaquettes issue d'un déchiquetage immédiat après abattage. Ceci est pour partie liée à la date de démarrage de l'étude.

Ensuite, la plupart du temps, on a uniquement deux mesures par site : au moment de la mise en stock et en fin de séchage. Il faudrait pouvoir faire davantage de mesures durant le séchage en particulier sous hangar agricole et sous bâche pour préciser l'évolution du taux d'humidité des plaquettes durant le stockage.

b) Analyse des résultats

On voit à nouveau que **le taux d'humidité de 25 % recherché est atteint en général en moins de trois mois de stockage**, et au maximum avant le quatrième mois.

Au-delà, **ce graphique illustre l'hétérogénéité des situations : il est difficile de mettre en évidence parmi les trois critères - mode de stockage, catégorie d'essence, temps de ressuyage - ce qui influence le plus la vitesse de séchage**. Par conséquent, aucune analyse globale ne peut être faite sur la base de ces résultats, les observations suivantes s'attachent donc simplement à chercher à comprendre différentes situations rencontrées.

Si on considère les courbes des hangars « Foucher » et « Poussier », on a l'impression que la vitesse de séchage des bois durs est moins rapide que celle des bois d'eau si on compare avec la pente plus raide des courbes pour les hangars « Mercier » et « Pinel » avec du bois d'eau et ce, quelque soit le temps de ressuyage. Cette affirmation est contredite avec le tas de bois dur sous le hangar « Roussel » qui sèche aussi vite que les bois d'eau sous les autres hangars. D'ailleurs, les plaquettes du hangar « Roussel » déchiquetées en avril au bout de 1.5 mois de ressuyage séchent beaucoup plus vite que les plaquettes de même catégorie d'essence et de même temps de ressuyage du hangar « Poussier » déchiquetées en février (taux d'humidité équivalent au moment du déchiquetage ; 25 % d'humidité atteint au bout d'un peu plus de deux mois de stockage pour les premières contre plus de 3.5 mois de stockage pour les secondes). **Question : est-ce que la saison d'abattage et surtout la date de déchiquetage donc de mise sous hangar influe sur la vitesse de séchage ?** On peut imaginer qu'un tas mis sous hangar en avril bénéficiera d'un air plus sec et plus chaud qu'en février en plein hiver pour pouvoir sécher. Or le critère climatologique n'a pas été pris en compte dans l'étude.

Autre exemple, les plaquettes du hangar « Courtais » ont été déchiquetées en juin suite à un abattage réalisé mi-février : le taux d'humidité après déchiquetage était déjà bas en raison d'un temps de ressuyage de 4 mois (34.7 %) et le tas atteint 25 % d'humidité au bout de deux semaines seulement. Est-ce l'effet du temps estival ?

Ensuite, la vitesse de séchage de plaquettes de même catégorie d'essence pour un même temps de ressuyage est très proche : deux exemples illustrés ici avec des bois d'eau ; les courbes des plaquettes du hangar « Mercier » et celles sous la bâche « Lebouvier » avec 2 mois de ressuyage d'une part, et d'autre part, la courbe des plaquettes au GAEC Pinel avec 2.5 mois de ressuyage stockées en partie sous bâche et en partie sous hangar. Étudions de plus près ce site.

c) Cas du stockage sous bâche et hangar agricole au GAEC Pinel

A Perrou (61) au GAEC Pinel, les plaquettes bocagères mesurées par quatre fois (échantillons n°30, 31, 45 et 46) ont été produites lors d'un déchetage du 28 avril 2008 sur des branches issues d'un recépage de saules (à 80 % donc catégorie « bois d'eau »), hêtre et de chêne ayant ressuyé sur le champ durant 2,5 mois. Une partie des plaquettes a été mise sous hangar et l'autre partie a été mise sous bâche trois jours après (le 1^{er} mai) ; elles sont couvertes d'une bâche noire posée sur des palettes en laissant un trou au sommet du tas pour faire « cheminée ».

De 43,5 % d'humidité en sortie déchetage, les plaquettes passent à 31,2 % après deux semaines de stockage sous bâche. Le taux d'humidité des plaquettes sous bâche passe à 23,7 % au bout de deux mois de stockage, contre 26,6 % pour les plaquettes sous le hangar agricole du GAEC, soit une différence d'humidité de 3 points.

Ces résultats positifs ne doivent pas faire oublier que le stockage sous bâche a des inconvénients majeurs qu'on ne trouve pas avec un hangar. Le tas de plaquettes sous bâche demande en effet une surveillance accrue. Lorsque le temps est ensoleillé et sec, le tas de plaquettes peut être débâché, mais il doit absolument être recouvert dès que la pluie arrive. Et surtout, en fin de période de fermentation active quand la température interne du tas baisse et que la vapeur d'eau ne s'échappe plus par le haut du tas, l'ouverture laissée au sommet doit absolument être fermée pour que les précipitations ne pénètrent pas dans le tas. Sinon, les plaquettes sont humidifiées à nouveau et auront alors beaucoup de mal à sécher à nouveau. **Selon les observations du terrain les plaquettes mouillées à nouveau après avoir séché naturellement ne repartent pas en fermentation** donc elles auront du mal à sécher à nouveau. Enfin, durant l'automne ou l'hiver quand les plaquettes sont reprises pour alimenter les chaudières, la bâche peut être beaucoup plus difficile à manipuler compte-tenu des intempéries (pluie, gel, neige,...) et il faut parfois être à deux pour pouvoir replacer correctement la couverture sur les plaquettes ce qui est moins évident quand une partie des plaquettes a été prélevée et que le tas n'a plus une forme régulière.

II.3.8. Propositions

Il faudrait à l'avenir recueillir de nouveaux échantillons pour chaque critère de façon à augmenter le nombre de résultats afin d'avoir une meilleure fiabilité et une meilleure représentativité et une meilleure fiabilité des données de façon à confirmer ou au contraire à invalider les observations et analyse faites dans cette première étude sur les plaquettes bocagères.

En complément, les hypothèses soulevées ici sur le taux d'humidité pourraient être vérifiées par des tests statistiques comme des comparaisons de moyennes et de variances (par exemple, vérifier une hypothèse H_0 = il n'y a pas de différences significative entre l'humidité des bois d'eau et l'humidité des bois durs).

Ensuite, les mesures d'humidité doivent prendre en considération les masses volumiques. Le taux d'humidité des plaquettes ne peut pas être considéré de la même manière sur des plaquettes ayant des masses volumiques différentes. La teneur en eau augmente proportionnellement à la masse volumique.

III. TEST D'AUTRES MÉTHODES DE MESURE DU TAUX D'HUMIDITÉ

III.1. Présentation

Les mesures à l'étuve en laboratoire sont précises et fiables mais il y a un temps d'attente pour obtenir le résultat. Dans le but de trouver une méthode rapide de terrain, deux autres méthodes de mesures ont été testées : la méthode au four à micro-ondes et l'utilisation d'une sonde de mesure électronique appelée « Humitest ». Cette partie présente les essais réalisés et les résultats obtenus.

III.2. Mesures au four à micro-ondes

III.2.1. Présentation des essais comparatifs

Les expériences similaires au four à micro-ondes réalisées par d'autres organismes n'ont pas été sujettes à des comptes-rendus précis, hormis l'étude « Validation des méthodes de mesure des caractéristiques des combustibles bois déchiquetés » de CRITT bois – Fibois / ADEME de mars 2002 déjà citée, et sachant que le référentiel combustibles bois-énergie de l'ADEME d'avril 2008 semble reprendre les éléments de cette étude. Nous nous sommes appuyés sur leurs recommandations et des conseils oraux apportés par plusieurs contacts pour élaborer un protocole d'essai au four à micro-ondes (voir II.2.3.).

Sur le terrain, deux échantillons sont prélevés dans des sacs plastiques noirs résistants. L'un est ainsi envoyé en laboratoire (LANO) pour mesure à l'étuve tandis que l'autre est analysé sur place au four à micro-ondes, dans le but de tester la méthode au four à micro-ondes en parallèle de l'étude en laboratoire.

Ainsi, pour connaître la fiabilité de mesure du taux d'humidité, plusieurs échantillons provenant de chantiers de déchiquetage ou de stocks différents ont été analysés au four à micro-ondes et à l'étuve.

III.2.2. Matériels utilisés

Pour cette méthode de mesure, il faut avoir deux matériels : un four à micro-ondes et une balance suffisamment précise.

Pour réaliser cette étude deux matériels neufs ont été achetés :

- **un four à micro-ondes neuf de 20 L d'une puissance de 800 Watts** (Selecline MGE 202) ; *photo page suivante à gauche*. Ce four à micro-ondes a été utilisé dans les locaux des FDCUMA 61 et 50.
- **une balance de portée 1 kg avec une précision de 0,1 g** (une Kern PCB 1000-1 vendue par AllCat Instruments) ; *photo page suivante à droite*.

Figure 19 : Photo du matériel utilisé pour la mesure du taux d'humidité au micro-ondes



Il faudrait pouvoir acheter un plat tolérant à la chaleur (assez résistant au feu) mais qui ne s'échauffe pas trop pour y mettre les plaquettes. L'assiette utilisée ici était parfois excessivement chaude ce qui ralentissait les manipulations (pour éviter toute brûlure ou dysfonctionnement de la balance).

III.2.3. Protocole de mesure au four à micro-ondes

Le principe réside dans la pesée de l'échantillon avant et après chauffage des plaquettes au four à micro-ondes car le four à micro-ondes permet de faire évaporer l'eau contenue dans les plaquettes. On parle donc de **pesée de la diminution de masse après dessiccation**.

Tout d'abord, un plat facile d'utilisation et ne craignant pas le contact au four à micro-ondes (et la chaleur dégagée par les morceaux de bois) est choisi ; le plus simple étant d'utiliser le plateau déjà présent dans le four ou une assiette en évitant le plastique (qui fond sous la chaleur). Ce plat est pesé à vide avant d'être pesé avec l'échantillon de plaquettes nécessaire à la réalisation de cette mesure soit environ 60 grammes de plaquettes déposées de façon uniforme sur le plat (*photo page suivante*). Dans les essais réalisées, le poids de plaquettes déposé allait de **de 40 à 90 grammes**.

Pour ce faire, l'échantillon de plaquettes est séparé en plusieurs fractions égales et homogènes afin de pouvoir faire trois répétitions de la mesure. Ensuite, dans chaque fraction, des plaquettes sont prélevés pour être placées dans le plat et il faut opérer une sélection : les fines, les éléments grossiers ou les écorces sont enlevés grossièrement afin de garder la « fraction principale », de granulométrie homogène. Cette sélection permet de limiter les risques de pyrolyse.

Puis le protocole de chauffage débute. Le plat plein est inséré dans le four et chauffé par plage d'une minute. Toutes les minutes, le plat est ressorti pour être pesé. Au cours du temps, l'évolution du séchage des plaquettes au four à micro-ondes est relevée.

Le protocole complet et la fiche excel conçue pour entrer les mesures réalisées au four à micro-ondes sont placées [en annexe 7 page 134](#). Ce mode opératoire a été réalisé à partir des manipulations, des conseils récoltés lors des contacts préalables

(cf. partie I.3.1.) et en prenant en compte le compte-rendu sur les combustibles bois de l'ADEME, CRITTbois, Fibois et CTBA.

On parle de « mesure au micro-ondes » dans les pages suivantes.

Figure 20 : Photos prise au cours de mesure de l'humidité des plaquettes avec la méthode du four à micro-ondes



III.3. Présentation des résultats

31 échantillons de plaquettes ont été analysés à la fois au four à micro-ondes et analysés à l'étuve pour pouvoir comparer les résultats obtenus. Le taux d'humidité obtenu en laboratoire à l'étuve est le taux d'humidité de référence. Les fiches de mesures du taux d'humidité au micro-ondes pour chaque échantillon sont mises [en annexe 8 page 139](#).

Pour comprendre les tableaux sur les fiches échantillons, on a :

M1 = masse du plat en grammes avant mesure

M2 = masse du plat et des plaquettes en grammes avant passage au micro-ondes

Mp = masse du plat et des plaquettes en gramme en fin de séchage au micro-ondes (juste avant pyrolyse)

Mp-1 = avant-dernière masse relevée du plat et des plaquettes en gramme en fin de séchage au micro-ondes

Aussi pour obtenir le taux d'humidité mesuré au micro-onde, on effectue le calcul suivant : $(M2 - ((Mp-1 + Mp)/2)) / (M2 - M1)$.

Les [tableaux 14 et 15](#) placés en pages suivantes récapitulent les résultats obtenus par comparaison avec la valeur de référence qui est la mesure à l'étuve (méthode dite « scientifique » de mesure à l'étuve en laboratoire). Pour chaque échantillon dont l'humidité a été mesurée avec la méthode du micro-ondes, le pourcentage d'erreur a été calculé par rapport au résultat obtenu avec l'étuve et l'écart en point entre les deux mesures est aussi indiqué.

L'échantillon n°35 présente un écart entre les deux mesures beaucoup plus important que les autres (42,6 % d'erreur), il y a en effet eu un biais dans la mesure de cet échantillon. D'après la fiche échantillon, il a été envoyé au labo dans les

délais mais il est resté 2 mois au réfrigérateur avant d'être passé au micro-ondes ce qui est bien trop long. La teneur en eau a baissé durant ces deux mois de stockage de l'échantillon. Il aurait fallu le mettre au congélateur. Il est mis de côté dans la synthèse du tableau et dans l'analyse.

III.4. Analyse des résultats

a) Fiabilité des mesures au micro-ondes

On obtient des résultats très proches entre les mesures faites au micro-ondes et les valeurs obtenues à l'étuve en laboratoire : voir les [tableaux 14 et 15](#) pages suivantes. Sur 31 mesures, le pourcentage d'erreur moyen est de - 4.8 % ce qui signifie que le taux d'humidité obtenu au micro-ondes est en moyenne en-dessous de 4.8 % par rapport au taux d'humidité réel.

Le pourcentage d'erreur va de - 17,2 % à + 21.4 %. Mais **près de 40 % des résultats obtenus au micro-ondes sont situés dans la fourchette allant de - 5 % à + 5 % d'erreur**. Ensuite 32 % sont situés entre - 5 % et - 10 % et 23 % entre - 10 % et - 20 %. Seul un échantillon se situe au-dessus de + 20 % d'erreur.

La plupart du temps la méthode du micro-ondes donne une valeur en-dessous de la réalité. Sur 31 mesures, voir sur 34 si on ajoute les trois mesures sans répétition, 25 (ou 27) mesures sont en-dessous du taux d'humidité obtenu à l'étuve donc environ 80 % des taux humidité obtenus au micro-ondes sont en-dessous de la réalité. L'écart en points entre la mesure au micro-ondes et la valeur de référence va de -5.2 à +6.2 avec un moyenne de -1.5.

Cependant, pour pouvoir réellement analyser la marge d'erreur, il faut considérer les écarts obtenus en valeur absolues ce qui est fait dans le [tableau 16](#) ci-dessous.

Tableau 16 : Écart en valeur absolue entre le taux d'humidité mesuré au micro-ondes et le taux d'humidité de référence à l'étuve

Nombre de valeurs		31
(Valeurs absolues de)	Écarts en points m / e	% erreur
Moyenne	2.2	7.2%
<i>Ecart-type</i>	1.51	0.05
Min	0.2	0.9%
Max	6.2	21.4%
Médiane	1.8	5.6%

En moyenne, la méthode de mesure du taux d'humidité des plaquettes bocagères au micro-ondes donne des valeurs avec 7.2 % d'erreur par rapport à la mesure de référence en labo (avec un écart-type faible : 0.05) et de 2.2 points en moyenne. **Le pourcentage d'erreur s'étend de 0.9 à 21.4 % en valeur absolue.**

Tableau 14 : Taux d'humidité des plaquettes avec la méthode du micro-ondes et comparaison avec les mesures obtenues en labo (étuve)

Synthèse des mesures du taux d'humidité des plaquettes au micro-ondes et comparaison avec les valeurs obtenues à l'étuve (via le labo)								
Tri par n° de prélèvement								
N° prélèvement	Taux d'humidité en %		Ecart en points m /étuve	% erreur	Perte d'eau à 3 minutes en %	Perte d'eau à 4 minutes en %	RQ	
	Mesure étuve	Mesure micro-ondes						
21	38.02	36.00	-2.0	-5.3%	82.1%			
22	30.42	28.75	-1.7	-5.5%	81.1%			
23	28.98	35.17	6.2	21.4%	89.4%			
24	35.46	31.27	-4.2	-11.8%	82.2%			
25	30.32	31.39	1.1	3.5%	81.3%			
26	40.26	37.41	-2.9	-7.1%	77.5%	88.5%	T4	
27	35.49	34.05	-1.4	-4.1%	76.6%	88.4%	T4	
28	57.63	53.72	-3.9	-6.8%	77.4%	88.4%	T4	
29	40.87	36.72	-4.2	-10.2%	74.5%	87.4%	T4	
31	31.21	28.64	-2.6	-8.2%	78.6%	90.3%	T4	
32	20.34	21.48	1.1	5.6%	90.2%			
33	39.28	36.27	-3.0	-7.7%	67.6%	83.2%	T4	
34	32.84	31.91	-0.9	-2.8%	80.1%			
35	28.25	16.21	-12.0	-42.6%	89.5%			
36	21.85	18.72	-3.1	-14.3%	88.6%			
37	46.58	41.39	-5.2	-11.1%	66.0%	82.6%	T4	
38	42.21	43.92	1.7	4.1%	50.3%	84.3%	5 minutes	
41	28.87	27.14	-1.7	-6.0%	81.4%			
42	32.82	32.49	-0.3	-1.0%	75.2%	89.3%	T4	
43	27.50	26.17	-1.3	-4.8%	81.9%			
46	26.57	22.58	-4.0	-15.0%	86.8%			
47	27.66	26.57	-1.1	-3.9%	86.2%			
48	34.69	32.07	-2.6	-7.6%	82.8%			
49	24.72	23.87	-0.8	-3.4%	85.1%			
50	23.60	23.80	0.2	0.9%	86.9%			
51	17.81	18.09	0.3	1.6%	90.1%			
52	32.73	30.89	-1.8	-5.6%	85.0%			
53	25.23	24.88	-0.4	-1.4%	88.5%			
55	18.43	15.26	-3.2	-17.2%	93.5%		2 mesures	
57	21.93	19.73	-2.2	-10.0%	90.1%			
60	19.63	18.92	-0.7	-3.6%	77.0%	90.5%		
61	22.83	20.23	-2.6	-11.4%	85.8%			
Nombre de valeurs		31	n°35 en rouge exclu					
Moyenne	30.9	29.3	-1.5	-4.8%	81.3%			
Ecart-type	9.0	8.5	2.2	0.1	8.6			
Min	17.8	15.3	-5.2	-17.2%	50.3%			
Max	57.6	53.7	6.2	21.4%	93.5%			
Médiane	30.3	28.8	-1.7	-5.5%	82.1%			
Autres mesures								
44	25.10	16.92	-8.2	-32.59%	90.8%		1 mesure	
54	16.64	16.92	0.3	1.68%	91.3%		1 mesure	
56	18.86	16.84	-2.0	-10.71%	90.5%		1 mesure	

Tableau 15 : Classement du taux d'humidité des plaquettes obtenu avec la méthode du micro-ondes en fonction du pourcentage d'erreur par rapport aux valeurs obtenues en labo (étuve)

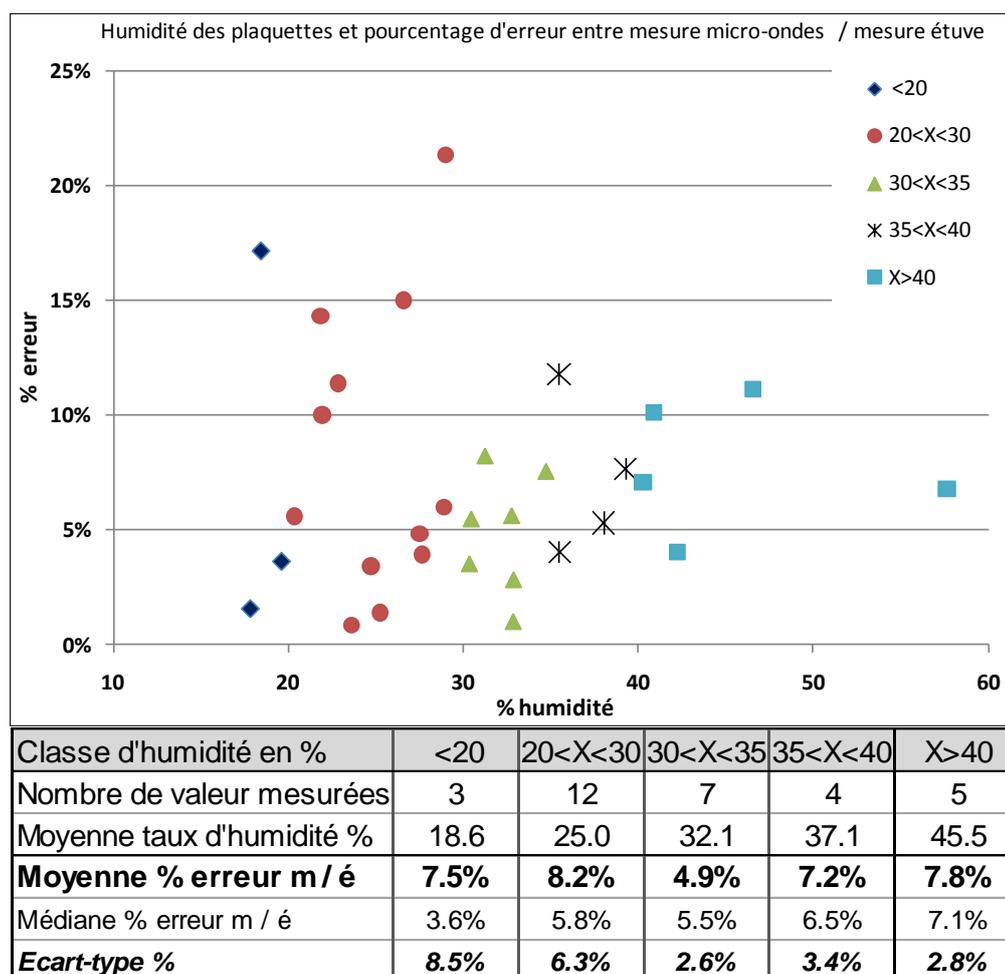
Tri selon le pourcentage d'erreur entre le taux d'humidité des plaquettes mesuré au micro-ondes par rapport à la valeur obtenue à l'étuve (via le labo)							
N° prélevement	Taux d'humidité en %		Ecart en points micro-ondes /étuve	% erreur	Perte d'eau à 3 minutes en %	Nb / classe	
	Mesure étuve	Mesure micro-ondes					
23	28.98	35.17	6.2	21.4%	89.4%	1	6%
32	20.34	21.48	1.1	5.6%	90.2%	1	
38	42.21	43.92	1.7	4.1%	50.3%	4	12
25	30.32	31.39	1.1	3.5%	81.3%	13%	
51	17.81	18.09	0.3	1.6%	90.1%		
50	23.60	23.80	0.2	0.9%	86.9%		
42	32.82	32.49	-0.3	-1.0%	75.2%	8	
53	25.23	24.88	-0.4	-1.4%	88.5%	26%	39%
34	32.84	31.91	-0.9	-2.8%	80.1%		
49	24.72	23.87	-0.8	-3.4%	85.1%		
60	19.63	18.92	-0.7	-3.6%	77.0%		
47	27.66	26.57	-1.1	-3.9%	86.2%		
27	35.49	34.05	-1.4	-4.1%	76.6%		
43	27.50	26.17	-1.3	-4.8%	81.9%		
21	38.02	36.00	-2.0	-5.3%	82.1%	10 32%	
22	30.42	28.75	-1.7	-5.5%	81.1%		
52	32.73	30.89	-1.8	-5.6%	85.0%		
41	28.87	27.14	-1.7	-6.0%	81.4%		
28	57.63	53.72	-3.9	-6.8%	77.4%		
26	40.26	37.41	-2.9	-7.1%	77.5%		
48	34.69	32.07	-2.6	-7.6%	82.8%		
33	39.28	36.27	-3.0	-7.7%	67.6%		
31	31.21	28.64	-2.6	-8.2%	78.6%		
57	21.93	19.73	-2.2	-10.0%	90.1%		
29	40.87	36.72	-4.2	-10.2%	74.5%	7 23%	
37	46.58	41.39	-5.2	-11.1%	66.0%		
61	22.83	20.23	-2.6	-11.4%	85.8%		
24	35.46	31.27	-4.2	-11.8%	82.2%		
36	21.85	18.72	-3.1	-14.3%	88.6%		
46	26.57	22.58	-4.0	-15.0%	86.8%		
55	18.43	15.26	-3.2	-17.2%	93.5%		
35	28.25	16.21	-12.0	-42.6%	89.5%	non compté	

Ici la méthode de mesure au micro-ondes permet de définir l'humidité des plaquettes avec une précision de 7 % en moyenne contre 15 % annoncé l'étude l'ADEME menée par le Critt Bois-Fibois en mars 2002 intitulée « Validation des méthodes de mesures des caractéristiques des combustibles bois déchiquetés ». Cette étude réalisée en 2002 a porté sur 14 échantillons de plaquettes forestières et leur méthode de mesure est similaire sauf que les plages de dessiccation au micro-ondes sont de deux minutes contre une minute ici. Nos résultats présentent une meilleure fiabilité probablement pour deux raisons : un pas de mesure à une minute et un échantillon plus homogène. Nous avons en effet des plaquettes bien calibrées comme le montre la partie sur la granulométrie tandis que le Critt bois indique qu'ils ont de leur côté une « non homogénéité des échantillons ».

Ensuite, une analyse est faite pour savoir si la méthode de mesure au micro-ondes est plus fiable dans une plage de taux d'humidité donnée. Par exemple, est-ce qu'il y a moins d'erreur quand on mesure le taux d'humidité au micro-ondes sur des plaquette sèches ? Pour ce faire, les marges d'erreur obtenue sont répertoriées sur les différentes classes d'humidité (obtenus à l'étuve qui est la valeur de référence).

On obtient le graphique et le tableau de données afférents sur la figure 21 ci-dessous.

Figure 21 : Représentation graphique des mesures d'humidité réalisées au micro-ondes sur 31 échantillons, en fonction des pourcentages d'erreur des mesures d'humidité entre l'étuve et le micro-ondes



Le pourcentage d'erreur moyen est comparable d'une classe à une autre. **Il n'y a pas de corrélation entre le pourcentage d'erreur et le taux d'humidité de l'échantillon.** Les écarts entre classes ne sont pas significatifs.

La méthode de mesure au micro-ondes est donc adaptée à tout échantillon de plaquettes bocagère quelque soit son taux d'humidité au départ.

D'après cette étude, les marges d'erreur sont aléatoires, ils ne semblent pas être du à une essence spécifique, un type de stockage ou un temps de ressuyage particulier

b) Propositions pour les mesures de terrain

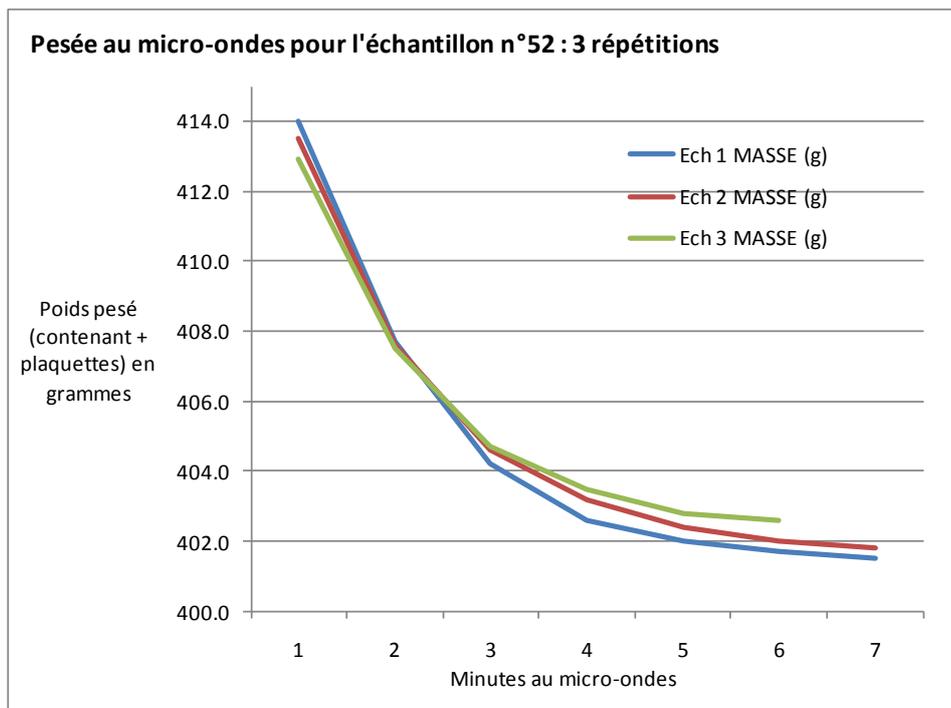
Pour les besoins de l'étude, afin d'avoir des références fiables, tous les échantillons de plaquettes ont été mesurés suivant même méthode. Mais pour pouvoir appliquer cette méthode au quotidien et gagner du terrain sur le terrain, on peut s'affranchir de quelques étapes : commencer à mesurer le poids des plaquettes au bout de 3 voir 4 minutes de micro-ondes puis toutes les minutes et éventuellement ne faire que deux répétitions sur un même échantillon.

Sur les fiches de mesure du taux d'humidité au micro-ondes (en [annexe 8](#)) on voit qu'il faut une même durée à chaque fois pour faire évaporer l'eau contenue dans les plaquettes avec le micro-ondes à pleine puissance soit en général 7 minutes (donc 7 mesures : une par minute) et plus précisément :

- de 7 à 9 minutes pour des plaquettes très humides,
- de 4 à 7 minutes pour des plaquettes très sèches.

Plus le temps de séchage est cours, moins il y a d'humidité dans l'échantillon.

Figure 22 : Exemple de poids mesurés par minute passée au micro-ondes pour calculer le taux d'humidité d'un échantillon (assiette de 410 gr ici)



Par ailleurs, sur les [tableaux 14 et 15](#) et sur l'exemple de la [figure 22](#) ci-dessus, on voit que **les plaquettes perdent en moyenne 81 % leur teneur en eau au bout de 3 minutes dans le micro-ondes** à pleine puissance et sur 31 mesures, cela va de 50 à 93.5 %. Il faut parfois 4 minutes pour dépasser les 80 % surtout quand les plaquettes sont très humides (seule exception à la règle : l'échantillon n°60).

En conclusion, on peut directement passer les plaquettes trois minutes au micro-ondes et commencer à peser au bout de trois minutes puis reprendre une pesée toutes les minutes.

Si on observe les fiches de mesures de l'humidité au micro-ondes, on voit que la quantité de plaquette placée sur le contenant n'a pas l'air d'influencer les résultats.

Par ailleurs, on voit que la puissance du fonctionnement du micro-ondes ne semble pas influencer les résultats (essai à pleine puissance et à 80% de la puissance).

III.5. Mesures à la sonde Humitest

III.5.1. Présentation du matériel

La sonde Humitest, achetée par la FDCUMA 50, permet d'obtenir une approximation rapide sur le terrain de l'humidité des plaquettes (en théorie). Cette sonde est vendue par Domosystem. Voir *photos* ci-dessous et [informations](#) du constructeur [en annexe 9 page 176](#). Elle se compose d'une tige longue de 60 cm reliée à un boîtier électronique. Un programme (de A à J) installé dans la sonde doit être choisi en fonction de la composition en essences du bois à mesurer. La tige est enfouie dans les tas de plaquettes pour mesurer le taux d'humidité. Le capteur de la sonde est un anneau de caoutchouc microporeux situé au bas de la tige.

D'après les données du constructeur, cette sonde est adaptée aux bois entre 7 % et 25-30% d'humidité. Les valeurs obtenues sont valables pour du bois à 20 °C et il faut soustraire approximativement 0.5 % par 5 °C pour un bois dont la température est supérieure à 20 °C (et inversement si température inférieure).

Des valeurs à la sonde ont été prises sur des stocks, en testant différents endroits du tas de plaquettes.

Figure 23 : Photos de la sonde Humitest



III.5.2. Présentation des résultats

La sonde possède des programmes intégrés allant de A à J correspondant à des essences de bois tel que précisé dans la notice. Les programmes A, B, et C ont été utilisés pour les essences de bocage. Selon le programme choisi, les valeurs données par la sonde Humitest sur des plaquettes bocagères ont différées de quelques pourcents supérieurs ou inférieurs.

Une fois placée dans le tas de plaquettes, le taux d'humidité qui doit s'afficher sur le boîtier électronique met du temps à se stabiliser. Souvent, il a fallu relever la mesure avant une totale stabilisation du chiffre. C'est surtout le cas dans les tas en cours de séchage. Et sur certains tas, la mesure qui s'est affichée était totalement aberrante. La sonde a ainsi affiché à plusieurs reprises 100% d'humidité et cela se produisait surtout les jours pluvieux.

Plusieurs mesures sur des tas effectuées sur le terrain n'ont donc pas pu être relevées. Le [tableau 17](#) ci-dessous recense les mesures qui ont pu être effectuées sachant qu'une mesure (une place) correspond réellement à la moyenne de trois prises de mesures consécutives au même endroit du tas.

**Tableau 17 : Taux d'humidité mesurés avec la sonde Humitest comparés à la mesure de référence (à l'étuve)
Tri des résultats suivant le taux d'humidité à l'étuve**

Taux d'humidité mesurés avec la sonde Humitest						
3 mesures par place avec la sonde humitest (résultats moyens sur ces 3 mesures)						
N°	Taux d'humidité etuve en %	Taux d'humidité à la sonde Humiditest en %	Ecart en points	% erreur	Observations	Taux humidité micro-ondes %
16	46.11	39.50	-6.61	-14.3%		
29	40.87	95.00	54.13	132.4%	valeur aberrante	36.72
26	40.26	73.00	32.74	81.3%	valeur aberrante	37.41
27	35.49	51.40	15.91	44.8%		34.05
24	35.46	38.40	2.94	8.3%		31.27
47	27.66	39.19	11.53	41.7%	moyenne sur 3 places	26.57
43	27.50	27.32	-0.18	-0.7%	moyenne sur 2 places	26.17
46	26.57	28.99	2.42	9.1%	moyenne sur 3 places	22.58
44	25.10	26.44	1.34	5.4%	moyenne sur 3 places	
49	24.72	30.69	5.97	24.1%	moyenne sur 3 places	23.87
56	18.86	27.71	8.85	46.9%	moyenne sur 4 places	
55	18.43	32.87	14.44	78.3%	1 place	15.26
51	17.81	27.67	9.86	55.3%	1 place	18.09
54	16.64	32.87	16.23	97.5%	moyenne sur 2 places	
Nombre de valeurs		12	n°29 et n°26 valeurs aberrantes en rouge exclues			
Moyenne	26.7	33.6	6.9	33.0%		
Ecart-type	8.8	7.4	7.1	33.7%		
Min	16.6	26.4	-6.6	-14.3%		
Max	46.1	51.4	16.2	97.5%		
Médiane	25.8	31.8	7.4	32.9%		

Le taux d'humidité obtenu en laboratoire avec la méthode à l'étuve est considéré comme la valeur scientifique de référence donc la valeur réelle du taux d'humidité des plaquettes. Les taux d'humidité obtenu avec la méthode au micro-ondes est mis ici à titre d'information.

14 mesures du taux d'humidité à la sonde ont été réalisées dans des tas de plaquettes de plus au moins humide : de 46 à 17 % d'humidité.

Deux valeurs jugées aberrantes, sur l'échantillon n°29 avec un taux affiché de 95 % et sur l'échantillon n°26 avec 73 % sont retirées de la synthèse en bas de tableau puisque ce taux d'humidité sont impossible à trouver dans la réalité sur du bois-décheté. Cela s'explique : il s'agit de mesures sur des plaquettes à 40 % ce qui très supérieur de 30 % d'humidité maximum des plaquettes préconisé par le constructeur. Pourtant sur la mesure effectuée sur l'échantillon n°16 a 46 % d'humidité on obtient 39.5 % sur la sonde soit 14 % d'erreur ce qui est inférieur aux 24 % d'erreur trouvé sur l'échantillon n°49 pourtant sec avec près de 25 % d'humidité dans la réalité contre 31 % affiché par la sonde. 9 mesures ont été faites sur des plaquettes ayant moins 30 % d'humidité.

Sur 12 échantillons, la mesure du taux d'humidité à la sonde Humitest par rapport à la mesure à l'étuve présente un écart de près de 7 points en moyenne (de -6.6 à +16.2) soit **une marge d'erreur de 33 % en moyenne** (de -14.3% à +97.5% !). L'écart de résultat d'une mesure à une autre réalisée sur des tas comparables

montre que les mesures réalisées à la sonde ne sont pas fiables. Prenons les échantillons n°47 et n°43 avec des plaquettes à 27.5 % d'humidité, la sonde donne un résultat avec 41.7 % d'erreur pour le premier mais donne le bon résultat pour le second (-0.7%).

La température du tas n'a pas été prise au moment du prélèvement, il n'est donc pas possible d'évaluer plus justement le taux d'humidité mesuré comme préconisé par le constructeur. En effet on peut supposer que beaucoup de tas de plaquettes ne sont pas à 20°C par exemple durant le séchage, durant l'hiver, en plein été, ce qui va influencer le résultat lu à la sonde. Cependant ce « biais » de mesure n'explique pas à lui seul les marges d'erreur observées.

Sur la plate-forme d'Athis (échantillon n°47), la sonde a été enfoncée en plusieurs endroits du tas de haut en bas. Un gradient d'humidité a pu être observé. Plus la sonde était enfoncée haut, plus la valeur d'humidité était grande, allant d'une valeur de 38,4% au deux tiers du tas, passant par une valeur de 29,2% au un tiers du tas, pour atteindre 25,4% en bas du tas de plaquettes. En descendant du tas, les valeurs d'humidité observées ont été plus faibles. De même avec l'échantillon n°36 (mesure non répertoriée dans le tableau ci-dessus), sous un hangar agricole la valeur d'humidité en haut du tas a atteint 46% tandis qu'au tiers du tas, la valeur d'humidité a été de 26,6%.

III.5.3. Conclusion sur la méthode avec la sonde

La mesure d'humidité à la sonde Humitest est rapide et pratique mais elle n'a pas donné des résultats probants. Cet outil permet de mesurer le taux d'humidité de plaquettes stockées depuis plusieurs mois à condition que le résultat affiché se stabilise et que la valeur soit cohérente.

La sonde a été défaillante de nombreuses fois. Les réactions physico-chimiques qui se produisent dans le tas de plaquettes en cours de fermentation pendant le séchage expliquent que la sonde ait des difficultés à donner un taux d'humidité correct à ce moment là. Par conséquent, il faut éviter d'utiliser cette sonde sur plaquettes « vertes » et aussi sur des plaquettes en cours de séchage.

Les quelques résultats obtenus montrent des marges d'erreur importantes (33% en moyenne) par rapport à la réalité même sur des plaquettes sèches à 25% d'humidité. Il faut aussi que les plaquettes soient à une température de 20°C ce qui complique encore la lecture de la valeur affichée sur la sonde.

Pour conclure, l'utilisation de la sonde Humitest n'est pas conseillée pour connaître le taux d'humidité des plaquettes bocagères car les résultats obtenus ne sont pas assez fiables.

IV. AUTRES MESURES : GRANULOMÉTRIE ET MASSE VOLUMIQUE DES PLAQUETTES BOCAGÈRES

IV.1. Granulométrie

IV.1.1. Objectif et mesures réalisées

La granulométrie représente la répartition, en classe de taille, des particules composant un combustible. Elle se détermine par tamisage.

Dans l'objectif d'approvisionner les chaudières à bois-décheté de petite puissance, compte-tenu du type de foyer et du système d'amenée du combustible, deux paramètres sont importants :

- La proportion de fines : plus elle est importante, et plus il devient difficile de contrôler la combustion. Les fines diminuent le rendement de combustion des chaudières. L'accumulation de fines en bas de vis d'alimentation, surtout si elle est inclinée, peut causer des dysfonctionnements du système d'alimentation du silo à la chaudière. Et la quantité de poussières évacuée avec les fumées dépend en grande partie du volume de fines. Les fines sont liées au type de bois qui est décheté : les feuilles, les aiguilles, les écorces et, le plus souvent, les très petites branches (moins de 3 cm de diamètre) causent la production de fines au moment du déchetage et ensuite lors du séchage.
- La proportion d'éléments grossiers que l'on appelle généralement « queues de déchetage » : ces éléments peuvent provoquer des incidents dans les systèmes d'alimentation (blocage, bourrage).

La granulométrie des plaquettes bocagères produite dépend de plusieurs facteurs : le diamètre des branches déchetées, le type de décheteuse, la dimension des mailles de la grille de calibrage de la décheteuse, la vitesse d'introduction du bois lors du déchetage.

L'objectif des mesures était de comparer la granulométrie des plaquettes bocagères obtenue en fonction des normes en vigueur et en fonction des contrats de fournitures existants. En parallèle, la réflexion s'est dirigée sur la rédaction d'un protocole de mesure de la granulométrie du bois décheté donnant des résultats les plus cohérents possibles.

Afin de mesurer la granulométrie, 22 échantillons de plaquettes bocagères ont été passés dans le tamis mécanique.

IV.1.2. Matériel utilisé

Pour cette mesure, les outils de mesure de la société Biocombustibles SA ont été utilisés en raison de la proximité (bureaux basés à Thury-Harcourt) et de la gratuité d'accès.

- **Un tamis mécanique RETSCH AS 40B de cinq tamis à mailles carrées respectivement de dimension 80, 40, 20, 10 et 2 mm** (de haut en bas) fonctionnant par alimentation électrique sur le secteur ; *photo ci-dessous à gauche*. Notons que ce tamis n'est pas conçu spécifiquement pour mesurer des plaquettes. Il n'existe donc pas de mode d'emploi pour savoir comment utiliser ce tamis avec des plaquettes.
- **Une balance OHAUS avec une portée de 2 kg et une précision de 1 g** ; *photo page ci-dessous à droite*.

Figure 24 : Photo du matériel utilisé pour la mesure de la granulométrie



IV.1.3. Méthode de mesure

Le principe est de faire passer au travers du tamis un échantillon homogène afin de déterminer la masse comprise entre deux dimensions, correspondant aux bornes des classes de distribution. Le tamis vibre selon une amplitude donnée et une durée donnée, séparant les éléments (les morceaux de bois) dans les différentes classes. Les plaquettes recueillies dans les différents tamis sont pesées par la balance.

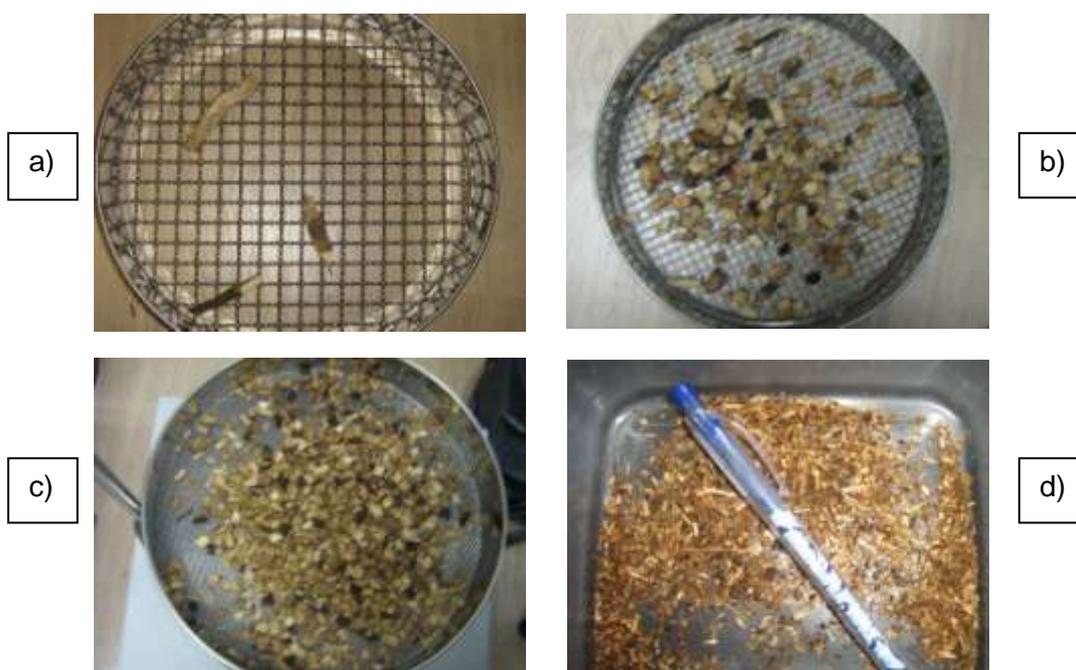
Le tamis a été mis à disposition sans mode d'emploi sachant qu'il n'est pas dédié à la mesure du bois-décheté. Et comme il n'existe aucune méthode de mesure publiée avec un tel tamis, il a fallu élaborer une méthode de mesure en expérimentant l'outil « sur le tas ».

Méthode de mesure adoptée in fine : prendre un échantillon de 2 kg de plaquettes et le séparer en portions homogènes de 350 grammes environ pour chacune. Peser la portion de plaquettes. Mettre les tamis les uns sur les autres de façon aléatoire (sens des mailles) sur le support éteint. Verser au-dessus du tamis de façon la plus aléatoire possible la portion de plaquettes. Mettre en route le tamis pendant 4 minutes à une vitesse de 220 tours minutes.

Figure 25 : Photo du tamis RETSCH AS 40B de cinq tamis à mailles carrées en fonctionnement à 220 tours/minutes sur une durée de 4 minutes, dans les locaux de Biocombustibles SA ►



Figure 26 : Répartition des plaquettes au sein des tamis inférieurs à 40 mm a), à 20 mm b), à 10 mm c) et à 2 mm d).



Le tamis 80 mm n'est pas en photo ci-dessus.

Il faut souligner qu'il faut du temps pour faire l'ensemble de ces manipulations : cette méthode n'est donc pas très rapide.

Les résultats obtenus sur les échantillons analysés avec les différents essais de mesure (voir notamment la colonne remarque) sont placés [en annexe 10 page 179](#).

Il y a des erreurs à éviter avec cette méthode de mesure. Plusieurs observations (et interrogations) ont été faites à l'usage :

- Lors du versement des plaquettes sur le tamis, les morceaux longs (queues de déchetage notamment) peuvent se mettre à la verticale et passer à travers le premier tamis alors que leur longueur dépasse la maille du tamis du dessus (voir *figure 27* ci-dessous) d'autant plus que la vitesse est rapide. Éviter les vitesses de rotation trop importante (supérieure à 230 tours/minute).

**Figure 27 : Photo des plaquettes réparties après tamisage
Vue du dessus du tamis mécanique après ouverture du couvercle**



- Les petits morceaux et surtout les fines ont tendance à rester sur les morceaux de taille moyenne qui se situent sur le tamis 10 mm (fraction la plus importante) en raison du mode de rotation (les morceaux ne se retournent pas, ils ne sont pas assez secoués) d'autant plus que la quantité de plaquettes versée est grande ; ne pas verser une trop grande quantité de plaquettes à chaque fois (moins de 450 gr) et faire fonctionner à plus de 200 tours par minutes.
- Mesurer la granulométrie de préférence sur des plaquettes sèches car l'eau contenue dans les plaquettes a tendance à coller les fines sur les morceaux. On voit clairement dans les résultats la différence de répartition des éléments entre plaquettes sèches et vertes.
- Comment verser au mieux les plaquettes ? Au centre du tamis ou répartir sur le tamis ? Quelle quantité verser ? Il a fallu se décider.

- Il y a une petite perte d'éléments due aux manipulations. Environ 0.5 % du poids est perdu avec cette technique, ce qui n'est pas dommageable.

Les résultats obtenus avec l'échantillon F1 sont intéressants, à titre d'exemple. On voit que les mesures 10 et 11 faites avec un échantillon pesant autour de 550 grammes à une vitesse de 160 à 200 tours par minutes sont faussées, car la classe 20-40 mm comprend 40 à 50 % de plaquettes alors qu'après avoir réduit la taille de l'échantillon et augmenté la vitesse à 220 tours/min comme sur la mesure n°13, la classe 20-40 mm ne représente plus que 1 à 4 % de plaquettes, la quantité « disparue » étant passée dans la classe 2-10 mm qui comprend près de 60 % de plaquettes contre de 10 à 15 % sur les mesures 10 et 11. On le vérifie en regardant la répartition des plaquettes avec les mesures 16 et 17 faites grâce à un secouage manuel.

Il faut donc être très vigilant aux biais de mesure lié à l'utilisation de ce type d'appareil.

Au total, 43 mesures (essai de différents réglages, répétition de mesures) ont été réalisées sur 22 échantillons différents. **Mais pour l'analyse, seulement 21 mesures correspondant à 20 échantillons ont été pris en compte** ; voir tableau de synthèse le [tableau 20](#) placé en page 76.

IV.1.4. Normes en vigueur

Le document national le plus récent sur ce sujet est le référentiel combustible bois-énergie de l'ADEME édité en avril 2008 donc pendant l'étude. Il se réfère à la CEN/TS 14961 et propose une méthode pour la mesure de la granulométrie.

La spécification technique (TS) européenne CEN/TS 14961 « Biocombustibles solides » a été établie en décembre 2005 et elle est en cours de normalisation. Elle délimite des classes de biocombustibles solides mais ne lie pas les classes délimitées aux différentes utilisations possibles des biocombustibles et donc ne peut être utilisée, en l'état, comme un label de qualité. L'incorporation dans les législations nationales est obligatoire uniquement pour les normes européennes. Elle remplace alors les normes nationales pré-existantes (source : Centre wallon de Recherches agronomiques - Département Génie rural GEMBLOUX – 7 novembre 2007 - <http://cra.wallonie.be>).

Il existait (existe) des standards nationaux avant la TS européenne dans différents pays européens et la plus utilisée (quasiment la seule) pour le bois-décheté était la Ö-norm M 7133 en Autriche.

a) Norme autrichienne Ö-norm M 7133

L'Autriche étant un pays en avance sur la question du développement de la filière bois et des autres énergies renouvelables, la norme autrichienne ÖNORM 7133 G30 a été utilisée par plusieurs fabricants de chaudières en Autriche pour indiquer la granulométrie de plaquette acceptée pour leurs machines, puis elle a été reprise en France pour l'élaboration de préconisations sur les combustibles bois.

Suivant cette norme, pour les chaudières de petite puissance, les classes de granulométrie de plaquettes demandées sont du G30 ou du G50 (cf. [tableau 1](#) de la partie II.4. page 20).

Les critères des classes G30 et G50 de cette norme sont :

- **60 à 100 % de la matière totale doit avoir des morceaux de calibre moyen soit entre 2.8 et 16 mm pour G30 et entre 5.6 et 31.5 mm pour G50,**
- Au maximum 20% la matière totale doit avoir des morceaux de calibre fin (particules fines) soit entre 1 et 2,8 mm pour G30 et entre 1 et 5.6 mm pour G50,
- Au maximum 20% la matière totale doit avoir des morceaux de calibre grossier soit entre 16 et 85 mm pour G30 et entre 31.5 et 120 mm pour G50 ; au maximum les queues de déchetage doivent avoir une longueur de 8.5 cm et une section de 3 cm² pour G30 et une longueur de 12 cm et une section de 5 cm² pour G50,
- Moins de 4% de poussières soit des morceaux de calibre inférieur à 1 mm pour G30 et G50.

b) Norme européenne CEN/TS 14961

La **CEN/TS 14961** définit cinq classes granulométriques : **P16, P45 ; P63, P100 et P300** (en mm). Pour chaque classe, « 80% en masse du combustible doit passer entre les mailles d'un tamis correspondant à la classe granulométrique et être retenue dans le tamis correspondant à une granulométrie de 3,15 mm ». Il est admis que 1 % des éléments en masse peuvent avoir une granulométrie dépassant nettement la valeur nominale de classe et constitue alors la « fraction grossière ». Tandis que les fines ne dépassent pas 5 % en masse. Pour qu'un échantillon de bois-décheté produit par la déchiqueteuse rentre dans le cadre de la norme, il faudrait qu'il rentre dans une des classes granulométriques proposées par la norme CEN/TS 14961 (cf. [tableau 18](#) ci-dessous).

Tableau 18 : Classes de granulométrie des plaquettes selon la norme CEN/TS 14961

	Fraction principale > 80 % du poids	Fines < 5 %	Fraction dont la granulométrie est supérieure à < 1 %
P16	3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	< 1 mm	> 45 mm, et 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

Compte-tenu des critères vus précédemment, on peut facilement déduire que **les plaquettes destinées aux chaudières de petites puissances doivent se situer dans les classes P16 et P45.**

c) Comparaison des classifications présentées en lien avec la méthode de mesure suivie durant l'étude

Voir [tableau 19](#) page suivante. La norme européenne semble plus exigeante que la norme autrichienne pour les plaquettes de petit calibre, car plus de 80 % du poids des plaquettes doit être en-dessous de 16 mm (et au-dessus de 3.15 mm) pour la norme européenne (classe P16) contre 60 % du poids (et au-dessus de 2.8 mm)

pour la norme autrichienne (classe G30). Pour la classe suivante, les bornes sont différentes et le niveau d'exigence semble équivalent : 80 % entre 3.15 et 45 mm pour P45 contre 60 % entre 5.6 et 31.5 mm pour G50.

Plusieurs fabricants demandent des plaquettes (*tableau 1*) entre 5 mm et 30 mm ou 50 mm ce qui est une indication vague, mais que l'on peut plutôt comprendre comme se rattachant à la classe G50 ou P45.

Tableau 19 : Critères de granulométrie des plaquettes selon les deux normes : la norme européenne CEN/TS 14961 et la norme autrichienne Ö-norm 7133 ; comparaison des classes P16 et P45 avec les classes G30 et G50

Norme	Autriche Önorm M 7133	Européenne CEN/TS 14961
Classe	G 30	P 16
Fraction principale	> 60 % du poids entre 2,8 et 16 mm	> 80 % du poids entre 3,15 et 16 mm
Fraction grossière	< 20 % entre 16 et 85 mm	< 1 % plus de 45 mm
Fraction fine	< 20 % entre 1 et 2,8 mm	
Poussières / fines	< 4 % moins de 1 mm	< 5 % moins de 1 mm
Non défini		% entre 1 et 3,15 mm % entre 16 et 45 mm
Taille maxi	moins de 85 mm moins de 3 cm ²	moins de 85 mm
Norme	Autriche Önorm M 7133	Européenne CEN/TS 14961
Classe	G 50	P 45
Fraction principale	> 60 % du poids entre 5,6 et 31,5 mm	> 80 % du poids entre 3,15 et 45 mm
Fraction grossière	< 20 % entre 31,5 et 85 mm	< 1 % plus de 63 mm
Fraction fine	< 20 % entre 1 et 5,6 mm	
Poussières / fines	< 4 % moins de 1 mm	< 5 % moins de 1 mm
Non défini		% entre 1 et 3,15 mm % entre 16 et 45 mm taille maxi
Taille maxi	moins de 120 mm moins de 5 cm ²	

Le matériel utilisé ici ne dispose pas des mailles de tamis voulues pour pouvoir comparer les mesures de granulométrie avec l'une ou l'autre norme.

Si on considère la norme européenne :

- on a un tamis de 2 mm, plus fin que le 3.15 mm souhaité pour mesurer la fraction principale (donc plus petit de 36.5 %) On obtient donc une masse plus faible de fraction fine. Ce tamis de 2 mm est par contre trop gros pour mesurer les poussières (moins de 1 mm).

- on a un tamis de 10 mm, là encore plus fin que le 16 mm souhaité pour la P16 (de 37.5 %). On va donc avoir une fraction principale réduite mais qui peut être compensée par la présence de plus de fines qui ne passe pas dans la fraction fine (cf.ci-dessus).
- on a un tamis de 20 mm, trop large par rapport au 16 mm souhaité (de 20 %) pour la P16 ; seulement une partie de cette classe peut donc être classée dans la fraction principale de la P16.
- on a un tamis de 40 mm, trop petit par rapport au 45 mm souhaité pour la P45 (de 11 %), la marge d'erreur est moins importante ici. La fraction principale est un peu surestimée.
- on a un tamis de 80 mm, est trop large pour mesurer la fraction grossière (plus de 63 mm) soit un écart de 21 %. On ne peut connaître précisément la masse de fraction grossière.

IV.1.5. Résultats obtenus

Voir le [tableau 20](#) en page suivante.

Malgré les limites énoncées plus haut, les mesures de granulométrie réalisées permettent de mieux connaître les plaquettes bocagères.

a) Granulométrie moyenne des plaquettes bocagères

Sur 6 échantillons de plaquettes bocagères sèches, on obtient en moyenne une répartition granulométrique suivante :

4 % de moins de 2 mm
54.1 % entre 2 et 10 mm
37.1 % entre 10 et 20 mm
4.6 % entre 20 et 40 mm
0.2 % entre 40 et 80 mm

Les plaquettes bocagères produites sont donc bien calibrées.

La fraction principale se situe entre 2 et 20 mm qui comprend en moyenne 91 % du poids des plaquettes sèches. Ensuite 4 % du poids des plaquettes se situe en-dessous de 2 mm (la fraction fine et les fines) et près de 5 % du poids est au-dessus de 20 mm dont seulement 0.2 % au-dessus de 40 mm. On a bien des plaquettes ici qui semblent entrer dans la classe P45 de la norme européenne. On a bien moins de 5% de fines et moins de 1% d'éléments grossiers. Il faudrait vérifier que 80 % du poids est dans la fraction principale entre 3.15 et 45 mm mais cela semble fort probable ici.

La fraction principale se compose de 54 % de poids entre 2 et 10 mm et 37 % entre 10 et 20 mm. Est-ce que les plaquettes entrent dans la classe P16 ? Difficile à dire, il faudrait savoir si 80 % du poids se situe entre 3.15 et 16 mm ce qui semble un peu juste ici.

Tableau 20 : Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères - synthèse des résultats obtenus

Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères avec le tamis de Biocombustibles SA										Résultats pour analyse (synthèse)				
		Poids	> 80	] 40-80	] 20-40	] 10-20	] 2-10	< = 2	Poids	Pertes	Nb	Temps
<u>Nb échantillons total</u>	<u>22</u>	initial (gr)	mm	mm]	mm]	mm]	mm]	mm	final (gr)	gr / %	/ min	(min)		
<u>Nb de mesures total</u>	<u>43</u>													
Moyenne de 14 échantillons de vert à sec (cf ci-dessous)		348	0,0%	0,1%	6,2%	43,6%	47,0%	3,1%	343	1,2%	220	4		
Moyenne vert : 5 échantillons (Q R S T U)		348	0	1	18	163	154	8	344	4				
		100%	0,0%	0,2%	5,4%	47,5%	44,7%	2,2%	0	1,3%	220	4		
Moyenne mi : 3 échantillons (N O P)		344	0	0	29	158	143	11	341	3				
		100%	0,0%	0,0%	8,6%	46,0%	42,4%	3,0%	0,0%	0,8%	220	4		
Moyenne sec : 6 échantillons (F G H I J K)		350	0	1	16	126	187	14	343	7				
		100%	0,0%	0,2%	4,6%	37,1%	54,1%	4,0%	0,0%	1,6%	220	4		
<i>A comparer avec les 4 résultats ci-dessous</i>														
Tas de plaquettes bien calibrées I (visuellement)		350	0	0	11	130	201	7	349	1				
1 échantillon / moyenne de 2 mesures (I)		100%	0,0%	0,0%	3,2%	37,2%	57,6%	2,0%		0,3%	223	4		
Tas de plaquettes non calibré L (visuellement)		352	0	4	52	105	170	19	350	2				
1 échantillon / moyenne de 2 mesures (L)		100%	0,0%	1,1%	14,9%	30,0%	48,6%	5,4%		0,6%	225	4		
Tas de petites plaquettes M (déchiqueteuse ma		345	0	0	6	40	255,5	39	341	4,5				
1 échantillon / moyenne de 2 mesures (M)		100%	0,0%	0,0%	1,8%	11,7%	75,0%	11,5%		1,3%	223	4		
Tas de bois défibré W (non déchiqueté)		223	1,5	5	13	32	146	23	221	2,5				
1 échantillon / moyenne de 2 mesures (W)		100%	0,7%	2,3%	5,9%	14,5%	66,2%	10,4%		1,1%	235	4		
TOTAL sur 20 échantillons (tous sauf échantillons W et M)														
moyenne de 21 mesures		439	0	3	41	183	190	14	432	6,5				
		100%	0,1%	0,6%	8,0%	42,1%	45,9%	3,3%	0	1,3%				
Seulement 99,44 % du poids total est retrouvé en fin d'expérience, cette perte de masses s'explique par les différentes manipulations au tamis.														
C'est pourquoi une moyenne sur une masse de 100 a été faite, pour avoir des pourcentages recalculés.														

En complément, 3 échantillons ont été pris sur des plaquettes en cours de séchage et 5 échantillons sur des plaquettes vertes. Des disparités apparaissent quand on va des plaquettes sèches aux plaquettes vertes ; un peu moins de fines (de 4 à 2.2 %), et surtout plus de plaquettes entre 10 et 20 mm (47 % contre 37 %) et d'autant moins entre 2 et 10 mm (près de 45 % contre 54 %). On peut supposer que les éléments fins et les poussières se détachent mieux une fois que les plaquettes sont sèches (par exemple les résidus de feuilles qui vont s'assécher et devenir poussière). Ainsi, quand les plaquettes sont « vertes », des morceaux restent certainement collés entre eux avec l'humidité (l'eau).

La répartition reste quand même comparable si on regarde les « ordres de grandeur » dans chaque classe. On a donc la possibilité de faire des mesures sur plaquettes vertes si on a vraiment un doute sur la granulométrie sans avoir à attendre leur séchage complet.

b) Granulométrie mesurée et observations visuelles

Au-delà des moyennes, la comparaison des résultats entre échantillons donne des enseignements. Attention cependant à prendre ces observations avec précaution puisqu'on ne considère qu'un échantillon à chaque fois.

Bien calibré ou pas ?

L'échantillon I a été prélevé pour son aspect visuel : les plaquettes paraissent bien calibrées les morceaux sont de taille homogène et on ne voit quasiment pas de fines ou d'éléments grossiers. Au contraire, l'échantillon L ressemble à un échantillon de plaquettes bocagères plus hétérogène, on voit des morceaux calibrés mais aussi des morceaux de bouts de petites branches, un peu de poussière et quelques morceaux plus grossiers. Les mesures réalisées confirment ces observations visuelles.

Les plaquettes calibrées entre dans les moyennes de classes présentées ci-dessus avec une fraction principale plus importante (près de 95%) de fait d'un peu moins de fines (2%) et d'éléments de plus de 20 mm (3.2%). Tandis que les plaquettes non calibrées présentent plus d'éléments grossiers (16 % au-dessus de 20 mm), plus de fines (5.4%) et une fraction principale (de 2 à 20 mm) rassemblant 79 % du poids.

Malgré tout les deux échantillons appartiennent certainement à la même classe P45. Les différences sont modérées.

Déchiquteuse à grappin ou déchiquteuse manuelle ?

La grande majorité des échantillons ont été produits avec les déchiquteuses à grappin des CUMA (équipées en général avec une grille de calibrage de 45 mm). Cependant, l'échantillon M a été produit avec la déchiquteuse manuelle de la CUMA de Préaux.

Dans ce cas, 75 % du poids se situe entre 2 et 10 mm ce qui est supérieur de 20 points par rapport à la moyenne obtenue ci-dessus : la déchiquteuse manuelle produit donc des plaquettes de plus petite taille qu'une déchiquteuse à grappin (avec grille de 45 mm) en moyenne. Cette mesure rejoint les observations faites sur le terrain depuis l'arrivée des déchiquteuses à grappin.

Ensuite le poids se répartit également dans les classes en-dessous (11.5 % en-dessous de 2 mm) et au-dessus (11.7% entre 10 et 20 mm). On obtient donc avec la déchiquteuse manuelle une fraction fine trois fois plus importante que celle produite avec une déchiquteuse à grappin.

Figure 28 : Photos de plaquettes bien calibrées visuellement (avec pièce de 2 €) à gauche, de bois défibré en cours de mesure à droite, de morceaux de bois-décheté mesurés à la règle en bas (et pièce de 1 €).



Bois-décheté ou défibré ? On voit parfois arriver sur les plates-formes du bois qui n'a pas été déchiqueté mais qui a plutôt été défibré, certainement avec un broyeur à marteaux. On obtient un produit qui ne peut pas être utilisé dans les chaudières à plaquettes. L'échantillon de bois défibré W a été passé au tamis mécanique.

La répartition dans les classes de granulométrie est très proche de l'échantillon obtenu avec la déchiqueteuse manuelle, avec une fraction principale (de 2 à 20 mm) de 81 % et plus d'éléments grossiers (3 % au-dessus de 40 mm).

Cet essai montre qu'il faut éviter de tirer des conclusions trop hâtives quand on mesure la granulométrie : rien de vaut une observation visuelle avant mesure pour savoir si on est bien en présence des plaquettes déchiquetées calibrées souhaitées.

IV.1.6. Conclusion

Les mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères sont cohérentes. La fraction principale d'un tas de plaquettes rassemble des morceaux de bois de 2 mm à 20 mm. **On a donc des plaquettes adaptées à une utilisation en chaudières de petites puissances.**

Cependant la méthode de mesure de la granulométrie utilisée ici présente de nombreuses limites, la principale étant la rotation mécanique du tamis. Pour l'avenir mieux vaut passer à un secouage manuel de façon à mieux séparer chaque fraction, en utilisant un tamis ressemblant aux tamis utilisés pour les céréales et appelés tamis américain (voir photo *figure 29*).

Autre biais lié à la méthode de mesure, encore plus important celui-là, mais que l'on retrouve dans toutes les méthodes de mesures existantes actuellement (cf. partie bibliographie I.3.1.), le passage de morceaux (longs et effilés tels que les queues de déchiquetage) à travers les mailles grossières du tamis qui passent à la verticale alors que leur longueur dépasse la taille autorisée. Il est donc difficile d'estimer précisément la fraction grossière compte-tenu de ce biais de mesure.

Aussi, une observation visuelle du tas de plaquettes par une personne expérimentée est nécessaire avant toute mesure. Cette observation permet déjà de savoir si la granulométrie des plaquettes et le type de déchiquetage est approprié et cela suffit souvent à estimer à quelle classe de granulométrie les plaquettes appartient et le taux de queues déchiquetage.

Enfin, il faut bien sûr disposer des tamis de maille correspondant aux valeurs demandées dans la classification européenne, au minimum les tamis 3.15 mm, 16 mm et 45 mm pour mesurer la fraction principale et ensuite les autres : 1 mm, 63 mm et 85 mm.



**Figure 29 : Photo d'un tamis américain ►
(appartenant au Contrôle Laitier)**

IV.2. Masse volumique

IV.2.1. Présentation

La masse volumique est le rapport de la masse par son volume. L'unité de mesure de la masse volumique dans le système international est le kilogramme par mètre cube (kg/m^3).

Par contre, la densité d'un matériau est, pour les solides et les liquides, le rapport de la masse volumique de ce matériau à celle de l'eau (à $3,98^\circ\text{C}$, la masse volumique de l'eau vaut 1 g/cm^3). La densité est donc un nombre sans dimension, sans unité. Ceci donne lieu à des confusions fréquentes entre les concepts de masse volumique et de densité. À noter également comme source d'erreur supplémentaire, en anglais le mot mass-density est souvent réduit à density pour signifier masse volumique (source : site internet wikipedia).

IV.2.2. Méthode et matériel utilisé

a) Pesée et cubage des bennes

Une méthode de calcul communément utilisée sur le terrain est basée sur la pesée des bennes et le volume de plaquettes transporté.

- Poids : on fait la différence entre le poids de la benne pleine et le poids de la benne à vide pour obtenir le poids de plaquettes transportées.
- Volume : on cube le volume de plaquettes transportées ; le mieux est de remplir une benne de plaquette à ras bord de façon à ce que le volume (intérieur) de la benne soit le même que le volume de plaquettes transportées.

En divisant les deux valeurs, on obtient la masse volumique.

Cette méthode a été utilisée durant l'étude lorsque les plaquettes étaient livrées sur une plate-forme gérée par la SCIC Bois Bocage Énergie de façon à avoir le ticket de pesée (élément fiable) indiquant le poids de plaquette transportée. La benne était alors cubée à l'aide d'un décimètre pour avoir son volume. Cependant, sur le terrain, le remplissage maximal de la benne était difficile à vérifier car les plaquettes sont généralement en tas dans la benne (en forme de dôme) à moins de monter sur la benne et d'étaler les plaquettes sur toute la surface ce qui n'était pas possible à chaque fois (contraintes liées au chantier).

b) Poubelle et pèse-personne

Pour ne pas ralentir les chantiers et pour pouvoir mesurer la masse volumique une fois que les plaquettes sont stockées en tas, nous avons cherché une autre méthode. Or, même si le principe de mesure de la masse volumique est simple, nous n'avons pas trouvé d'autre méthode de mesure existante. Nous avons donc conçu notre propre méthode qui se veut pratique et suffisamment fiable, notamment en discutant avec des agriculteurs et en nous inspirant des méthodes de mesures sur céréales.

Il fallait choisir un contenant à peser à vide puis à peser rempli de plaquettes :

- ni trop petit pour avoir un volume de plaquette représentatif ;
- ni trop gros et ni trop lourd pour pouvoir le porter une fois plein à bout de bras.

Nous avons donc opté pour :

- **Une poubelle domestique de 80 L** (diamètre à la base 41 cm à l'intérieur – hauteur 49 cm), photo *figure 30* page suivante.
- **Un pèse-personne électronique domestique** de portée 130 kg avec graduations de 100 g et de précision $\leq 0.5 \%$ à 130 kg avec affichage instantané du poids (Tefal Sense), photo *figure 30* page suivante.

La méthode de mesure de la masse volumique consiste à se peser seul (sans la poubelle), puis à se peser avec la poubelle remplie à ras bord de plaquettes sans tassement. La pesée est renouvelée au moins une fois pour assurer une fiabilité minimum dans la reproduction des résultats. La différence de poids correspond au poids des plaquettes et de la poubelle. Ce poids est multiplié par le coefficient de cubage de la poubelle à vide qui est pour la poubelle utilisée, de 11,5187. Ce coefficient est basé sur le volume de la poubelle (0.0868153 m^3) calculé par Laurent NEVOUX, conseiller en haie de la Chambre d'Agriculture de

l'Orne. Ainsi, la masse volumique de plusieurs échantillons de plaquettes a pu être déterminée en kg / m^3 .

Figure 30 : Photo du matériel utilisé pour mesurer la masse volumique des plaquettes



IV.2.3. Données bibliographiques

« Pour une humidité sur brut comprise entre 20 et 30 %, la masse volumique des plaquettes est comprise entre 200 à 300 kg/m^3 » (source : annuaire de l'Institut des Bioénergies, ITEBE).

Plusieurs paramètres entrent en jeu pour faire varier la masse volumique des plaquettes :

- **la granulométrie** (taille et grosseur des plaquettes).
- **le type d'essence de bois** : les bois durs comme le chêne, le frêne, le châtaigner et l'érable sont plus lourds que des bois tendres ou dits « d'eau », comme le saule, le peuplier ou encore l'aulne (cf. [tableau 21](#) page suivante, attention chiffres sur du bois « plein » non décheté après avoir retiré toute l'eau, ce qui n'existe qu'en labo). En effet, un bois d'eau va avoir une masse volumique inférieure à du bois dur. Pour un mètre cube de bois « frais » (vert) pesant entre 850 kg (peuplier) et 1 100 kg (hêtre), les plaquettes correspondantes pèsent de **280 à 370 kg/m^3 vert**.
- **le taux d'humidité des plaquettes** : tout dépend si la mesure est faite sur plaquette « verte » ou sur plaquette « sèche » et du temps de ressuyage des branches entière sur le champ. Pour des mélanges d'essences, **la masse du mètre cube de bois vert oscille entre 300 et 350 kg, et pour des bois secs, la masse du mètre cube est autour de 200 à 250 kg** (4 à 5 MAP = 1 tonne), (source : site Biomasse Normandie).

L'étude permet de vérifier si les masses volumiques des plaquettes bocagères, déterminées sur les chantiers de déchetage ou sur les sites de stockage, sont similaires à celles retrouvées dans la bibliographie.

Tableau 21 : Masse volumique des bois « pleins » à l'état anhydre en fonction de leur essence (tableau de l'ITEBE)

Type de bois		Essence	Pouvoir calorifique à l'état anhydre	Masse Volumique mini	Masse Volumique maxi
			<i>kWh/kg ou MWh/t</i>	<i>kg/m³ plein</i>	<i>kg/m³ plein</i>
Bois durs	Feuillus	Buis		910	1160
		Chênes	4,9	550	900
		charme	4,8	800	900
		hêtre	4,9	690	910
		frêne	5	630	1000
		orme	5,1	600	850
		acacia	5	660	770
		bouleau		600	630
		châtaignier	5,2	550	740
		marronnier		540	540
		fruitiers	4,9	580	860
		érables	5,3	570	740
		Bois tendres	Feuillus	tilleul	4,9	490	580
aulne	440			660	
peupliers	4,8			400	700
saule	4,8			380	520
Résineux	if			670	900
	cèdre			450	810
	pin sylvestre		5,3	480	890
	pin maritime		5,2	520	770
	pin Weymouth			320	490
	sapin		5,1	380	650
	épicéa		5,2	340	580
mélèze	5,3	450	670		
douglas	5,2	450	480		

IV.2.4. Résultats obtenus

Voir les trois tableaux ([tableaux 22, 23 et 24](#)) de résultats pages suivantes : plaquettes vertes avec méthode de la pesée des bennes puis méthode de la poubelle et du pèse-personne sur plaquettes vertes puis plaquettes sèches et en cours de séchage.

La masse volumique a été calculée sur plaquettes vertes sur 23 bennes agricoles pour la première méthode puis sur 19 échantillons avec la méthode de la poubelle et du pèse-personne ; seule cette seconde méthode a pu être utilisée sur plaquettes sèches et 18 échantillons ont été mesurés.

**Tableau 22 : Masse volumique de plaquettes vertes
avec la méthode « pesée et cubage des bennes »**

Pesée des bennes agricoles de plaquettes vertes à l'arrivée aux plates-formes de stockage collectives					
Fournisseur	Volume (m3)	Masse (t)	Masse volumique calculée en kg/m3	Essences	Date de livraison
LEMANCEL	14	4.42	316	noisetier dominant bouleau, merisier	30/01/08
	14	4.78	341		
	17	5.68	344		
	17	5.56	327		
	17	5.72	336		
	20	6.58	336		
HARIVEL	16	4.94	309	noisetier dominant	08/02/08
	16	5.30	331		
	18	5.30	294		
	18	5.84	324		
	23	7.10	309		
	23	7.38	321		
	23	7.48	325		
HARIVEL	17	6.14	361	noisetier dominant	19/02/08
	18	5.84	324		
	18	5.88	327		
FORGET	21	6.44	307	noisetier dominant	04/03/08
	24	6.98	291		
	31	9.10	294		
CHANCEREL	31	10.50	339	chêne (têtes)	20/03/08
MERCIER	30	8.50	283	peuplier (têtes)	23/04/08
	30	9.70	323	essences mixtes	
	30	10.30	343	aulne dominant + un peu de chêne	
<i>Nombre de valeurs</i>	<i>(bennes)</i>	23	pour 6 fournisseurs		
Moyenne	21.1	6.8	322		
<i>Ecart-type</i>	<i>5.7</i>	<i>1.8</i>	<i>19.5</i>		
Min	14.0	4.4	283		
Max	31.0	10.5	361		
Médiane	18.0	6.1	324		
	Volume (m3)	Masse (t)	Masse volumique calculée en kg/m3		
Autre mesure :					
HALBOUT par camion transporteur	87	31.00	356	noisetier dominant, orme	29/01/08

**Tableau 23 : Masse volumique de plaquettes vertes
avec la méthode « poubelle et pèse-personne »**

Mesure de la masse volumique des plaquettes vertes avec la méthode de la poubelle et du pèse-personne									
Numéro fournisseur	Poids contenu (kg) dont répétitions	Masse volumique calculée (kg/m3)	Masse volumique moyenne calculée (kg/m3)	Description	Catégorie d'essence	Date *	Taux d'humidité	Echantillon n°	ratio
1	30.50	351	346	érable sycomore, châtaignier - 2 mois ressuyage	dur	28/02/08	42.05	13	8.2
	29.50	340							
2	25.30	291	291	noisetier, châtaignier, hêtre	dur	28/02/08			
3	27.70	319	326	divers	mixte	03/03/08			
	32.20	371							
	28.50	328							
	24.70	285							
4	26.20	302	304	noisetier dominant	dur	04/03/08			
	26.60	306							
5	30.00	346	346	châtaignier dominant (élagage)	dur	05/03/08			
	32.00	369	369	chêne dominant	dur	05/03/08			
6	26.50	305	226	hêtre, chêne	dur	20/03/08			
	26.90	310							
	25.20	290							
7	21.90	252	255	saule et frêne dominants 15 mois de ressuyage	mixte	17/04/08	30.42	22	8.4
	22.30	257							
8	22.10	255	257	noisetier, frêne	dur	17/04/08	28.98	23	8.9
	22.50	259							
9	25.60	295	295	frêne, noisetier, chêne	dur	18/04/08			
12	24.50	282	275	chêne dominant	dur	22/04/08	35.49	27	7.7
	23.20	267							
13	24.70	285	283	châtaignier, chêne, hêtre... 1,5 mois ressuyage	dur	23/04/08	40.26	26	7.0
	24.50	282							
14	27.60	318	320	peuplier + tremble abattu la veille	eau	29/04/08	57.63	28	5.5
	27.90	321							
15	21.30	245	247	aulne	eau	29/04/08	40.87	2	6.0
	21.50	248							
16	25.60	295	295	saule dominant	eau	28/04/08	43.52	30	6.8
19	26.70	308	308	chêne	dur	21/05/08	46.58	37	6.6
22	33.10	381	401	hêtre dominant sur PF Chanu NON TASSE	dur	13/02/09	42.75	62	9.4
22	36.60	422		hêtre dominant sur PF Chanu TASSE	dur	13/02/09			
23	27.80	320	331	divers sur PF Athis NON TASSE	mixte				
23	29.65	342		divers sur PF Athis TASSE	mixte				
* mesure faite le jour du déchiquetage									
Nombre de valeurs		19			Nombre de valeurs		10		
Moyenne		304			Moyenne		40.86		7.5
Ecart-type		43.6							
Min		226							
Max		401							
Médiane		304							

**Tableau 24 : Masse volumique de plaquettes sèches
avec la méthode « poubelle et pèse-personne »
(tri par durée de stockage)**

Mesure de la masse volumique des plaquettes sèches avec la méthode de la poubelle et du pèse-personne					Tri par durée de stockage				
Numéro fournisseur	Poids contenu (kg)	Masse volumique (kg/m ³)	Durée de stockage (en mois)	Essences	Catégorie d'essence	Date de la pesée	Taux d'humidité %	Echantillon n°	Ratio
13	21.35	246	3.0	chataignier, chêne	dur	01/08/08	16.64	54	14.8
15	21.95	253	3.0	aulne	eau	01/08/08	18.43	55	13.7
26	24.00	276	3.0	peuplier	eau	10/07/08	23.60	50	11.7
27	20.00	230	3.0	peuplier	eau	10/07/08	23.60	50	9.8
1	19.90	229	5.0	érable sycomore, chataignier	dur	01/08/08	17.81	51	12.9
27	19.90	229	8.9	divers PF Athis	mixte	15/12/08	19.63	60	11.7
1	19.00	219	12.0	érable sycomore, chataignier	dur	28/02/08		-	
2	17.30	199	12.0	NC		28/02/08		-	
5	21.30	245	12.0	divers	mixte	06/03/08		-	
24	20.10	232	12.0	divers sur PF Chanu	mixte	04/03/08		-	
24	22.35	257	12.0	divers (PF Chanu)	mixte	11/04/08		-	
25	15.50	179	12.0	divers (PF Athis)	mixte	11/04/08		-	
28	19.80	228	12.0	divers sur PF Chanu <u>non tassé</u>	mixte	16/02/09		-	
28	21.10	243	12.0	divers sur PF Chanu <u>tassé</u>	mixte	16/02/09		-	
29	17.70	204	12.0	divers sur PF Athis <u>non tassé</u>	mixte	16/02/09		-	
29	19.20	221	12.0	divers sur PF Athis <u>tassé</u>	mixte	16/02/09		-	
7	18.30	211	14.0	frêne, noisetier, hêtre	dur	16/04/08	38.02	21	5.5
30	16.70	192	24.0	aulne, noisetier, saule	eau	07/05/08	20.34	32	9.5
<i>Nombre de valeurs</i>			18						
Moyenne	227	10	mois de stockage			Moyenne ratio sur 7 mesures		12	
<i>Ecart-type</i>	24.5	5.3							
Min	179	3							
Max	276	24							
Médiane	229	12							

En page suivante le [tableau 25](#) présente 7 mesures complémentaires réalisées sur des plaquettes prélevées dans des tas en cours de séchage.

**Tableau 25 : Masse volumique de plaquettes en cours de séchage
avec la méthode « poubelle et pèse-personne » (tri par durée de stockage)**

Autres mesures		246	en moyenne		en moyenne :		29.45		8.6
Numéro fournisseur	Poids contenu (kg)	Masse volumique (kg/m ³)	Durée de stockage (en mois)	Essences	Catégorie d'essence	Date de la pesée	Taux d'humidité	Echantillon n°	Ratio
17	21.40	247	10 jours	aulne dominant	eau	17/05/08	31.91	34	7.7
18	20.90	241	10 jours	saule	eau	16/05/08	36.85	33	6.5
20	19.70	227	2 semaines	frêne, aulne, noisetier : 4 MOIS de RESSUYAGE	mixte	21/05/08	21.85	36	10.4
21	22.60	260	2 semaines	frêne, noisetier	dur	21/05/08	28.25	35	9.2
30	21.95	253	2 semaines	aulne dominant	eau	27/06/08	24.72	49	10.2
29	19.00	219	1.0	aulne dominant + saule	eau	04/07/08	27.66	47	7.9
11	24.20	279	1.6	divers PF Athis	mixte	12/04/08	34.92	19	8.0
Numéro fournisseur	Poids contenu (kg) dont répétitions	Masse volumique calculée (kg/m ³)	Masse volumique moyenne calculée	Description	Catégorie d'essence	Date *	Taux d'humidité	Echantillon n°	ratio

IV.2.5. Analyse des résultats

a) Masse volumique des plaquettes vertes

Suivant la méthode « pesée et cubage des bennes » la **masse volumique moyenne des plaquettes vertes est de 322 kg/m³** sur des bois essentiellement « durs » et, vu les dates, il s'agit de bois ayant probablement peu ressuyé. On a donc certainement des plaquettes avec un taux d'humidité de 40 %.

On a en moyenne **6.8 Tonnes de plaquettes** (de 4.4 à 10.5 T) **vertes soit 21 m³** (de 14 à 31 m³) par benne agricole.

Il y a des disparités importantes puisque les masses volumiques mesurées sur 23 bennes (soit 7 fournisseurs) vont de 283 kg/m³ à 361 kg/m³.

Ces résultats collent parfaitement aux données trouvées dans la bibliographie présentées en partie précédente. Il serait possible d'utiliser cette méthode sur plaquettes sèches, cela suppose d'être présent au moment où le fournisseur part livrer un client.

Compte-tenu de la souplesse de la méthode « poubelle et pèse-personne » (pas besoin de la présence d'un tiers ou d'une date précise), il a été possible de faire avec cette méthode plus de mesures sur des échantillons de plaquettes plus variés. Avec cette méthode, il est conseillé de faire deux répétitions afin de d'obtenir une mesure moyenne. Si l'écart entre les deux mesures est faible et si le volume de la poubelle utilisé est correctement calculé, on peut estimer que le résultat est fiable.

Sur 19 échantillons mesurée avec la méthode « poubelle et pèse-personne », **la masse volumique moyenne des plaquettes vertes est de 304 kg/m³ soit un écart de seulement 5.5 % avec la méthode précédente.** Cet écart peut

s'expliquer par la plus variabilité de la teneur en eau des plaquettes. On a par exemple l'échantillon n°23 avec 29 % d'humidité (bois dur 2.5 mois de ressuyage) qui pèse 257 kg/m³ et l'échantillon n°30 avec 43.5 % d'humidité (bois d'eau 2.5 mois de ressuyage) qui pèse 295 kg/m³ tandis que l'échantillon n°13 avec 42 % d'humidité (bois dur 2.5 mois de ressuyage) pèse 346 kg/m³ !

On a une valeur moyenne qui correspond toujours aux données bibliographiques mais les disparités sont encore plus grandes que sur les mesures précédentes : **la masse volumique sur les plaquettes vertes va ici de 226 kg/m³ à 401 kg/m³.**

Comme la masse volumique s'explique en partie par la teneur en eau des plaquettes, le calcul d'un ratio permet de voir quelle est la corrélation entre les deux paramètres : on obtient un ratio de 7.1 en moyenne sur 10 mesures.

b) Masse volumique des plaquettes sèches

D'après les 18 mesures réalisées, **la masse volumique moyenne des plaquettes sèches est de 227 kg/m³ au bout de 10 mois de stockage en moyenne**, ce qui correspond à la fourchette donnée dans la bibliographie (de 200 à 250 kg/m³). **Le minimum est de 179 kg/m³** au bout d'un an sur la plate-forme d'Athis et **le maximum, 276 kg/m³**, a été obtenu sur du peuplier à 23.6 % d'humidité au bout de trois mois de stockage (échantillon n°50). La différence (35 % d'écart entre le minimum et le maximum) est moindre qu'en bois humide (44 %) mais elle reste importante.

Le ratio masse volumique / teneur en eau est plus élevé sur les plaquettes sèches : 12 en moyenne sur 7 mesures. Sur la plupart des échantillons mesurés pour avoir la masse volumique, le taux d'humidité des plaquettes n'est pas connu ce qui ne permet pas de tirer de réelles conclusions.

Par contre la masse volumique analysée avec les autres critères permet de vérifier les valeurs obtenues pour le taux d'humidité. Par exemple, la valeur obtenue pour l'échantillon n°21 soit 211 kg/m³ ne semble pas cohérente avec le taux d'humidité mesuré de 38 % (ratio de 5.5). Par contre la densité est cohérente avec la durée de stockage de plus d'un an. On peut donc en conclure ici que l'erreur est certainement dans la mesure du taux d'humidité.

Les plaquettes sèches de peuplier correspondant à l'échantillon n°50, avec 23,6 % d'humidité, a été mesuré deux fois : une fois sous le hangar de l'agriculteur et une fois dans le silo de la chaudière de l'utilisateur 10 kilomètres plus loin après livraison par benne agricole. La masse volumique mesurée avec la méthode de la poubelle est de 230 kg/m³ sous hangar et de 276 kg/m³ dans le silo de la chaudière. On a 46 kg au mètre cube d'écart soit une différence de 16 % ce qui n'est pas négligeable. Comment expliquer cet écart ? On peut supposer que les plaquettes sous hangar n'ont pas été déplacées depuis la mise en tas après déchetage donc elles ne sont pas tassées ; des vides résiduels sont restés suite au séchage et l'évaporation de l'eau. Par contre, suite au remplissage de la benne et avec les vibrations du transport, les plaquettes livrées se sont un peu tassées. **Il semble plus pertinent de prendre la valeur après tassement** puisqu'elle représente davantage la nature des plaquettes au moment de leur utilisation (voir partie d.).

c) Perte de poids lors du séchage

On ne peut calculer une réelle perte de masse lors du séchage puisque les mesures de masse volumique réalisées n'ont pas pu être faites sur les mêmes tas de plaquettes.

Mais avec les échantillons en présence, **on a une perte de poids au séchage de 25.3 % en moyenne**. Les plaquettes bocagères perdent donc un quart de leur poids durant le séchage.

d) Critique de la méthode

La **méthode avec « pesée et cubage des bennes » semble plus fiable** (à condition de cuber correctement le volume des plaquettes dans les bennes) que la méthode « poubelle et pèse-personne ». Un des biais de la mesure peut être lié à la nature des plaquettes, très peu fluides. Le fait de mettre des plaquettes dans des bennes fait qu'un tassement se produit compte-tenu du poids du volume accumulé. Mais le volume très réduit d'une poubelle ne permet pas ce tassement des plaquettes.

Les mesures chez les fournisseurs 22 et 23 sur plaquettes vertes et 28 et 29 sur plaquettes sèches ont permis de **tester une évolution de la méthode « poubelle et pèse-personne »**. La méthode initiale est la mesure « non tassé » qui correspond au remplissage simple de la poubelle comme réalisé sur les autres échantillons. La mesure « tassé » est faite sur une poubelle qui est **remplie puis tapée trois fois sur le sol à faible hauteur ce qui induit un tassement des plaquettes** dans la poubelle et permet de rajouter des plaquettes en plus pour arriver à hauteur.

Résultat : sur les quatre exemples cités on a en moyenne **7.5 % de masse volumique en plus**. 422 kg/ m³ contre 381 kg/m³ sur l'échantillon fournisseur 22 qui est à 42.75 % d'humidité (échantillon n°62) ou encore 342 au lieu de 320 kg/m³ pour le fournisseur 23. Et pour les plaquettes sèches sous les plates-formes (28 et 29) : 243 et 221 kg/m³ contre respectivement 228 et 204 kg/m³.

Les valeurs obtenues avec le léger tassement sont plus proches des valeurs trouvées dans la bibliographie. Mais sur plaquettes vertes c'est la mesure obtenue avec en faisant la moyenne des deux (tassé et non tassé) qui se rapproche plus des résultats avec la méthode « pesée et cubage des bennes ».

Alors quelle est la meilleure méthode ? Il faudrait faire d'autres mesures pour savoir s'il faut faire une moyenne entre une mesure « non tassé » et une mesure « tassé » ou faire toutes les mesures sur des échantillons « tassés » dans la poubelle ; tout en continuant à faire deux répétitions sur un même échantillon.

V. PROPOSITIONS POUR UN CAHIER DES CHARGES BAS-NORMAND POUR LES PLAQUETTES BOCAGÈRES

Comme indiqué dans la présentation de l'étude (partie I.2), la caractérisation des plaquettes bocagères réalisée dans cette étude grâce aux échantillons mesurés permet de travailler à l'élaboration d'un cahier des charges régional comme prévu lors des réunions du groupe de travail « animation de la filière bois-énergie - approvisionnement » du Conseil Régional de Basse-Normandie réunissant les acteurs de la filière bois-énergie de la région en 2007-2008 (cf. dernière réunion du 22 janvier 2008)..

V.1. Fourniture de plaquettes bocagères par les structures locales

V.1.1. État des lieux

L'élaboration d'un cahier des charges régional permet notamment d'engager les fournisseurs de bois-décheté. Actuellement, il existe trois structures d'approvisionnement connues sur la Région : Biocombustibles SA, la SCIC Bois Bocage Énergie et Haiecobois.

Biocombustibles vend différents types de plaquettes et la plus grosse quantité vient des scieries. La grande majorité du chiffre d'affaires (>75 %) est fait avec la fourniture des chaufferies collectives et industrielles ce qui n'est pas notre sujet dans la présente étude. Site internet : <http://www.biocombustibles.fr> . Aucune charte de qualité des plaquettes n'est diffusée.

Les deux autres vendent uniquement des plaquettes bocagères et ces structures travaillent dans un objectif affirmé de proximité entre producteur et consommateur (distance moyenne de 10 kilomètres) pour créer des filières locales et ainsi limiter les transports. Les clients sont surtout des détenteurs de chaudières de petites et moyennes puissances ce qui correspond au sujet de la présente étude. Sites internet : <http://www.boisbocageenergie.fr/> et <http://haiecobois.hautetfort.com> . Elles s'appuient toutes les deux pour fonctionner sur des documents les engageant dans la qualité des plaquettes bocagères fournies :

- Contrats de la SCIC Bois Bocage Énergie : contrat d'approvisionnement signé avec chaque fournisseur et contrat de fourniture signé avec chaque client
- Règlement intérieur de l'association Haiecobois.

Ces trois documents sont placés [en annexe 11 page 185](#).

Dans la partie suivante, les éléments de caractérisation de la plaquette bocagère mentionnés dans ces documents engageant le fournisseur sont comparés avec les analyses réalisées dans l'étude.

V.1.2. Comparaison des mesures réalisées avec les critères des fournisseurs

Les critères prévus par les deux structures d'approvisionnement locales, la SCIC Bois Bocage Énergie et l'association Haiecobois se ressemblent. En effet, ces deux structures sont proches dans leurs objectifs et mode de fonctionnement, elles ont été créées la même année (en 2006) avec notamment l'appui des Fédérations départementales de CUMA (respectivement celle de l'Orne et de la Manche) et celles-ci ont l'habitude de communiquer ensemble et d'échanger leurs expériences.

Ces critères sont mentionnés dans l'article 4 du contrat client de la SCIC Bois Bocage Énergie et dans l'article 4 du Règlement Intérieur d'Haiecobois. Voir [annexe 11](#).

a) Le taux d'humidité

Le référentiel Ademe « combustibles bois-énergie » de 2008 rappelle que « 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 ».

Le taux d'humidité prévu par la SCIC pour une livraison en entrée chaudière de plaquettes sèches est de « 30 % sur poids brut » tandis que l'association Haiecobois s'engage sur une humidité comprise entre « 25 et 35 % sur poids brut » en précisant que cela correspond à un « temps de séchage minimum sous abri de 4 à 6 mois ».

Dans les analyses réalisées, on voit que le taux d'humidité des plaquettes atteint 30 % en trois mois quelque soit le mode de stockage et sur le terrain le bois-décheté est produit au printemps pour être livré à partir de l'automne donc il est souvent stocké plus de trois mois (souvent 6 mois voir plus). Les plaquettes livrées sont donc généralement plus sèches que ce qui est prévu dans les contrats, elles ont certainement une humidité autour de 20 à 25 %.

Par rapport aux données constructeurs ([tableau 1](#) page 22), ce taux d'humidité des plaquettes bocagères apportés par les structures d'approvisionnement locales est adapté aux chaudières de petite et moyenne puissance.

On sait que le taux d'humidité du bois influe directement sur le PCI. Seul Haiecobois indique un PCI moyen sur bois-décheté sec de « 3 340 kWh/Tonne sur poids brut pour du bois à 30% d'humidité » mais la méthode de calcul de ce PCI n'est pas précisée. En général la mesure du PCI se fait par bombe calorimétrique puis détermination dans un condenseur de chaleur latente de vaporisation d'eau. C'est une mesure compliquée et coûteuse.

Il faut mieux se baser sur l'humidité mesurée en laboratoire à l'étuve selon la méthode de référence CEN/TS 14774-1 ou estimée grâce à la mesure au four à micro-ondes dont le protocole de mesure a été vu dans les parties précédentes.

b) La granulométrie

Le référentiel Ademe de 2008 rappelle que « 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 ». Pour les chaudières de petites puissances, il s'agit d'un système d'amenée avec vis sans fin et écluse. La taille de la vis sans fin la forme du carénage, la présence d'un couteau ou pas sur l'écluse, le système de

rotation en aller-retour, jouent sur la granulométrie acceptée ou pas par la chaudière.

La granulométrie prévue est la même pour les deux structures : « pour 80 % de la quantité livrée les dimensions des plaquettes doivent être comprises entre 30 x 20 x 10 mm et 20 x 10 x 5 mm » et « le taux de poussières ne dépassera pas 10 % du poids total de la fourniture ».

Si on regarde la norme CEN/TS 15149 et les mesures réalisées, la fraction principale correspond à une classe située entre la P16 et la P45. On a vu que la classe P45 suffit généralement à la plupart des chaudières de petites puissances. Pour les chaudières les plus exigeantes, il faudrait avoir des P16. Il faudrait alors modifier les documents des structures d'approvisionnement en mettant « 80 % du poids de plaquettes doit être comprise entre 3.15 mm et 16 mm si on choisit la P16 ou 45 mm si on choisit la P45 » et rajouter le taux de fines et d'éléments grossiers maximums tels que prévu dans la même norme : « moins de 5 % de fines de moins d'1 mm et moins de 1 % d'éléments supérieur à 45 et aucun élément au-delà de 85 mm ». Le taux de fines prévu actuellement par les structures d'approvisionnement est trop élevé par rapport à la norme.

Sur les queues de déchetage identifiées par des éléments dépassant pour Haiecobois « une section de 6 cm² sur une longueur de 5 cm ou une section de 1 cm² pour une longueur de 10 cm » et pour la SCIC B²É « une section de 6 cm² et une longueur de 12 cm », Haiecobois indique qu'il en faut « aucune » tandis que la SCIC B²É en tolère au maximum de 1 %. La norme n'utilise pas ces notions de longueurs maximum et de section. Par ailleurs, on a vu que la méthode de mesure de la granulométrie laissait passer de queues de déchetage quand celles-ci passent à la verticale. Ce critère peut être gardé par les structures d'approvisionnements mais il ne peut être vérifié qu'à l'aide d'une observation visuelle.

c) Autres critères

Les corps étrangers sont dans les deux cas « exclus de la fourniture » pour les producteurs. Dans le contrat client, la SCIC Bois Bocage Énergie prévoit moins de 3 % de poids brut en « terres, pierres, sables et autres incombustibles ». L'association Haiecobois indique que « le taux d'incombustibles ne devra pas excéder 4 % du poids brut (mesuré au four à moufle à 700°C) ». Ces corps étrangers actuellement ne peuvent être identifiées qu'à partir d'une observation visuelle.

La nature du bois-décheté et sa provenance : pour les deux structures « le bois-décheté ne sera pas issu d'un arrachage de haies ». Dans les contrats de la SCIC Bois Bocage Énergie un article entier (l'article 5) donne des préconisations de gestion des haies (gestion du maillage bocager, technique de recépage recommandée, limiter le nombre de haies recépées sur un même secteur, plans de gestion préconisés). « Le critère de proximité territoriale est privilégié ». A Haiecobois, le producteur remplit un « registre de provenance » (nom, numéro de parcelle, commune, date de déchetage, déchetreuse utilisée) et dans la SCIC Bois Bocage Énergie le fournisseur remplit un « bon de livraison » (article 6) (date, nom, poids, provenance du bois avec nom et numéro de parcelle, date d'abattage et date de déchetage et taux d'humidité ». Il faudrait vérifier sur le terrain si des documents sont correctement et toujours remplis. Enfin le bois-décheté « ne doit pas provenir d'écorces ».

V.2. Enquête qualitative auprès des utilisateurs de plaquettes bocagère en chauffage

V.2.1. Présentation de l'enquête

a) Choix des « utilisateurs » enquêtés

L'objectif est de connaître l'avis qualitatif des utilisateurs de plaquettes bocagères dans des chaudières de petite et moyenne puissances. Le choix des personnes enquêtées a été déterminé de façon à avoir différents cas de figure représentatifs du « terrain » soit :

- **différentes marques de chaudières** : 8 marques représentées ici.
- **différents types d'utilisateurs** et donc d'utilisation : 11 chez des particuliers dont 2 agriculteurs, 4 en collectif (deux collectivités, une maison de retraite et un bâtiment public d'accueil qui est la maison du PNR).
- **différents fournisseurs de plaquettes bocagères** : 9 fournis par la SCIC Bois Bocage Énergie, 3 par Haiecobois et 3 en autoconsommation.
- **sur les 3 départements bas-normands.**

Enfin les utilisateurs choisis devaient avoir un minimum de recul donc avoir une installation fonctionnant avec des plaquettes bocagères depuis un hiver au moins.

L'enquête a été réalisée en novembre 2008 auprès de 15 personnes.

b) Méthode d'enquête

Sur la base d'une trame d'enquête proposée par la Fdcuma 61, l'enquête a été réalisée **par téléphone** en novembre 2008 par des élèves en 2^{ème} année de BTS ACSE (Analyse et Conduite des Systèmes d' Exploitation), à Sées dans le cadre de leur module sur le développement local. Sur les 18 utilisateurs identifiés pour l'enquête qualitative, 15 ont répondu.

- **Avantages :**
 - sensibilisation des élèves au chauffage avec des énergies renouvelables et à l'utilisation de ressources naturelles,
 - enquête auprès des utilisateurs par des « tiers », des personnes n'ayant aucune implication dans la filière bois-énergie ; on peut supposer que cela permet d'avoir une réponse moins orientée car les utilisateurs ne connaissent pas leur enquêteur et celui-ci est « neutre » sur le sujet.
- **Inconvénients :** les élèves rendent un travail avec des lacunes ; ainsi l'enregistrement des réponses obtenues est parfois trop simplifié, des erreurs dans la terminologie sont à corriger et le traitement des données est peu approfondi.

L'enquête a été réalisée pour l'étude Fdcuma sur la qualité des plaquettes bocagères mais il a été décidé de la présenter sous forme d'**une enquête générale « de satisfaction » sur la chaudière bois-décheté** pour aborder d'autres

thèmes. Donc les questions ne concernaient pas uniquement la fourniture en bois-décheté.

Les questions portent sur :

- les caractéristiques de la chaudière, le fonctionnement et l'entretien,
- l'approvisionnement, le fournisseur, le combustible et la livraison
- la perception de la filière de bois décheté dans le développement local

En intégrant les questions nous intéressant dans une enquête plus large, l'enquêté ne se sent pas obligé de répondre en allant dans une certaine direction donc l'objectif était de « noyer le poisson » et de récolter un avis non orienté. Les autres informations récoltées sur la chaudière seront utilisées dans le cadre de l'animation sur la filière bois-énergie assurée par les Fdcuma.

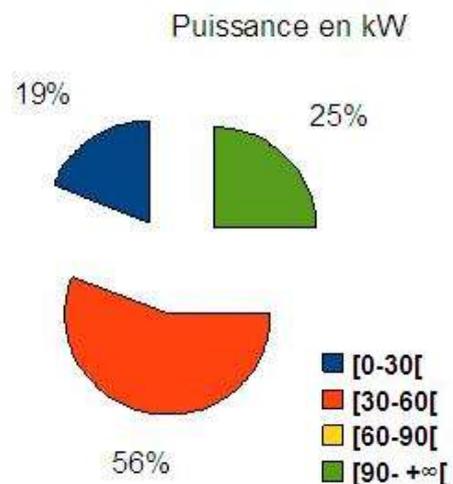
Le modèle d'enquête et les réponses recueillies auprès des 15 personnes enquêtées sont [en annexe 12 page 202](#). Attention : cette enquête a permis d'avoir quelques avis particuliers mais les conclusions ne sont pas extrapolables : il faudrait avoir enquêté un plus grand nombre d'installations. A l'avenir, il pourrait être mis en place à l'échelle de chaque département une sorte « d'observatoire des chaudières à bois-décheté » pour recueillir les avis des utilisateurs au fil du temps et identifier les dysfonctionnements rencontrés.

V.2.2. Résultats obtenus

15 utilisateurs ont été enquêtés : 10 dans l'Orne (61) et 1 en limite dans l'Eure-et-Loir (28), 2 dans le Calvados (14), 2 dans la Manche (50). Un utilisateur – la Communauté de Communes du Bocage Athisien – possède deux chaudières collectives (55 et 150 kW).

L'enquête a donc porté sur 16 chaudières automatiques :

- 2 de 20 à 25 kW
- 6 de 30 à 35 kW
- 4 de 50, 55 ou 60 kW
- 2 de 100 ou 150 kW
- 2 de plus de 200 kW (une de 250 kW et une de 540 kW)



a) Caractéristiques des installations

En moyenne, les installations ont connu deux saisons de chauffe. L'installation et la mise en route des chaudières a été réalisée entre 2003 et 2008, précisément : 6 en 2007, 4 en 2006, 3 en 2005, une en 2003, une en 2004, une en 2008.

Le bâtiment chauffé est principalement la maison d'habitation pour les particuliers (9 cas, avec une chaudière de 20 à 60 kW). Ensuite, il y a deux petits réseaux de chaleur privés : la maison et deux gîtes d'une part et deux maisons d'autre part. Et cinq réseaux de chaleur « publics » :

- hameau de 4 logements,
- site touristique (musée + restaurant),
- maison de retraite (+ un logement + foyer communal),
- bureaux + boutique + salle de réunion (maison du parc / PNR Perche),
- salle polyvalente + cantine + café + deux logements.

Les silos ont un volume variable, allant de 7 à 40 m³ pour les particuliers et de 20 à 100 m³ pour les collectifs.

Plus de moitié des silos (9) sont positionnés de plain-pied, quatre silos (1/4) sont dans la configuration idéale en étant enterrés, deux silos sont semi-enterrés, et un silo est situé à l'étage.

Les marques des chaudières enquêtées sont : 6 Hargassner soit 40 %, 3 Énergie-Système soit 20 %, une Fröling, une Forest, une Sommerauer et Lindner, une Perge, une Compte et une Kob. Cette répartition n'est pas représentative de la part de marché de chaque marque sur la région. L'idée était plutôt d'enquêter la plus grande diversité de marques possible. Dans ce panel, il manque une marque représentée dans la région : la marque Veto. Trois marques sont rarement installées dans la Région : Sommerauer et Lindner, Perge et Compte. Trois marques sont souvent installées en Basse-Normandie : Hargassner (la moitié du marché dans l'Orne) puis Fröling et Énergie-Système. La marque Forest a été beaucoup installée il y a près de 10 ans car c'est une chaudière française d'entrée de gamme mais elles ne sont quasiment plus installées aujourd'hui.

L'entretien de la chaudière est effectué par l'utilisateur qui peut faire appel à son installateur pour le ramonage. Les tâches d'entretien sont les mêmes pour tous : un ramonage en moyenne une fois et demi par an, un nettoyage une fois par an de l'ensemble du système et le cendrier vidé toutes les deux semaines en moyenne. A priori l'entretien ne leur demande pas beaucoup de temps. Seul le PNR du Perche a souscrit un contrat d'entretien. Un des utilisateurs aurait souhaité un contrat mais on ne lui en a pas proposé.

b) Satisfaction de l'utilisateur et problèmes techniques :

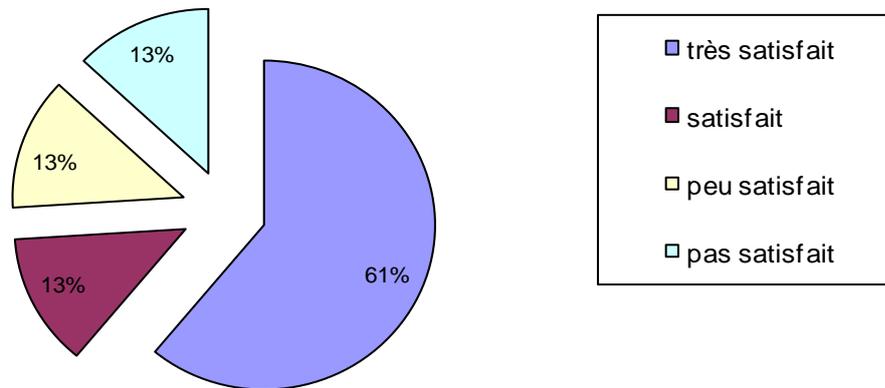
87 % des utilisateurs (13) sont « tout à fait » satisfaits de la prestation de l'installateur, un seul « plutôt » ou et seulement un seul n'est « pas du tout » satisfait en raison des problèmes sur sa vis de remplissage du silo.

Deux utilisateurs signalent les réglages qui ont dû être faits suite à la mise en route (parfois la chaudière a été mal réglée au départ).

Les avis sont plus mitigés sur le service après-vente : 8 personnes sont « tout à fait » satisfaites (53%) notamment en raison de la « disponibilité » et le « moindre problème est réglé par téléphone », 1 « plutôt oui » compte-tenu du temps d'attente, 2 « plutôt non » et 2 ne sont « pas du tout » satisfaites (la première pour la raison ci-dessus et la seconde en raison d'un SAV passif), 2 n'ont pas eu besoin de l'utiliser donc ne se prononcent pas

10 des utilisateurs, soit les 2/3, trouvent qu'ils ont été suffisamment formés au fonctionnement de la chaudière : 5 par l'installateur, 3 par le fabricant (ou le distributeur), 2 sont déjà formés de par leur profession, et un a suivi une formation. Par contre 5 utilisateurs (1/3) n'ont pas été formés et ils souhaiteraient avoir une formation.

Par rapport au fonctionnement de la chaudière, les 3/4 des utilisateurs sont satisfaits : 9 d'entre eux sont « tout à fait » satisfaits et 2 « plutôt oui ». En revanche, 4 utilisateurs se déclarent « plutôt non » (2) ou « pas du tout »



satisfaits (2).

La grande majorité des utilisateurs sont satisfaits, les raisons données sont par exemple : « simple d'utilisation, aucun souci, solide, fiable », « automatique, confortable comme la gaz », « pas beaucoup de maintenance », « pas de problème ».

Les autres :

- « pas du tout satisfaits » : Les deux cas : la chaudière de **l'utilisateur n°11** de marque Perge de 20 kW (« mauvais fonctionnement ») et la chaudière de **l'utilisateur n°8** de 250 kW de marque Compte (« surdimensionnée, surchauffe eau, problèmes marque » et « grille du fond arrêtée pour réparation »).
- « plutôt non » : « souci technique sur la vis et la carte électronique » pour **l'utilisateur n°14** qui a une chaudière Énergie-Système de 30 kW, et « bourrage, descente dans le bruleur, obligé de trier le bois » pour **l'utilisateur n°15** qui a installé une Forest de 30 kW.

9 utilisateurs (60%) ont eu des bourrages de bois-décheté : dont la moitié (**n°5, n°6, n°7, n°10**) avec moins de cinq bourrages dans l'année qui sont donc peu gênés ; en général ces bourrages ont lieu au niveau de la vis d'alimentation donc ils sont vite réglés.

En fait, les bourrages les plus fréquents ont lieu chez les quatre utilisateurs peu ou pas satisfait présentés ci-dessus : **l'utilisateur n°11** estime avoir 10 bourrages par an, **l'utilisateur n°8** indique 20 bourrages (au niveau du bas de la vis, de la vis de transfert et de la vis de foyer) et **les utilisateurs n°14 et n°15 connaissant des bourrages deux fois par semaine** : le premier entre les deux vis (au niveau de l'écluse ; Énergie- Système) et le second au niveau du brûleur (Forest).

En revanche, seul un utilisateur a noté des problèmes de combustion (**n°11**).

L'insatisfaction vient donc surtout de la conception et du fonctionnement de la chaudière ce qui est surtout lié au modèle (marque). Perge et Compte sont des marques connues pour avoir des problèmes de conception (cf. des observatoires chaudières type Aile). Ces marques sont très peu installées dans la région. La Foreste - chaudière la moins chère du marché - est réputée pour être délicate dans l'alimentation en bois. La marque française Énergie-Système semble aussi causer des problèmes de fonctionnement ; un autre utilisateur (**n°9**) ayant une chaudière Énergie-Système de 30 kW se dit « plutôt satisfait » mais remarque « « moteur se bloque, mauvais modèle ». Les marques « haut de gamme » (par exemple : Fröling,

Hargassner) sont mieux conçues, on ne retrouve pas tous ces problèmes d'alimentation.

En plus des problèmes techniques signalés plus haut, trois utilisateurs satisfaits - **n°6 et n°7 et n°12** - signalent des soucis techniques : respectivement, fumée corrosive qui attaque les conduits (sortie de goudron), formation de mâchefer et cailloux dans le décendrage.

La partie suivante va permettre d'analyser si ces problèmes techniques sont aussi en relation avec la qualité du combustible.

c) Le combustible bois-décheté

80 % des utilisateurs enquêtés (12 sur 15) font appel à un fournisseur local en plaquettes bocagères : 60 % la SCIC Bois Bocage Énergie (siège dans l'Orne) et 20 % l'association Haiecobois (dans la Manche). 4 utilisateurs (27 %) ont eu un autre fournisseur auparavant. Ils sont tous satisfaits du contact avec leur fournisseur, des réponses apportées à leurs questions (dont 11 sur 12 « tout à fait » satisfaits) et du déroulement des livraisons (la partie « livraison » de l'enquête n'est pas davantage développée dans ce compte-rendu). Le premier argument du choix du fournisseur est la proximité, ensuite d'autres raisons sont indiquées par les personnes enquêtées comme la valorisation des haies, le bouche-à-oreilles ou les problèmes de qualité avec le précédent fournisseur.

Les 20 % restants s'auto-provisionnent en plaquettes bocagères car ce sont des agriculteurs qui exploitent leurs haies en produisant de 40 à 130 m³ de plaquettes par an.

Sur le sujet qui nous intéresse dans cette étude, à la question « êtes-vous satisfait en général de la qualité des plaquettes ? », tous les utilisateurs ayant répondu sont « plutôt oui » (54 %) ou « tout à fait » (46 %) satisfaits. Aucun se dit peu ou pas satisfait. L'enquêteur demandait alors de mettre une note sur dix : la note moyenne obtenue sur 13 réponses est de 7.75 / 10 pour la qualité des plaquettes selon les utilisateurs, ce qui est un bon résultat.

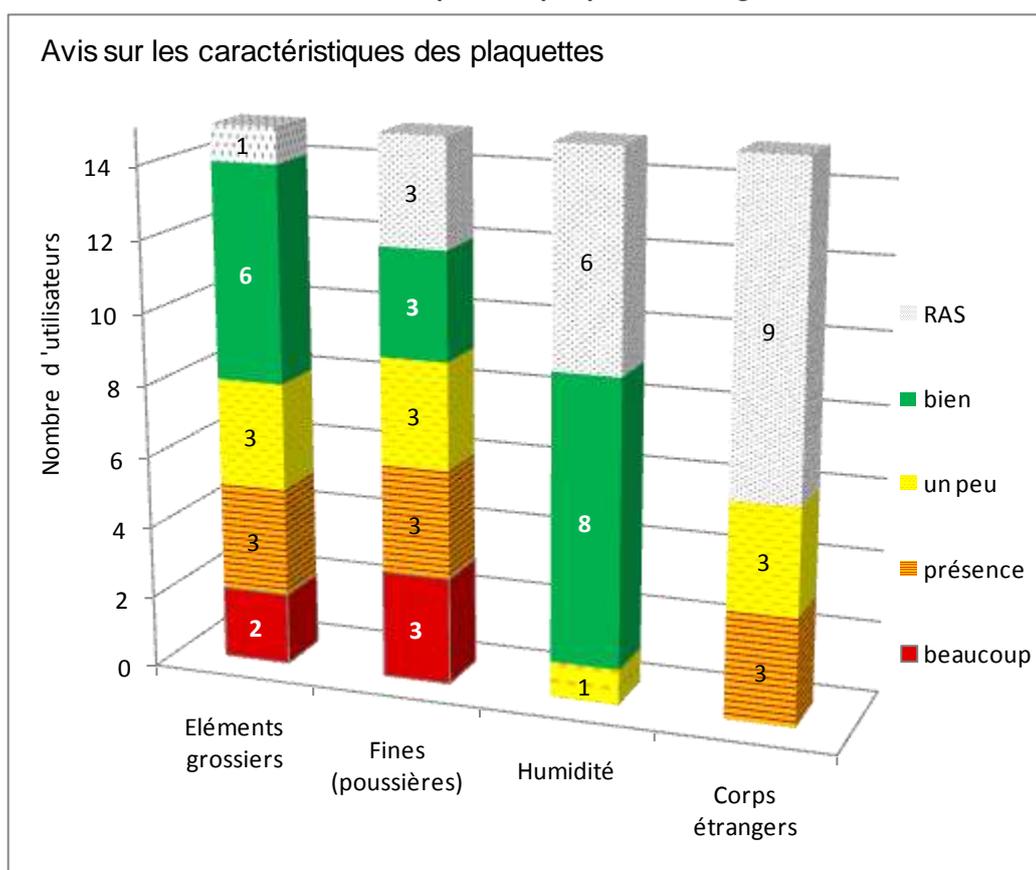
Les utilisateurs ont ensuite pu détailler leur réponse en qualifiant les caractéristiques des plaquettes bocagères utilisées dans leur chaudière : voir la *figure 31* page suivante.

➤ Granulométrie

Les avis sont partagés : 6 utilisateurs (46 %) trouvent la granulométrie correcte dont un qui la trouve « très précise ». Mais 8 utilisateurs (53 %) notent la présence d'éléments grossiers : deux « par moments », deux autres soulignent le côté irrégulier (variable) et un utilisateur parle de « queues de déchetage ». Or ce sont en général les queues de déchetage qui sont responsables des bourrages dans la vis d'alimentation.

Les avis sur la présence de fines sont partagés : 6 n'ont rien à dire ou trouve le taux correct (40 %). Par contre trois utilisateurs (20 %) trouvent qu'il y a beaucoup de fines ou « trop de poussières ». Trois autres notent seulement « quelques poussières » ou « un peu » de fines.

Figure 31 : Graphique représentant les avis des utilisateurs sur les caractéristiques des plaquettes bocagères



➤ Humidité

Les avis sont plus favorables sur le taux d'humidité. La grande majorité (93 %) des utilisateurs jugent les plaquettes suffisamment sèches (8 bien et 6 n'ont rien à signaler). Seule un utilisateur indique que le taux d'humidité n'était pas bon la première année de livraison.

➤ Corps étrangers

La présence de corps étrangers est rare. 6 utilisateurs en ont trouvé dont 2 seulement une fois et un qui a trouvé « parfois des cailloux ». Deux autres ont pu voir des cailloux.

➤ Bilan

Curieusement, ce ne sont pas forcément les utilisateurs les moins satisfaits qui font le plus de remarques sur les caractéristiques des plaquettes. A l'inverse, certains font des observations sur la qualité de plaquettes mais ils n'ont pas eu de souci de fonctionnement de leur chaudière. Les réponses sur les caractéristiques des plaquettes sont donc à prendre avec précaution, il s'agit d'un avis qualitatif donné à un moment donné. Ce ne sont pas des avis recueillis sur la durée. De plus, il faut répéter que l'échantillon est insuffisant pour tirer des conclusions générales (seulement 15 personnes enquêtées).

➤ Relation entre fonctionnement de la chaudière et qualité des plaquettes

Si on regarde les réponses des quatre utilisateurs ayant le plus de bourrages présentés ci-dessus ([page 94](#)) :

Pour mémoire le n°14 et le n°5 étaient « plutôt non » satisfaits du fonctionnement de leur chaudière. Le n°14 a des bourrages au niveau de l'écluse mais pour lui la granulométrie des plaquettes est « bien » et avec peu de fines. Il donne une très bonne note à la qualité des plaquettes 9 /10. Pour le n°15, les plaquettes sont grosses avec présence de fines et effectivement les propriétaires des chaudières « Forest » préfèrent les plaquettes produites avec les déchiqueteuses à insertion manuelle car elles sont globalement plus petites. Et les fines peuvent gêner dans ces chaudières au niveau du foyer. Par conséquent plusieurs d'entre eux passent les plaquettes au cribleur (appartenant à la SCIC Bois Bocage Énergie) avant utilisation dans leur chaudière Forest.

Ensuite, le n°8 et le n°11 n'étaient « pas du tout » satisfaits du fonctionnement de leur chaudière. Le n°8 juge la qualité des plaquettes très bonne avec une note de 8.5 / 10, pas de corps étrangers les taux sont « bons » et la granulométrie « très précise ». Par contre, le n°11 se dit « plutôt satisfait » de la qualité des plaquettes mais il donne une note de 5 /10 ce qui est moyen. Il note la présence de queues de déchiquetage et de fines. Et il a eu seulement une fois un corps étranger.

Le [tableau 26](#) ci-dessous met face à face les réponses données par les utilisateurs aux deux questions posées à deux endroits séparés du questionnaire la première « êtes-vous globalement satisfaits de la chaudière ? », et la seconde « êtes-vous satisfaits en général de la qualité des plaquettes fournies ? » comprenant une sous-question de « mettre une note sur dix ».

Tableau 26 : Avis des utilisateurs sur le fonctionnement de leur chaudière et sur la qualité des plaquettes utilisées

Utilisateur n°	Fonctionnement chaudière	Qualité des plaquettes	Note de la qualité plaquettes sur 10
1	2	2	7
2	1	2	7
3	1		
4	1	2	8
5	1	1	9
6	1	1	9
7	1	2	8
8	4	1	8.5
9	2	2	6
10	1	1	8
11	4	2	5
12	1	2	9
13	1	1	7
14	3	1	9
15	3		
Moyenne	1.8	1.5	7.73
Médiane	1.0	2.0	8.00
Ecart-type	1.15	0.52	1.27
	1 = tout à fait satisfait 2 = plutôt oui 3 = plutôt non 4 = pas du tout satisfait	1 = tout à fait satisfait 2 = plutôt oui 3 = plutôt non 4 = pas du tout satisfait	0/10 note minimum 10/10 note maximum

Avec une moyenne de 1.8 pour le fonctionnement sur 15 utilisateurs on voit qu'ils sont en général satisfaits de leur chaudière à bois-décheté et en moyenne ils sont aussi satisfaits de la qualité des plaquettes bocagères fournies avec une moyenne de 1.5 pour une note de 7.7/10.

V.2.3. Conclusion

La qualité des plaquettes bocagères alimentant des chaudières de petite et moyenne puissance est jugée satisfaisante.

Il faut quand même rester vigilant sur la granulométrie en limitant la quantité d'éléments grossiers – notamment les queues de déchetage – et le taux de fines. Cela est lié au type de bois décheté et surtout au chantier de déchetage. Les queues de déchetage et les fines sont plus nombreuses quand ce sont des petites branches, par exemple les bouts de branches issues d'élagage avec un diamètre très fin (moins de 5 cm). Ensuite, la présence de feuilles ou de terre dans les branches (terre qui peut être amené lorsque les branches sont poussées avec un engin agricole pour être mises en tas) provoque une augmentation du taux de fines et peut engendrer des imbrûlés (baisse du rendement de combustion). Enfin il faut utiliser une déchiqueteuse adaptée équipée d'une grille de calibrage en sortie de rotor de la taille voulue.

Ainsi la CUMA Innov'61 dispose d'une déchiqueteuse à grappin équipée d'une grille de calibrage de 45 mm. La grille de 35 mm a été testée pour voir s'il était possible de réduire la fraction des morceaux trop gros mais cette grille cause la production de beaucoup plus de fines ce qui n'est pas l'objectif recherché. Des utilisateurs de chaudières de marque Forest, par ailleurs agriculteurs, ont été sollicités pour donner leur avis et ceux-ci préféraient garder le grille de 45 mm malgré la taille des plaquettes car, pour eux, cela est moins gênant que trop de fines. Les responsables pensent tout de même tester la grille de 40 mm pour avoir une granulométrie plus fine, correspondant mieux à la norme P16.

Enfin les couteaux sur la déchiqueteuse doivent être affûtés et changés régulièrement pour offrir une qualité de coupe suffisante, au moins une fois par semaine de travail.

**Figure 32 : Détails de la déchiqueteuse Valormax D 42-100 de la CUMA Innov'61 :
le rotor et les couteaux**

vue sur le rotor



vue sur deux couteaux : couteau neuf à gauche et couteau usé à droite



Le taux d'humidité, par contre, ne pose pas de soucis ce qui signifie que les plaquettes après déchetage sont mises à l'abri dans des endroits adaptés.

La présence de cailloux signifie qu'il y a eu des lacunes dans les manipulations. Le godet du tracteur (ou du télescopique) ou la benne doivent être bien vidés avant de manipuler les plaquettes et il faut éviter de ramener les cailloux du sol dans le tas (d'où le conseil de mettre les plaquettes sur un sol bétonné).

Figure 33 : Photo montrant la manipulation des plaquettes au godet



En complément une dernière question a été posée : « **comment est perçue la filière bois-décheté dans le développement local par les utilisateurs ?** ». 4 réponses étaient proposées.

Pour la plupart des personnes interrogées (40 %), la filière bois décheté répond principalement à un besoin d'aménagement de l'espace et donc de préservation du paysage du fait que ce processus entretienne les haies de la région ainsi que le paysage. Deux autres idées ont été retenue à 27 % par les enquêtés (4 personnes); celle de valoriser des ressources énergétiques locales renouvelables d'une part, et celle de présenter une alternative non négligeable par rapport à d'autres sources d'énergie non renouvelables d'autre part.

V.3. Vers un cahier des charges commun : proposition

Suite à la réalisation des analyses sur les échantillons de plaquettes (humidité, granulométrie et masse volumique), à l'enquête « utilisateurs » et à toutes les informations récoltées en allant sur le terrain (sur les chantiers de déchetage, sous les plates-formes collectives etc...), il est possible de ressortir les idées principales qui serviront à élaborer une « charte régionale qualité ».

La qualité des plaquettes bocagères pour une utilisation en chaudière de petite et moyenne puissances :

- **Nature** : les plaquettes bocagères sont des morceaux de bois issu du déchetage du bois de haies. Il ne s'agit pas d'écorces, ni de sciure.
- **Humidité** : les plaquettes bocagères sèches ont un taux d'humidité maximum de 30 % sur le poids brut. L'humidité est vérifiée à l'étuve en laboratoire ou avec une étuve individuelle suivant la norme CEN/TS 14774. La méthode de mesure « de terrain » au micro-ondes peut être utilisée pour donner une estimation du taux d'humidité (et éviter un envoi au laboratoire). Pour

conforter le taux d'humidité, il est conseillé de mesurer la masse volumique des plaquettes ; il est possible d'utiliser deux méthodes « poubelle et pèse-personne » et « pesée et cubage des bennes ». Elle doit être autour de 230 kg/m³ pour des plaquettes sèches depuis moins d'un an.

Pour y parvenir, les plaquettes sont abattues en hiver en période « hors sève » et déchiquetées immédiatement ou de préférence dans les 4 mois suivant l'abattage. Après déchiquetage elles sont mises dans un abri aéré.

- **Granulométrie** : les plaquettes sont calibrées suivant la classe P45 de la norme CEN/TS 14961, la fraction principale (plus de 80% du poids) se situe entre 3.15 et 45 mm (voir entre 3.15 et 16 mm si on opte pour la classe P16) Les fines (de taille inférieure à 1 mm) représentent moins de 5 % du poids des plaquettes. Il y a moins de 1 % d'éléments grossiers (plus de 63 mm). La méthode de mesure conseillée est celle au tamis américain avec les tailles de tamis adaptées.

Pour y parvenir, les tailles latérales sont à éviter le plus possible et le recépage est préconisé (au pied de l'arbuste ou à hauteur ou au niveau de la tête pour les têtards). Il ne faut pas avoir uniquement des petites branches de moins de 5 cm. L'abattage se fait sur des branches ayant perdu feuilles et aiguilles. Les branchages sont mis en tas dans le champ sans être poussés afin de ne pas y mettre de terre, en vérifiant qu'il n'y a pas d'autres éléments indésirables (barbelés...). La déchiqueteuse choisie doit être équipée de couteaux et ceux-ci doivent être affutés depuis moins d'une semaine. Elle doit avoir une grille de calibrage entre 35 et 45 mm. Les plaquettes déchiquetées sont mises à sécher sur un sol bétonné de préférence afin d'éviter l'incorporation de cailloux. Il faut vérifier que les engins de manutention et les bennes sont bien vides quand le bois-déchiqueté est transporté.

- **Origine** : Les plaquettes doivent provenir de haies bocagères gérées durablement. Il est conseillé de conserver des arbres de haut-jets au sein des haies. Il ne faut pas couper des haies voisines la même année afin de d'éviter de créer des « trouées » dans le paysage. Le producteur doit enregistrer la provenance de son bois-déchiqueté (nom de la parcelle, date de production).
- **Proximité** : Dans un souci de développement local et pour avoir un bilan énergétique intéressant, il faut limiter les transports entre la production et la consommation de plaquettes bocagères. Un maximum de 15 km entre production et plateforme de stockage et entre la plate-forme de stockage et la chaudière est pertinent.
- **Essences** : Toutes les essences locales dans les haies de Basse-Normandie sont adaptées à une production de plaquettes bocagères. Toute essence exotique ou non adaptée à la région doit être exclue.

La FDCUMA de l'Orne souhaite que cette charte de qualité régionale soit signée par tous les acteurs de la filière : fournisseurs, clients, prescripteurs, décideurs politiques, partenaires techniques, pour tout le monde aille dans le même sens.

Pour que la charte de qualité régionale des plaquettes bocagères soit utile, il faudrait que les signataires soient « contrôlés » pour vérifier qu'ils appliquent bien les préconisations prévues dans la charte. Il est facile pour n'importe qui de signer un document sans être tenu de l'appliquer s'il n'y a pas de contrôle.

VI. CONCLUSION

Cette étude a permis pour la première fois d'étudier les caractéristiques des plaquettes bocagères produites à partir de mesures sur le taux d'humidité, la granulométrie et la masse volumique. Les résultats confortent des observations empiriques faites sur le terrain depuis plusieurs années et cela permet de disposer de données techniques sur les plaquettes bocagères utiles à la fois pour les producteurs, les fournisseurs et les utilisateurs.

Les protocoles de mesures proposés reprennent les normes existantes (quand elles existent) tout en intégrant les conseils liés à l'expérience de terrain.

Les 62 échantillons analysés à l'étuve en laboratoire apportent des informations intéressantes sur le taux d'humidité. Le critère ressuyage influe plus que le critère essence au départ mais au final c'est la durée de stockage qui impacte le plus sur le taux d'humidité quelle que soit l'essence et le temps de ressuyage de départ. Les plaquettes vertes ont un taux d'humidité compris entre 29 % et 48%, la moyenne se situe à 39 % sur 24 échantillons. Le taux d'humidité moyen est de 46.5 % pour du bois dur non ressuyé (4 échantillons). Au bout de 3 à 4 mois de ressuyage les paquettes vertes ont 32.5 % d'humidité en moyenne (5 échantillons). Les plaquettes vertes de bois durs semblent un peu moins humides que les plaquettes en bois d'eau surtout quand le temps de ressuyage dépasse deux mois mais cela reste à vérifier (écart autour de 15-20 % ?) et l'eau contenue dans les bois dur semble s'évacuer plus vite que dans les bois d'eau. Au moment du stockage après déchetage, le taux d'humidité descend rapidement les deux premières semaines passant à moins de 35 % puis un palier est observé. Les plaquettes perdent en moyenne près de la moitié de leur teneur en eau en trois mois pour atteindre un taux d'humidité de 25 % au bout de trois mois de stockage à l'abri. La baisse du taux d'humidité suit la même tendance quelque soit le mode stockage : il semble un peu plus rapide sous bâche que sous hangar agricole et un peu plus long sur les plates-formes collectives certainement en raison des apports fractionnés. Les deux taux d'humidité les plus bas sont 14.7% (stockage 5 mois sous bâche) et 16.6% (stockage 3 mois sous hangar). Il faudrait voir si le climat et la saison jouent un rôle. Il faut rappeler qu'il faut éviter que les plaquettes soient à nouveau humidifiées après séchage.

Le nombre de répétition pour chaque cas est insuffisant pour tirer de réelles conclusions scientifiques. Il faudrait poursuivre les mesures sur d'autres échantillons afin de conforter les hypothèses émises dans cette étude.

Les mesures réalisées montrent que la méthode au four à micro-ondes est valable pour une mesure de terrain du taux d'humidité (marge d'erreur moyenne de 7 % soit 2.2 points par rapport à la valeur de référence à l'étuve).

La mesure de la granulométrie montre que les plaquettes bocagères sont bien calibrées avec la moitié du poids compris entre 2 et 10 mm, 37 % entre 10 et 20 mm, moins de 4 % de fines (moins de 2 mm) et moins de 5 % d'éléments grossiers.

La mesure de la masse volumique montre qu'il existe de grandes disparités d'un échantillon à un échantillon mais la moyenne de la masse volumique obtenue rejoint celle trouvée dans la bibliographie : autour de 320 kg/m³ pour les plaquettes vertes et autour de 230 kg/m³ pour des plaquettes sèches. Les calculs seraient à refaire à la méthode « poubelle et pèse-personne » avec la technique du « léger tassement ».

Compte-tenu de son expérience dans cette étude, la FDCUMA de l'Orne a les capacités pour réaliser des mesures sur des plaquettes bocagères. Elle se propose à l'avenir en cas de besoin, notamment pour apporter son avis de manière neutre et indépendante, par exemple en cas de désaccord entre deux parties ou pour réaliser les études complémentaires proposées.

Remerciements

Tout d'abord, merci à tous les agriculteurs et producteurs de plaquettes qui nous ont permis de prendre un échantillon de leurs plaquettes et qui ont répondu à nos questions. Merci beaucoup pour votre accueil.

Merci à Émeline FEREY qui a réalisé avec sérieux et efficacité une partie de cette étude d'avril à juin 2008 dans le cadre de son stage de 2^{ème} année d'IUT Génie Biologique option Génie de l'Environnement, à l'Université de Caen.

Merci à Sébastien LEVEILLE, chauffeur de la déchiqueteuse de la CUMA Innov'61 et Romain MARIE, chauffeur de la déchiqueteuse Ecovaloris, pour nous avoir indiqué le planning des chantiers, leurs lieux et toutes les autres informations utiles pour l'étude sur les chantiers réalisés... et pour nous avoir eu la patience de nous attendre à plusieurs reprises !

Merci aux CUMA de déchiquetage, Innov'61 et Ecovaloris, notamment à leurs responsables, pour avoir accepté de nous aider à la réalisation de cette étude.

Merci aux structures d'approvisionnement locales, la SCIC Bois Bocage Énergie et Haiecobois pour leur contribution à l'étude, et merci à leurs clients pour avoir accepté de répondre aux questions des étudiants pour l'enquête « utilisateurs ».

Merci à Virginie HERVIEUX de la FDCUMA 50 qui a participé à la réalisation de cette étude ce qui justifie pleinement sa dimension régionale.

Merci à Camille SAVOURÉ, étudiante, en stage à la Chambre d'Agriculture de l'Orne début 2008, qui nous a aidés pour effectuer les premiers prélèvements d'échantillons et les premières mesures pour cette étude.

Merci à l'équipe de la FDCUMA 61 pour avoir accepté l'invasion de sacs plastiques remplis de plaquettes dans les locaux de la FDCUMA et pour avoir supporté à maintes reprises cette odeur spéciale de brûlé lors des mesures au micro-ondes de l'humidité de ces mêmes plaquettes...

Réjane GROSSIORD.

VII. LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

	Numéro de page :
Figure 1 : Carte de la répartition des différents territoires de la région Basse-Normandie.....	7
Figure 2 : Photo d'une cépée coupée à blanc.....	8
Figure 3 : Photo de la déchiqueteuse à grappin de la CUMA Innov'61 en 2008	9
Figure 4 : Photo représentant des plaquettes bocagères « vertes » obtenues après déchiquetage.....	10
Figure 5 : Photos illustrant des exemples de lieux de stockage :.....	11
Figure 6 : Tamis de plaquettes mis au point par la station des Cormiers (35).....	16
Figure 7 : Certification AFAQ « Chaleur bois qualité + ».....	17
Tableau 1 : Différentes marques de chaudières bois-déchiqueté et leurs attentes en termes d'humidité et de granulométrie.....	21
Figure 8 : Schémas illustrant le fonctionnement des chaudières automatiques à bois-déchiqueté de petite puissance.....	22
Tableau 2 : 62 échantillons de plaquettes bocagères pour mesure du taux d'humidité.....	24
Tableau 3 : Taux d'humidité sur les 62 échantillons de plaquettes bocagères.....	27
Tableau 4 : Plaquettes bocagères « vertes » en sortie de déchiquetage classées suivant leur taux d'humidité	31
Tableau 5 : Taux d'humidité des plaquettes vertes en sortie de déchiquetage	32
Tableau 6 : Plaquettes bocagères « vertes » en sortie de déchiquetage classées suivant leur catégorie d'essence puis par le temps de ressuyage	33
Figure 9 : Graphique de répartition des échantillons de plaquettes vertes avec ressuyage.....	34
Figure 10 : Graphique représentant le lien entre plaquettes vertes et ressuyage ...	36
Tableau 7: Bornes et moyennes de suivi de l'évolution de l'humidité en fonction du ressuyage.....	36
Figure 11 : Représentation graphique de la moyenne d'humidité des plaquettes en fonction du temps de ressuyage du bois en mois.	37
Tableau 8 : Bornes et moyennes de suivi de l'évolution de l'humidité en fonction du ressuyage et de la catégorie d'essence.....	38
Figure 12 : Représentation graphique de la moyenne d'humidité des plaquettes en fonction du temps de ressuyage en mois et de la catégorie d'essence...	39
Tableau 9 : Plaquettes bocagères classées suivant le temps de stockage après déchiquetage puis par le taux d'humidité.....	41
Tableau 10 : Bornes et moyennes de suivi de l'évolution de l'humidité en fonction de la durée de stockage	42
Figure 13 : Représentation graphique du taux d'humidité moyen des plaquettes en fonction des classes de durée de stockage.	42
Tableau 11 : Taux d'humidité des plaquettes bocagères mises sous plate-forme collective à Athis, à Chanu, et moyenne obtenue, suivant la durée de stockage.....	44

Figure 14 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sous deux plates-formes collectives de 0 à 9 mois de stockage	45
Figure 15 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sous deux plates-formes collectives de 0 à 3.5 mois de stockage	47
Tableau 12 : Taux d'humidité des plaquettes en fonction du mode de stockage et suivant la durée de stockage	48
Figure 16 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes suivant le mode de stockage (plate-forme, hangar agricole, bâche)	49
Figure 17 : Photos des plaquettes bocagères stockées suivant différents modes ..	52
Tableau 13 : Taux d'humidité des plaquettes suivant la durée de stockage sur dix sites suivant le mode de stockage, le temps de ressuyage et la catégorie d'essence	53
Figure 18 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sur dix sites suivant le mode de stockage, le temps de ressuyage et la catégorie d'essence	53
Figure 18 : Représentation graphique de la vitesse de séchage des plaquettes sur dix sites suivant le mode de stockage et suivant le temps de ressuyage avant déchiquetage	54
Figure 19 : Photo du matériel utilisé pour la mesure du taux d'humidité au micro-ondes	58
Figure 20 : Photos prise au cours de mesure de l'humidité des plaquettes avec la méthode du four à micro-ondes	59
Tableau 16 : Écart en valeur absolue entre le taux d'humidité mesuré au micro-ondes et le taux d'humidité de référence à l'étuve	60
Tableau 14 : Taux d'humidité des plaquettes avec la méthode du micro-ondes et comparaison avec les mesures obtenues en labo (étuve)	61
Tableau 15 : Classement du taux d'humidité des plaquettes obtenu avec la méthode du micro-ondes en fonction du pourcentage d'erreur par rapport aux valeurs obtenues en labo (étuve).....	62
Figure 21 : Représentation graphique des mesures d'humidité réalisées au micro-ondes sur 31 échantillons, en fonction des pourcentages d'erreur des mesures d'humidité entre l'étuve et le micro-ondes	63
Figure 22 : Exemple de poids mesurés par minute passée au micro-ondes pour calculer le taux d'humidité d'un échantillon (assiette de 410 gr ici)	64
Figure 23 : Photos de la sonde Humitest.....	66
Tableau 17 : Taux d'humidité mesurés avec la sonde Humitest comparés à la mesure de référence (à l'étuve).....	67
Figure 24 : Photo du matériel utilisé pour la mesure de la granulométrie.....	70
Figure 25 : Photo du tamis RETSCH AS 40B de cinq tamis à mailles carrées en fonctionnement à 220 tours/minutes sur une durée de 4 minutes, dans les locaux de Biocombustibles SA	71
Figure 26 : Répartition des plaquettes au sein des tamis inférieurs à 40 mm a), à 20 mm b), à 10 mm c) et à 2 mm d).....	71
Figure 27 : Photo des plaquettes réparties après tamisage - Vue du dessus du tamis mécanique après ouverture du couvercle	72

Tableau 18 : Classes de granulométrie des plaquettes selon la norme CEN/TS 14961	74
Tableau 19 : Critères de granulométrie des plaquettes selon les deux normes : la norme européenne CEN/TS 14961 et la norme autrichienne Ö-norm 7133 - Comparaison des classes P16 et P45 avec les classes G30 et G50.....	75
Tableau 20 : Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères - synthèse des résultats obtenus	77
Figure 28 : Photos de plaquettes bien calibrées visuellement (avec pièce de 2 €) à gauche, de bois défibré en cours de mesure à droite, de morceaux de bois-décheté mesurés à la règle en bas (et pièce de 1 €).	79
Figure 29 : Photo d'un tamis américain (appartenant au Contrôle Laitier)	80
Figure 30 : Photo du matériel utilisé pour mesurer la masse volumique des plaquettes.....	82
Tableau 21 : Masse volumique des bois « pleins » à l'état anhydre en fonction de leur essence (tableau de l'ITEBE)	83
Tableau 22 : Masse volumique de plaquettes vertes avec la méthode « pesée et cubage des bennes »	84
Tableau 23 : Masse volumique de plaquettes vertes avec la méthode « poubelle et pèse-personne »	85
Tableau 24 : Masse volumique de plaquettes sèches avec la méthode « poubelle et pèse-personne » (tri par durée de stockage)	86
Tableau 25 : Masse volumique de plaquettes en cours de séchage avec la méthode « poubelle et pèse-personne » (tri par durée de stockage)	87
Figure 31 : Graphique représentant les avis des utilisateurs sur les caractéristiques des plaquettes bocagères.....	98
Tableau 26 : Avis des utilisateurs sur le fonctionnement de leur chaudière et sur la qualité des plaquettes utilisées	99
Figure 32 : Détails de la déchiqueteuse Valormax D 42-100 de la CUMA Innov'61 : le rotor et les couteaux.....	100
Figure 33 : Photo montrant la manipulation des plaquettes au godet	101

VIII. BIBLIOGRAPHIE :

Rapports scientifiques :

CrItt Bois, Fibois, CTBA. Mesure des caractéristiques des combustibles bois - Evaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible. ADEME, juin 2001. 117 p.

CRIIT Bois, Fibois, CTBA. Mesure des caractéristiques des combustibles bois - Evaluation et proposition de méthodes d'analyse de combustible. ADEME, juillet 2001. 34 p.

CRITT Bois, Fibois. Validation des méthodes de mesures des caractéristiques des combustibles bois déchiquetés. ADEME, mars 2002. 62 p.

FCBA. Référentiel Combustible Bois Energie : Les plaquettes forestières – Définition et Exigences. Paris : ADEME, 25 avril 2008. 45 p.

FCBA. Référentiel Combustible Bois Energie – Définition et Exigences. Paris : ADEME, 25 avril 2008. 124 p.

BOIS ENERGIE 66. Étude expérimentale de stockage de bois déchiqueté sous bâches transpirantes. BOIS ENERGIE 66, décembre 2006. 9 p.

Brochures et publications :

ITEBE. Annuaire de l'Institut des Bioénergies de l'ITEBE. © ITEBE 2005, 2005-2006, 249 p.

SCIC Bois Bocage Énergie. Plaquette de présentation, contrats, statuts.

Haiecobois. Plaquette de présentation, contrats, statuts.

Chambre d'Agriculture de l'Orne, FDCUMA 61. Le Bois : énergie locale et renouvelable. Janvier 2007.

Chambre d'Agriculture de l'Orne, FDCUMA 61. Chaudières automatiques au bois déchiqueté. Mars 2007.

Mémoires :

Boudesseul Nicolas. Réalisation d'un référentiel de production et mise en place de plan de gestion de haies pour assurer la pérennité de la ressource bois énergie. Mémoire de fin d'études d'ingénieur : École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, ENGREF. Paris, août 2007. 135 p.

Sites internet :

BIOMASSE NORMANDIE. Les 1000 mots-clés du bois énergie [en ligne]. Disponible sur : http://www.biomasse-normandie.org/bois-energie-mots-cles-bois-energie_11_fr.html (consulté le 13.04.08)

AILE, Agence Locale de l'Énergie. Notre actualité [en ligne]. Disponible sur : <http://www.aile.asso.fr/> (consulté le 27.05.2008).

INSEE. Basse Normandie : La région en faits et chiffres [en ligne]. Disponible sur : http://www.insee.fr/fr/insee_regions/basse-

normandie/rfc/chifcle_fiche.asp?nat=1&ref_id=CMRSOS02137&tab_id=470
(consulté le 26.05.2008).

FROLING GmbH. Bienvenue [en ligne]. Disponible sur :
http://www.froeling.com/fr/produits/apercu/produit_d_hachage_jusqu_a_150.html
(consulté le 03.05.2008).

PREFECTURE DE L'ORNE. Géographie de l'Orne [en ligne]. Disponible sur :
http://www.orne.pref.gouv.fr/sections/pubsite/le_departement/presentation (consulté le 26.05.2008).

SUD ENERGIE. Hargassner [en ligne]. Disponible sur : <http://www.sudenergies.fr/-Plaquettes-> (consulté le 03.05.2008).

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET DE L'ORNE. L'Agri-Environnement [en ligne]. Disponible sur :
<http://ddaf61.agriculture.gouv.fr/agriculture/agri-env1.php> (consulté le 21.05.2008).

CONSEIL GENERAL DE L'ORNE. Découvrir l'Orne : présentation [en ligne]. Disponible sur : <http://www.cg61.fr/orne-decouvrir-presentation.html> (consulté le 21.05.2008).

CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DE NORMANDIE. Pour une agriculture durable en Normandie [en ligne]. Disponible sur : <http://www.cra-normandie.fr/> (consulté le 26.05.2008).

IX. LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : La haie, un rôle écologique	112
Annexe 2 : Liste des personnes contactées en partie « bibliographie ».....	114
Annexe 3 : Fibois – « Chaleur Bois Qualité + »	115
Annexe 4 : Fiche de prélèvement des échantillons	123
Annexe 5 : Bordereau d'envoi des échantillons au laboratoire, le LANO, pour la mesure du taux d'humidité à l'étuve, page de résultats (exemple) et devis du LANO	124
Annexe 6 : Liste complète des échantillons collectés pour l'analyse du taux d'humidité.....	128
Annexe 7 : Protocole de mesure du taux d'humidité des plaquettes bocagère au four à micro-ondes et modèle de fiche de mesure.....	134
Annexe 8 : Mesures du taux d'humidité des plaquettes avec la méthode au four à micro-ondes : une fiche par échantillon mesuré.....	139
Annexe 9 : Informations sur la sonde Humitest.....	176
Annexe 10 : Liste complète des mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères	179
Annexe 11 : Contrats d'approvisionnement existants dans les structures locales (SCIC Bois Bocage et Energie et Haiecobois).....	185
Annexe 12 : Enquête utilisateurs de chaudières à bois-décheté : modèle d'enquête et réponses obtenues auprès de 15 utilisateurs fin 2008.	202

ANNEXES

AU RAPPORT FINAL

Étude de la FDCUMA de l'Orne en 2008-2009

QUALITÉ DES PLAQUETTES BOCAGÈRES EN BASSE-NORMANDIE

Étude réalisée par : Réjane GROSSIORD et Émeline FERREY

*En partenariat avec les Fédérations de CUMA de Basse-Normandie,
les CUMA de déchetage Innov'61 et Ecovaloris,
la SCIC Bois Bocage Énergie et l'association Haicobois.*

Étude financée par le fonds Défi'NeRgie – dans le cadre d'un partenariat :



Annexe 1 : La haie, un rôle écologique

La haie bocagère est un refuge pour les espèces animales et végétales peuplant le bocage ornais. Ces haies assurent l'entretien de la diversité de la faune jouant ainsi un rôle tampon, en évitant que des populations deviennent dominantes et envahissent les zones alentours. Plus une haie est diversifiée, plus ses habitants le sont et équilibrent les stocks, maintenant l'écosystème à flot.

De plus, une haie riche, constituée de feuillus et de buissons assurent une bonne perméabilité et ainsi joue un rôle de brise-vent, contrairement à une haie mono-spécifique. Ce phénomène permet d'assurer un abri et une source de nourriture pour les animaux vivants dans ces micro-écosystèmes.

Aussi, une haie est une barrière naturelle en vue des intempéries. En effet, associée à un talus ou à une bande enherbée, elle permet de stopper les ruissellements en stockant la terre en amont et en limitant l'érosion superficielle des sols en aval. Par ce même phénomène, les eaux de pluie ruisselantes peuvent être purifiées de certains polluants, notamment les produits phytosanitaires utilisés dans le monde agricole

(Boudesseul, 2007).

Quelques profils de haies typiques de Basse-Normandie :



Source photos : La Haie, patrimoine de l'Orne, Conseil Général de l'Orne, 44 p., 2008

Les rôles de la haie

Protéger contre le vent et les intempéries

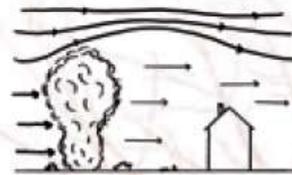
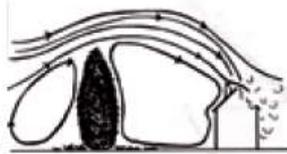
- Réduction de 30 à 50% de la vitesse du vent.
- Élévation de la température de 1 à 2°C.
- Baisse de 20 à 30% de l'évaporation.
- Amélioration du rendement des cultures, meilleure production des élevages et meilleure protection des bâtiments et des habitations.



Neige

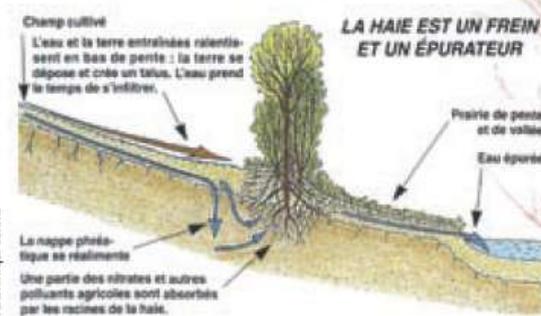
La protection contre le vent :

Haie imperméable
(thuyas) = **Mauvais**



Haie perméable
(feuillus) = **Bon**

Lutter contre l'érosion des sols, filtrer l'eau et réguler le régime de l'eau



Source : Dominique Salmer

Schéma de circulation de l'eau



Érosion

Maintenir la diversité des paysages



Bocage mixte

- Créer un maillage



Intégration des bâtiments

- Participer à la qualité des paysages

Entretenir les équilibres biologiques

- Abriter, nourrir et diversifier la faune, même la moins visible (insectes, batraciens,...).
- La haie est un corridor écologique, un réservoir d'auxiliaires.

Produire du bois (voir pages 39-42).

Annexe 2 : Liste des personnes contactées en partie « bibliographie »

Organisme	NOM	Prénom	Date	Tel	Mail	Type d'information fournie
Chambre d'Agriculture Ille-et-Vilaine (35)	DEBROIZE	Didier	21/01/08	02 99 39 72 90		Granulométrie Tamis – essais station des cormiers
Chambre d'Agriculture Orne (61)	NEVOUX	Laurent	15/02/08 25/02 ...	02 33 31 49 43	laurent.nevoux @orne.chamba gri.fr	Mesure masse volumique Avis sur méthodes mesures plaquettes
ITEBE	BAZILE	Didier	25/02/08	03 84 47 81 00		Granulométrie : norme européenne : Tableau avec essences / Contrats de fourniture
FIBOIS Ardeche-Drôme	VILLAR	Sylvain	25/02/08 et 08/04/08	04 75 25 97 05	svillar@fibois.com	Label Afaq Granulométrie : voir ÖNORM 7133 G30 + dimensions tamis fibois
Biomasse Normandie	PENNEQUIN	Jimmy	09/04/08	02 31 34 17 62	j.pennequin@biomasse-normandie.org	Pas de mesures de réalisées. Pour notre étude se rapprocher de Biocombustibles SA (technologie labo)
CRITT bois Epinal	PELLETIER	Coralie	10/04/08	03 29 81 11 75 06 82 50 98 43		Micro-ondes n'a jamais marché -> auto-inflammation. Éviter fines, sciures, séchage 3 à 10 minutes norme expérimentale XPEN/TS 15140
Bois Energie 66	MIVIERE	Jean-Michel		04 68 05 05 51	bois.energie66@wanadoo.fr	Pas d'expérience au micro-ondes, Granulo en petites chaudières : 25x25x5 et 30x30x5
AILE	LE TREIS	Marc	17/04/08	02 99 54 63 23	marc.le-treis@aile.asso.fr	Données ÖNORM 7133 G30/G50 Observatoire chaudières
Conseil Général Eure et Loir	CHENET	Cyril	23/04/08	02 37 23 59 43	cyril.chenet@cgt28.fr	Elagage routes départementales Bâche toptex
UDCUMA 72	VIOT	Jean-François	30/04/08	02 43 23 77 37	fd.72@cuma.fr	Charte régionale Pays-de-Loire Granulométrie

Annexe 3 : Fibois – « Chaleur Bois Qualité + »

Plaquette de présentation et diaporama intitulé « Chaleur bois qualité + - certification de service AFAQ » issu du colloque bois énergie au salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon (15/02/07)

Comment ça marche ?

Une structure de pilotage, constituée de FIBRA, et de Fibois Ardèche-Drôme gère et organise la démarche de certification. Elle accompagne les entreprises adhérentes dans la mise en place et le suivi du respect des engagements dans leurs organisations. Elle veille ensuite à la bonne application des engagements.

L'AFAQ-AFNOR évalue chaque année la structure de pilotage et le niveau de service des entreprises.

Les partenaires de la certification



FIBOIS
11, rue de la Vallée, 42000, St-Jean-Les-Corbières



FIBRA
Association Française
des Industriels du Bois
11, rue de la Vallée, 42000, St-Jean-Les-Corbières

et les entreprises certifiées

Avec le concours technique et financier de



ADEME
Agence de l'Environnement
et de la maîtrise de l'énergie



Rhône-Alpes
Les Alpes

Fourniture de combustibles bois pour chaufferie automatique



CHALEUR BOIS QUALITE +

Certification suivant un référentiel AFAQ Service Confiance

Des professionnels s'engagent sur :

- La qualité des combustibles bois
- La fiabilité des approvisionnements



AFAQ
SERVICE CONFANCE
Ref-103-2

Une première en France

La certification CHALEUR BOIS QUALITE + vous intéresse ?

Contact général :

FIBRA
34 rue Casimir Périer - BP 2028
69228 Lyon cedex 02
Tél : 04 78 37 09 66 - Fax : 04 72 56 36 56
info@fibra.net
www.fibra.net

Contact technique :

FIBOIS Ardèche-Drôme
INEED Rovaillan TCV
BP11159 - 26 958 Valence cedex 09
Tél : 04 75 25 97 05 - Fax : 04 75 25 97 06
contact@fibois.com
www.fibois.com

La certification CHALEUR BOIS QUALITE + , pourquoi ?

En partenariat avec FIBOIS Ardèche-Drôme et FIBRA, les fournisseurs de combustibles bois pour chaudières automatiques s'engagent à répondre aux exigences d'un référentiel AFAQ Service Confiance* pour apporter à leurs clients un véritable gage de qualité.



Fibris-Alpes : une pratique forte du bois énergie qui se traduit par un nombre d'installations important

Les fournisseurs s'engagent à répondre aux deux attentes principales des clients :



- la **qualité et la régularité** du combustible
 - un combustible adapté à votre type de chaudière
- la **fiabilité des approvisionnements**
 - un combustible livré en temps voulu et en toute sécurité

Un véritable dialogue s'instaura entre le client et le fournisseur qui va au delà de la simple fourniture de combustible et garantir un niveau de performance en constante progression

L'AFAQ-AFNOR Certification : un organisme indépendant garant de cette démarche qui :

- évalue et certifie les entreprises adhérentes
- contrôle le respect de leurs engagements



AFAQ-AFNOR Certification
11, avenue André Mouton
BP 40 73241 Lagarde en Vercors

La certification est un gage de confiance et une preuve incontestable de la valeur des services des fournisseurs



7 engagements au service du client

Les 7 engagements de service des fournisseurs de combustible bois pour chaudières automatiques

- 1 AIDER** le client dans le choix du combustible qui respecte le couple "chaudière / combustible"
- 2 DÉFINIR** avec le client les modalités d'approvisionnement adaptées à sa consommation
- 3 ÉTABLIR** avec le client un contrat complet et précis
- 4 FOURNIR** au client un combustible aux caractéristiques constantes
- 5 ASSURER** la continuité de l'approvisionnement du client
- 6 RESPECTER** les lieux et l'environnement du site lors des livraisons et les horaires fixés avec le client
- 7 TENIR COMPTE** du niveau de satisfaction du client



Créée en 2002, la certification a fait ses preuves

En 2006, le taux de satisfaction des clients ayant fait appel à des fournisseurs certifiés est de 93 % (résultat de l'enquête de satisfaction annuelle)

CHALEUR BOIS QUALITE +
C'EST L'EFFICACITÉ AU SERVICE DU CLIENT

CHALEUR BOIS QUALITE +[®]

« FOURNITURE DE COMBUSTIBLES BOIS
POUR CHAUFFERIE AUTOMATIQUE »

CERTIFICATION DE SERVICE



REF-103-02
BP 40 / 92224 SACHÈUX Cedex



1

Bois-Energie

Une diversité de filières



« Chaleur Bois Qualité + » - Colloque Bois énergie - Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

2
le 13 février 2007

Des caractérisations multiples



- Granulométrie
 - Humidité
 - PCI
 - Taux de cendre...
- } Combustibles
- Type de chaudière
 - Conception de silo
 - Mode et accès de livraison
- } Installations
- Unités (MAP, M³, Tonne, kWh...)
- } Langage

« Chaleur Bois Qualité » • Colloque Bois énergie – Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

3
le 15 février 2007

CERTIFICATION Service Confiance



Donner confiance aux clients :

Pour convaincre de nouveaux maîtres d'ouvrage, les fournisseurs professionnels ont identifié deux attentes fortes dans la clientèle potentielle :

- QUALIFIER LES COMBUSTIBLES
- FIABILISER L'APPROVISIONNEMENT

En effet il est souvent impossible au client de savoir à priori **si le combustible qu'on lui propose est adapté à sa chaudière.**

« Chaleur Bois Qualité » • Colloque Bois énergie – Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

4
le 15 février 2007

Les fournisseurs au centre du marché du combustible



La capacité des fournisseurs à pouvoir donner des assurances de qualité au client sur le combustible et le service rendu est capitale.

C'est pour garantir des engagements précis, et contrôlés par un organisme tiers indépendant, que le référentiel "Service Confiance"[®] a été créé...

Un organisme certificateur a donc été sollicité :

L'AFAG/AFNOR



« Chaleur Bois Qualité + » Colloque Bois énergie – Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

5

le 15 février 2007

Chaleur Bois Qualité +[®] Une première en France 4 ans d'expérience en Rhône-Alpes



Les professionnels s'engagent sur :

- la qualité du combustible bois
- la fiabilité des approvisionnements



« Chaleur Bois Qualité + » Colloque Bois énergie – Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

6

le 15 février 2007

7 engagements de service



- 1- Confirmer le choix du combustible qui respecte le couple
« chaudière/combustible »
 - Rapport de visite avant toute démarche commerciale
- 2- Définir la solution d'approvisionnement adaptée au consommation
 - Prévisionnel de saison de chauffe pour l'année à venir
- 3- Établir avec le client un contrat complet et précis
- 4- Fournir au client un combustible aux caractéristiques constantes
- 5- Assurer la continuité de l'approvisionnement
 - Procédure de sécurité en cas de rupture d'approvisionnement
- 6- Respecter l'environnement et les horaires de livraison
- 7- Tenir compte du niveau de satisfaction du client
 - Bilan de saison de chauffe et enquête annuelle de satisfaction



« Chaleur Bois Qualité + » - « Colibrique Bois Énergie - Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon - »

7
le 15 février 2007

Chaleur Bois Qualité +[®] Jusqu'en 2006



- Certification déposée au JO fin 2001 par FIBOIS Ardèche-Drôme
- Certification financée par la Région RA et l'Ademe (phase test 2002/2006)
- La première entreprise est certifiée en septembre 2002
- 5 fournisseurs engagés dans la certification pour 63 000 MAP
- 45 clients fournis pour des puissances de 20 kW à 2,5 MW
- En Rhône-Alpes, les aides pour la production sont conditionnées à l'entrée dans la certification
- Une amélioration constante du service
- Un service garanti en toute transparence



« Chaleur Bois Qualité + » - « Colibrique Bois Énergie - Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon - »

8
le 15 février 2007

Chaleur Bois Qualité +[®] A compter de 2007

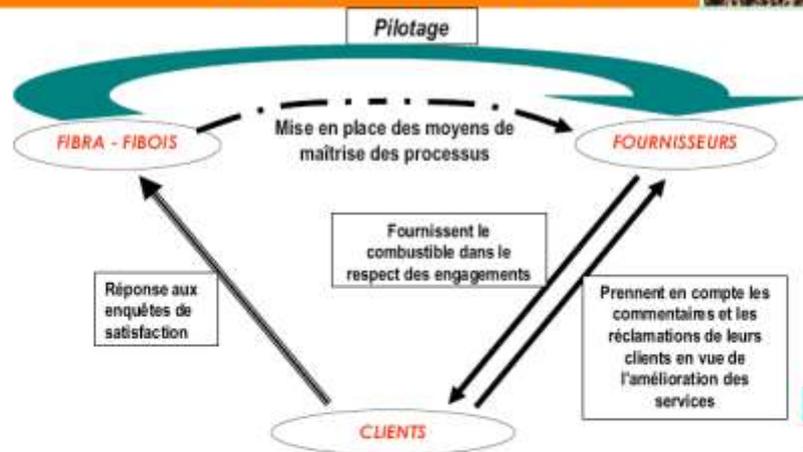


- Développement de la certification par le biais de FIBRA, la Fédération forêt-bois Rhône-Alpes
- Intégrant l'ensemble des combustibles bois pour chaufferie automatique (y compris granulés)
- Raisonner la livraison en kWh et développer l'analyse fine du produit
 - Analyse PCI, taux de cendre, granulométrie et humidité par procédure de réalisation
- Une gestion multi-sites permettant une maîtrise des coûts de certification
- Inscription au JO du référentiel modifié en multi-sites
 - 1^{er} trimestre 2007



« Chaleur Bois Qualité + » Colloque Bois Énergie – Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

Schéma de fonctionnement



« Chaleur Bois Qualité + » Colloque Bois Énergie – Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

Comment intégrer la certification ?



1- Demande de certification

- Vérification que l'entreprise répond ou pourra répondre aux critères de la certification
- Réalisation du dossier de candidature
- Étude de la candidature par le comité de pilotage

2- Formation, mise en place du référentiel dans l'entreprise : 1 jour

- Formation du fournisseur et mise en place des outils de certification

3- Audit interne : 1 jour

- Contrôle des caractéristiques des combustibles
- Vérification du respect des engagements
- Identification des écarts et actions correctives à mettre en place

4- Audit de Certification

- Vérification des respects des engagements
- Contrôle de l'amélioration du système

Durée
3 à 6
mois



11

le 15 février 2007

« Chaleur Bois Qualité » - Colloque Bois énergie - Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

CONTACTS



Mise en place opérationnelle et suivi :

Fibois Ardèche-Drôme

Contact : Sylvain VILLAR - tél : 04.75.25.97.05



Coordination et Animation : FIBRA

la Fédération forêt-bois Rhône-Alpes

Contact : Guillemette BOURMEYSTER - tél : 04.78.37.09.66



Avec le concours de :

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Métrique de l'Énergie

Rhône-Alpes
Région



12

le 15 février 2007

« Chaleur Bois Qualité » - Colloque Bois énergie - Salon des énergies renouvelables 2007 à Lyon -

Annexe 4 : Fiche de prélèvement des échantillons

Echantillons de plaquettes de bois-décheté pour mesure de l'humidité			
Une fiche à remplir par échantillon			
Attention : prendre un échantillon homogène en mélangeant plusieurs poignées de plaquettes prises dans différentes parties et hauteurs du tas			
Poids échantillon : environ 1.5 kg			
Bien refermer le sac et conserver dans un frigo avant envoi au labo ; à envoyer rapidement après prélèvement			
Date envoi			
Nom échantillon			
Numéro échantillon*			
Date prélèvement			
Lieu prélèvement			
Exploitation			
Département			
Chantier / haie			
Type haie			
Essences échantillon			
Date abattage			
Date déchetage			
Nom décheteuse Etat des couteaux			
Réssuyage			
Mode de stockage (et lieu)			
Envoi échantillon			
Remarque			
Résultats :			
étuve (LANO)			
micro-onde			
sonde fd50			
sonde SHLG			
balance Biocomb. Sa			
* pour le numéro échantillon : mettre le numéro produit tiret mois année ; par exemple : 02-0208 est le 2ème échantillon de l'étude et il a été prélevé en février 2008 ; si ce même produit fait l'objet d'une nouvelle mesure en mars 2008 il sera numéroté 02-0308, etc.			
<u>attention</u> : numéro attribué par ordre de prélèvement ; demander à la FDCUMA			
** remarques : précision sur le mode de prélèvement - préciser si bois non issu de recépage (élagage...) + autres observations...			

Annexe 5 : Bordereau d'envoi des échantillons au laboratoire, le LANO, pour la mesure du taux d'humidité à l'étuve, page de résultat (exemple) et devis du LANO

FDCUMA DE L'ORNE 61001 ALENCON	
ECHANTILLON DE PLAQUETTES DE BOIS DECHIQUETE POUR MESURE DE L'HUMIDITE	
Renseigner complètement et lisiblement une fiche pour <u>chaque</u> échantillon et agrafez-là au sac contenant l'échantillon.	
NOM DE L'ECHANTILLON	
NUMERO ECHANTILLON (facultatif)	
DATE DE PRELEVEMENT	J J M M 2 0 0
ANALYSE DEMANDEE	HUMIDITE/MS A 105°C FO <input checked="" type="checkbox"/>
<u>REMARQUES UTILES POUR L'ADMINISTRATION OU LE LABORATOIRE DU LANO</u>	
RESULTATS ENVOYES A : Mme Réjane GROSSIORD, en 2 exemplaires LIBELLE FACTURATION : FDCUMA 61, DEVIS DC8014 DU 18.02.08 ADRESSE FACTURATION : FDCUMA DE L'ORNE, 109 route d'Argentan, BP 33, 61001 ALENCON CEDEX TEL : 02.33.80.82.90 FAX : 02.33.80.82.99 COURRIEL : fd.61@cuma.fr	



LABORATOIRE AGRONOMIQUE DE NORMANDIE
Quartier du Bois Ardent - 23, rue A.-Grandin - 50008 SAINT-LÔ cedex
Tél. 02 33 77 38 15 - Fax 02 33 77 38 17

30/06/2008

FDCUMA
Mme.R.GROSSIORD
109, rue d'Argentan
BP 33
61001 ALENCON Cedex

Plaquettes Bocagères
Date de réception : 27/06/08

Réf échantillon	N° échantillon	% d'humidité selon NF M 03-002
Hangar 60 | Pinel (25-0608)	43	26,57
PF Chanu 6 11(6)-0608	44	25,10
Bâche 60 | PINEL 24(3) -0608	45	23,71
PF Athis 6 14(6)-0608	46	27,50

La Responsable du Laboratoire,
Sylvie CHARTRAIN.



Laboratoire agréé Ministère de l'Agriculture Français
Laboratoire adhérent au GEMAS
Laboratoire des Chambres d'Agriculture de Basse-Normandie
et de l'Interprofession Laitière



FDCUMA DE L'ORNE

ANALYSES DE PLAQUETTES DE BOIS DECHIQUETE

DESCRIPTIF DES MENUS ET TARIFS UNITAIRES DE CESSION

CONTRAT/DEVIS DC8014.DU 18.02.2008

TYPE D'ANALYSE	CODE MENU LANO	DELAI LABO En jours ouvrés	DETERMINATIONS REALISEES	TARIF UNITAIRE € H.T.
MESURE DE L'HUMIDITE	F0	5	Matères sèches et humidité sur échantillon brut, à 105°C Détermination réalisée selon NF M 03-002	6.71

- VOLUME D'ÉCHANTILLON REQUIS : 1,5 A 2 LITRES
- PRECAUTIONS : bien refermer les sacs de conditionnement de manière étanche (lien ou nœud) et envoyer les échantillons rapidement au laboratoire

- NOMBRE D'ÉCHANTILLONS PREVUS SUR 2008 : 30 A 40
- DESTINATAIRE RESULTATS : FDCUMA, Mme Réjane GROSSIORD
- DESTINATAIRE FACTURE : FDCUMA, 61 ALENCON



LABORATOIRE AGRONOMIQUE DE NORMANDIE 50008 SAINT-LÔ CEDEX
 TEL. 02.33.77.38.15 FAX. 02.33.77.38.17
 SITE INTERNET/EXTRANET : www.lano.asso.fr
 Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture français
 Laboratoire adhérent du GEMAS
 Laboratoire des Chambres d'agriculture de Basse Normandie



Annexe 6 : Liste complète des échantillons collectés pour l'analyse du taux d'humidité

Numéro échantillon	N° prélèvement labo	Date envoi labo	Nom échantillon	Date prélèvement	Lieu prélèvement	Exploitation	Département	Lieu du chantier / haie / stock	Type haie	Essences échantillon	Date abattage	Etat des cou - teaux	Date déchetage
01-0208	1	15/02/08	noisetier vert	13/02/08	PF Athis	Claude Harivel	61	Montilly	noisetier dominant	noisetier dominant	fin janvier 08		08/02/08
02-0208	2	19/02/08	hêtre vert	18/02/08	chantier dech	Jean-Louis Poulain	61	Sainte Opportune	noisetier + hêtre	hêtre HJ	?		18/02/08
03-0208	3	21/02/08	noisetier vert	19/02/08	chantier dech	Claude Harivel	61	Montilly	noisetier dominant	noisetier dominant	fin janvier 08		19/02/08
04-0208	4	21/02/08	noisetier 2mois	19/02/08	chantier dech	Claude Harivel	61	Montilly	noisetier dominant	noisetier dominant	déc-07		19/02/08
05-0208	5	21/02/08	hêtre vert	20/02/08	chantier dech	Loïc Desmottes	61	Yvrandes	hêtre majoritaire	hêtre	janv-08		20/02/08
06-0208	6	21/02/08	noisetier vert	20/02/08	chantier dech	Franck Lepince	61	Chanu	noisetier majoritaire	noisetier	10/02/08		20/02/08
07-0208	7	21/02/08	noisetier vert 2	20/02/08	chantier dech	Franck Lepince	61	Chanu	noisetier dominant	noisetier	10/02/08		20/02/08
08-0208	8	25/02/08	charme 2mois	22/02/08	chantier dech	Cyrille Sauques	61	Durcet / Le Plessis	HJ charme merisier / noisetier	charme dominant + 1peu de chataignier	fin décembre 07		22/02/08
09-0208	9	28/02/08	noisetier vert	27/02/08	chantier dech	Hervé Maunoury	61	Le Chatellier / la Filochère	noisetier	noisetier	env. 10 février 08		27/02/08
10-0208	10	28/02/08	noisetier 2mois	27/02/08	chantier dech	Hervé Maunoury	61	Le Chatellier / la Filochère	noisetier	noisetier	fin décembre 07		27/02/08
11-0208	11	28/02/08	PF Chanu 1A	27/02/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 08
12-0208	12	28/02/08	PF Chanu 1B	27/02/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 08
13-0208	13	29/02/08	érable chataignier	28/02/08	chantier dech	Gaëc Poussier	61	Saint Bomer les Forges	3 strates	érable sycomore / chataignier / divers	deb janvier 08		28/02/08
11 (2)-0308	14	05/03/08	PF Chanu 2	04/03/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 08
14-0308	15	05/03/08	PF Athis 1	04/03/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 08
15-0308	16	05/03/08	merisier vert	04/03/08	chantier dech	Jean Louis Julien	50	Canisy	arbres merisier	merisier	16 février 08	bon	04/03/08
11 (3)-0308	17	18/03/08	PF Chanu 3	18/03/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 08
14 (2)-0308	18	18/03/08	PF Athis 2	18/03/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 08
14 (3)-0408	19	14/04/08	PF Athis 3	11/04/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 08
16-0408	20	13/04/08	frêne 3 mois	11/04/08	Chantier dech	GAEAC du hamel peron	50	Montabot	Taillis frêne 20 ans	frêne	mi-janv 08	bon	11/04/08
17-0408	21	17/04/08	frêne, saule	16/04/08	stock sous hangar	Bruno Caillibaud	61	Cisai St Aubin	taillis humide	frêne et saule	déc-06	bon	février 07

Numéro échantillon	N° prélèvement	Réssuyage	Trad tps ressuage mois (0,3 = 10 jours)	Envoi échantillon	Remarque**	Temps stockage	Traduction Temps de stockage en jours	Date des résultats LANO	Taux % humidité à l'étuve (LANO)	Taux % humidité micro-ondes	Taux % humidité sonde Humite	Masse volumique poubelle kg/m3
									33.17			
01-0208	1	non	0.3	2 jours après prélév.	le tas sur PF déjà parti en fermentation (chaud)	5 jours	5	18/02/08	33.17			
02-0208	2	non		1 jours après prélév.	prélév. sur tapis déch quand psg arbre et régulation	non	0	22/02/08	39.41			
03-0208	3	non	1		dans la benne à plusieurs endroits	non	0	22/02/08	40.93			
04-0208	4	2 mois	2		dessus de la benne	non	0	22/02/08	35.00			
05-0208	5	1 mois	1		haies avec vieilles souches (bailvage) dans la benne devant dessus	non	0	22/02/08	39.82			
06-0208	6	immédiat	0.3		dans la benne devant dessus	non	0	22/02/08	47.79			
07-0208	7	immédiat	0.3		prélév. au sol suite débordement benne	non	0	22/02/08	44.22			
08-0208	8	2 mois	2		dans benne : devant et derrière - fin de chantier : risque de terre	non	0	29/02/08	39.15			
09-0208	9	non	0.5		élagage prélév. dans benne à un seul endroit	non	0	04/03/08	47.40			
10-0208	10	2 mois	2		prélév. dans hangar de stockage à différents endroits	non	0	04/03/08	40.14			
11-0208	11				derniers arrivages et mise en tas 22 fev	5 jours	5	04/03/08	41.01			
12-0208	12				derniers arrivages et mise en tas 22 fev	5 jours	5	04/03/08	42.01			
13-0208	13	1.5 mois	2		prélév. dans benne à différents endroits	non	0	04/03/08	42.05			346
11 (2)-0308	14				derniers arrivages et mise en tas 22 fev	11 jours	11	07/03/08	34.16			232
14-0308	15				derniers arrivages et mise en tas 22 fev	11 jours	11	07/03/08	43.95			
15-0308	16	non	0.5	1 jour après prélév.		non	0	07/03/08	46.11		39.50%	
11 (3)-0308	17					25 jours	25	21/03/08	41.89			
14 (2)-0308	18					25 jours	25	21/03/08	41.19			
14 (3)-0408	19			3 jours après prélév.		49 jours	49	16/04/08	34.92			279
16-0408	20	3 mois	3	3 jours après		non	0	16/04/08	33.06			
17-0408	21	2.5 mois	2		les plaquettes sont stockées sous abri laule et pailles sur les côtés	14 mois	420	22/04/08	38.02	36.00		255

Numéro échantillon	N° prélèvement	Date envoi labo	Nom échantillon	Date prélèvement	Lieu prélèvement	Exploitation	Département	Lieu du chantier / hata / stock	Type hata	Essences échantillon	Date abattage	Etat des cou - feaux	Date déchetage
18-0408	22	17/04/08	saule majoritaire	16/04/08	chantier déch.	Bruno Calibaud	61	Cisai St Aubin	taillis	saule dominant, frêne, érable	déc-06	bon	16/04/08
19-0408	23	17/04/08	noisetier, frêne	16/04/08	chantier déch.	Pierre Fougeray	61	Cisai St Aubin	têtards / élépage	Noisetier dominant	févr-08	bon	16/04/08
14 (4)-0408	24	24/04/08	PF Athis 4	24/04/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 08
11 (4)-0408	25	24/04/08	PF Chanu 4	24/04/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 08
20-0408	26	24/04/08	Roussel	24/04/08	stock sous hangar d'un jour	M Roussel	61	Champsecret	recépage	chataigner, chêne, hêtre, merisier,	13/03/08		23/04/2008
21-0408	27	24/04/08	Robillard	24/04/08	stock sous hangar de 2 jours	M Robillard	61	Céaucé	élépage têtard	chêne dominant, saule, épines,	février 08		22/04/2008
22-0408	28	29/04/08	bois d'eau vert	29/04/08	chantier dech	M Derouault	61	Loré		peuplier, tremble	28/04/2008, un jour avant dech		29/04/08
23-0408	29	29/04/08	aulne	29/04/08	mis au congélateur après dech	Dominique Mercier	61	Champsecret		aulne	févr-08		22/04/2008
24-0508	30	14/05/08	tas frais PINEL	13/05/08	mis au congélateur 1 jour après déch	Gaëc Pinel	61	Perrou	recépage	saule 80%, chêne, hêtre	mi-février	neuf	28/04/2008
24 (2)-0508	31	14/05/08	10 J sous bâche	13/05/08	stock sous bâche	Gaëc Pinel	61	Perrou	recépage	saule 80%, chêne, hêtre	mi-février	neuf	28/04/2008
26-0508	32	14/05/08	stock 2 ans	06/05/08	Stock sous hagar	M Cousin	61	Carrouges	recépage	Aulne, noisetier, saule	hiver 2005-06		hiver 2005-06
27-0508	33	16/05/08	saule 99%	16/05/08	stock dehors sous bâche	M Lebouvier	14	Saint Pierre du Fresne	recépage à blanc	saule 99%	début mars		06/05/08
28-0508	34	17/05/08	Feret	17/05/08	stock hangar	M Feret	61	Saint Pierre des Loges	recépage	aulne, peuplier, chataigner	certain début février d'autres 2 ans		07/05/08
29-0508	35	21/05/08	Simon	21/05/08	stock case à blé	M Simon	14	Coulvain	recépage	frêne, noisetier	1 semaine av dech		05/05/08
30-0508	36	21/05/08	Cazard	21/05/08	Hangar	M Cazard	14	Le Val, Jurques	recépage	frêne, aulne, noisetier, aubépine, éch chêne	début janvier		06/05/08
31-0508	37	21/05/08	chêne	21/05/08	chantier dech manche	Becquet	14	Livry	recépage		févr-07		21/05/08
32-0508	38	30/05/08	peuplier 3mois	27/05/08	chantier dech	Stéphane Grandval	14	Grand Douet	têtard peupliers	peuplier	fin fev 08	moyen à usé	27/05/08
14 (5)-0608	39	03/06/08	PF athis 5	03/06/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 2008
11 (5)-0608	40	03/06/08	PF chanu 5	03/06/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 2008
33-0608	41	18/06/08	frêne 4 mois	16/06/08	chantier dech	David Collette	50	Cambemon	recépage	Frêne	mi fev 08		16/06/08
34-0608	42	18/06/08	saule 4 mois	16/06/08	chantier dech	David Collette	50	Cambemon	recépage	saule	début mars 08		16/06/08

Numéro échantillon	N° prélèvement	Réssuyage	Trad tps ressuage mois (0,3 = 10 jours)	Envoi échantillon	Remarque**	Temps stockage	Traduction Temps de stockage en jours	Date des résultats LANO	Taux % humidité à l'étuve (LANO)	Taux % humidité micro-ondes	Taux % humidité sonde Humitest	Masse volumique poubelle kg/m3
18-0408	22	1 an dehors	15		les branches sont restées dehors pendant 1 an à même le sol	non	0	22/04/08	30.42	28.75		
19-0408	23	2.5 mois	2.5		beaucoup de petites branches, le gros a servi à faire des bûches.	non	0	22/04/08	28.98	35.17		257
14 (4)-0408	24			25/04/2008		62 jours	62	30/04/08	35.46	31.27	38.40%	
11 (4)-0408	25			25/04/2008		62 jours	62	30/04/08	30.32	31.39		
20-0408	26	1 mois 10 jours	1.5	25/04/2008	abri bardage bois et toit en taula	1 jour	1	30/04/08	40.26	37.41	73%	283
21-0408	27	2 mois et +	2	25/04/2008	abri taula	2 jours	2	30/04/08	35.49	34.05	51.40%	275
22-0408	28	non	0	29/04/08		non	0	06/05/08	57.63	53.72		320
23-0408	29	2 mois	2	29/04/08	conservé au congélateur depuis le déchiquetage	1 jour	1	06/05/08	40.87	36.72	95%	248
24-0508	30	immédiat	2.5	1 jour après prélév.	mis au congélateur 1 jour après déch. ; grosses cépées, belles plaquettes, mis sous bâche le 1er mai	1 jour	1	19/05/08	43.52			295
24 (2)-0508	31	2.5 mois	2.5	1 jour après prélév.	belles plaquettes, grosses cépées, mis sous bâche le 1er mai	14 jours	14	19/05/08	31.21	28.64		
26-0508	32			1 semaine		2 ans	730	19/05/08	20.34	21.48		192
27-0508	33	2 mois	2	4 jours après		1 semaine	10	21/05/08	39.28	36.27		241
28-0508	34	2,5 mois et 2 ans		3 jours après		1 semaine	10	23/05/08	32.84	31.91		247
29-0508	35	1 semaine	0.3	22/05/2008	2 mois attente échant au frigo pour micro-ondes (30/07/08) : trop long !	2 semaine	16	21/05/08	28.25	16.21		260
30-0508	36	4 mois et demi.	4.0	22/05/2008		2 semaine	15	21/05/08	21.85	18.72		227
31-0508	37	1 an et demi.	15	22/05/2008	bois dech de petite taille visuelle	non	0	21/05/08	46.58	41.39		308
32-0508	38	3 mois	3		dans la benne à un seul endroit	non	0	04/06/08	42.21	43.92		
14 (5)-0608	39			03/06/2008		71 jours	71	06/06/08	35.83			
11 (5)-0608	40			03/06/2008		71 jours	71	06/06/08	30.37			
33-0608	41	4 mois	4				0		28.87	27.14		
34-0608	42	3.5 mois	3.5				0		32.82	32.49		

Numéro échantillon	N° prélèvement	Date envoi labo	Nom échantillon	Date prélèvement	Lieu prélèvement	Exploitation	Département	Lieu du chantier / halle / stock	Type halle	Essences échantillon	Date abattage	Etat des cou - teaux	Date déchetage
14 (6)-0608	43	26/06/08	PF athis 6	25/06/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 2008
11 (6)-0608	44	26/06/08	PF chanu 6	25/06/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 2008
24 (3)-0608	45	26/06/08	bâche 60 j pinel	25/06/08	stock sous bâche	Gaëc Pinel	61	Perrou	recépage	saule 80%, chêne, hêtre	mi-février	neuf	28/04/2008
25-0608	46	26/06/08	hangar 60 j pinel	25/06/08	hangar faible hauteur	Gaëc Pinel	61	Perrou		saule 80%, chêne, hêtre	mi-février	neuf	28/04/2008
35-0608	47	27/06/08	aulne st 1 mois	27/06/08	hangar agricole	Gaëc Mont Hardy	61	Saint Hilaire de Briouze	taillis d'aulne	aulne dominant 85% + saule	fin avril / déb mai	neuf	26/05/08
36-0608	48	27/06/08	aulne vert	12/06/08	hangar agricole aéré	JM Courtais	61	Saint Sauveur de Carrouges	recépage	aulne 90 % + saule tremble bouleau	mi fev	neuf	03/06/08
36 (2)-0608	49	27/06/08	aulne st 15 j	27/06/08	hangar agricole aéré	JM Courtais	61	Saint Sauveur de Carrouges	recépage	aulne 90 % + saule tremble bouleau	mi fev	neuf	03/06/08
37-0708	50	03/07/08	peuplier sec	02/07/08	silos chaudière M. Radigue	Roland Ouy	61	Nocé	tête d'arbres	peuplier	fin février	neuf	26/03/08
13 (2)-0808	51	04/08/08	érable chataignier	01/08/08	hangar agricole aéré	Gaëc Poussier	61	Saint Bomer les Forges	3 strates	érable sycomore / chataignier / hêtre	deb janvier 08		28/02/08
38-0808	52	04/08/08	foucher vert	28/05/08	stock 4/5 jours après dech	Michel Foucher	61	Saint Bomer les Forges	feuillus	chataignier - chêne - hêtre	février 08		27/05/08
38 (2)-0808	53	04/08/08	foucher sec	01/08/08	hangar	Michel Foucher	61	Saint Bomer les Forges	feuillus	chataignier - chêne - hêtre	février 08		27/05/08
20 (2)-0808	54	04/08/08	Roussel sec	01/08/08	stock sous hangar d'un jour	M Roussel	61	Champsecret	mixte	chataignier, chêne, hêtre, merisier,	13/03/08		23/04/2008
23 (2)-0808	55	04/08/08	aulne sec	01/08/08	stock	Dominique Merrier	61	Champsecret		aulne	févr-08		22/04/2008
39-0808	56	04/08/08	daguet dehors	01/08/08	stock dehors sous bâche	Patrick Daguet	61	Magny le Désert	érable dominant	érable dominant + acacia + merisier	deb février		07/03/08
27 (2)-0808	57	08/08/08	saule bâche 3m	07/08/08	stock dehors sous bâche	M Lebouvier	14	Saint Pierre du Fresne	recépage à blanc	saule 99%	début mars		06/05/08
40-0808	58	13/08/08	Bache plastique	13/08/08	stock sous bache	Vincent Chapdelaine	50	la lucerne d'outremur	haut jet-élagage	bois dur	janv-08		mars 08
41-0808	59	13/08/08	Bache lesto guillard	13/08/08	stock sous bache	Yves Guillard	50	sartilly	élagage+ coupe à	mélange			01/06/08
14 (7)-1208	60	18/12/08	PF athis 7	15/12/08	PF Athis	mélange	61	région Athis	divers	divers	divers		février 2008
11 (7)-1208	61	18/12/08	PF chanu 7	15/12/08	PF Chanu	mélange	61	région Chanu	divers	divers	divers		février 2008
42-0209	62	17/02/09	hêtre PF Chanu	16/02/09	PF Chanu	JY Lambert	61	Menil Ciboult	hêtre + peuplier	hêtre > 80 % + peuplier 15-20 %	01-15 décembre 08		13/02/09

Numéro échantillon	N° prélèvement	Réssuyage	Trad tps ressuage mois (0,3 = 10 jours)	Envoi échantillon	Remarque**	Temps stockage	Traduction Temps de stockage en jours	Date des résultats LANO	Taux % humidité à l' étuve (LANO)	Taux % humidité micro-ondes	Taux % humidité sonde Humitest	Masse volumique poubelle kg/m3
14 (6)-0608	43			1 jour après prélév.		93 jours	93	27/06/08	27.50	26.17	27.32	
11 (6)-0608	44			1 jour après prélév.		93 jours	93	27/06/08	25.10		26.44	
24 (3)-0608	45	2,5 mois	2.5	1 jour après prélév.	couteaux neufs, belles plaquettes, grosses cépées, mis sous bâche le 1er mai	58 jours	58	27/06/08	23.71			
25-0608	46	2,5 mois	2.5	1 jour après prélév.	même bois-déch que le n°24 sous bâche	58 jours	58	27/06/08	26.57	22.58	28.99	
35-0608	47	1 mois	1	le jour	pas de prélév en sortie de déchetage stock (dans case béton cochon)	32 jours	32	30/06/08	27.66	26.57	39.19	219
36-0608	48	3,5 mois	4	le jour	200 m3 + 50 m3 déch le 3 juin gardé au congélateur	non	0	30/06/08	34.69	32.07		
36 (2)-0608	49	3,5 mois	4	le jour	200 m3 + 50 m3 déch le 3 juin	15 jours	15	30/06/08	24.72	23.87	30.69	253
37-0708	50	1 mois	1	5 jours après	déch manuelle de Préaux échant. stocké au frigo	3 mois	98	10/07/08	23.60	23.8		230 / 276
13 (2)-0808	51	1,5 mois	1.5		pour mesure du séchage	5 mois	152		17.81	18.09	27.67	229
38-0808	52	3 mois	3	3 jours après	échant mis au congel chez agrî - recup le 01/08/08 chez agrî	5 jours	5		32.73	30.89		
38 (2)-0808	53	3 mois	3	11 jrs après 08/08/08	granulo hétérogène très poussiéreux saie bois grisatre	2 mois	62	11/08/08	25.23	24.88		
20 (2)-0808	54	1 mois 10 jours	1.5		abri bardage bois et toit en taule	3 mois	97	06/08/08	16.64		32.87	246
23 (2)-0808	55	2 mois	2		une partie du tas repoussé en hauteur car hangar ouvert est en hauteur et toit pas complet	3 mois	98	06/08/08	18.43	15.26	32.87	253
39-0808	56	1 mois	1		tas laissé dehors 1,5 mois avec morceaux de bâche puis tunnel de bâche 4x7m construit dessus fin avril / déb. mai	5 mois	146	06/08/08	18.86		27.71	
27 (2)-0808	57	2 mois	2			3 mois	92	11/08/08	21.93	19.73		
40-0808	58	2 mois	2	le jour même	prélèvement dessus du tas bache plastique + palettes	5 mois	150	14/08/08	14.73			
41-0808	59	environ 2 mois	2	le jour même	bache lesto	2 mois	72	14/08/08	28.71			
14 (7)-1208	60			3 jour après prélév.	même emplacement	9 mois	266	22/12/08	19.63	18.92		229
11 (7)-1208	61			3 jour après prélév.	partie entamée + partie face du tas au milieu	9 mois	266	22/12/08	22.83	20.23		
42-0209	62	2 mois	2	1 jour après	prélév 3 jours après déchetage après transfert sur PF	3 jours	3	18/02/09	42.75			402

Annexe 7 : Protocole de mesure du taux d'humidité des plaquettes bocagère au four à micro-ondes et modèle de fiche de mesure

1. Contexte

La FDCUMA de l'Orne propose le protocole ci-dessous pour effectuer les mesures du taux d'humidité des plaquettes bocagères. Ce protocole a été élaboré à partir des expériences existantes en France et de l'expérience de terrain de la FDCUMA 61 suite à l'étude « Qualité des plaquettes bocagères » réalisée en 2008. La méthode au four à micro-ondes permet de disposer d'une valeur de résultat proche de la valeur donnée à l'étuve (servant de valeur de référence). Elle peut être réalisée sur place. Cette technique de mesure de l'humidité des plaquettes est assez rapide (davantage qu'à l'étuve) et accessible à un large public.

2. Matériel nécessaire

La mesure d'humidité au four à micro-ondes fait intervenir du matériel simple, nécessitant tout de même, une surveillance rigoureuse pour prévenir tout risque d'auto-inflammation.

Les appareils nécessaires :

- ✓ Un **four à micro-ondes** d'une puissance de 800 W à 1000 W.
- ✓ Une **balance** d'une portée de 1000 grammes pour une précision de 0,1 grammes. La portée de 1000 g est indispensable pour pouvoir peser le plat utilisé lors de la manipulation (par exemple une assiette pèse déjà à elle-seule entre 300 et 400 grammes). La précision est 0.1 est nécessaire pour le calcul du taux d'humidité compte-tenu de la faible quantité de plaquettes passées au micro-ondes à chaque fois.
- ✓ Un **plat** facile d'utilisation pour y poser les plaquettes à analyser : il doit résister aux micro-ondes et à la chaleur (pas de plastique) ; une assiette peut suffire mais pour plus de confort dans les manipulations il faut privilégier un plat qui ne s'échauffe pas.

3. Échantillonnage

Prendre un échantillon représentatif de plaquettes d'environ 1 à 1.5 kg en mélangeant plusieurs prélèvements effectués dans différents endroits du tas.

Noter sur le sac contenant l'échantillon la date, le lieu de prélèvement, la date de déchetage, le temps de ressuyage avant abattage, les essences de bois en présence, le type et la durée de stockage et mesurer la masse volumique des plaquettes (méthode poubelle et pèse personne conseillée).

Si l'échantillon n'est pas analysé dans la journée, il est nécessaire de les mettre au **réfrigérateur** afin de stopper les réactions physico-chimiques du bois mises en jeu dans la fermentation naturelle. Si la mesure est prévue au-delà des deux jours suivant le prélèvement, il faut mettre l'échantillon de plaquette au **congélateur** dans un sac hermétiquement fermé.

Juste avant de faire la mesure, sortir l'échantillon du sac, le mélanger et le séparer en trois fractions égales afin de pouvoir faire trois répétitions de la mesure et faire une moyenne (possibilité de faire une seule répétition soit deux mesures, voir une seule, si le temps manque mais le résultat obtenu sera moins fiable).

4. Méthode

Le principe réside dans l'évaporation de l'eau contenue dans les plaquettes grâce au chauffage au four à micro-ondes (l'échantillon doit être fini en étant anhydre) et le taux d'humidité de l'échantillon est calculé à partir de la pesée de l'échantillon avant et après le passage au micro-ondes. On parle de pesée de la diminution de masse après dessiccation.

a) Prélèvement et mise en place

Dans chaque fraction, il faut effectuer un **tri** dans les morceaux de plaquettes mises dans le four à micro-ondes pour éviter tout risque de pyrolyse lors du séchage (= mise à feu dans le micro-ondes).

Les **particules fines** et les **sciures** doivent être éradiquées au maximum.

Les **écorces** doivent se retrouver en faible quantité. Cependant, une écorce laissée dans le plat peut être un atout, car il peut être utilisé comme indicateur de fin de mesure. En effet, les tâches de pyrolyse s'observent bien sur les morceaux d'écorce.

Les **queues de déchiquetage** ne sont pas prises en compte.

Garder tout de même un échantillon avec les différentes tailles de morceaux composant le bois-déchiqueté à analyser.

Environ 60 grammes (de 50 à 80 gr) de plaquettes (suivant le taux d'humidité) sont déposés sur le plateau de façon homogène ce qui correspond environ à 100 à 150 morceaux de bois-déchiqueté (suivant la granulométrie) placés sur un seul niveau et côte-à-côte dans le plat. Il faut éviter de les mettre faire en tas, et éviter aussi de laisser des espaces trop importants entre les morceaux.

b) Séchage

La surveillance doit être rigoureuse durant la manipulation, car à chaque instant, il existe un danger de prise de feu de l'appareil.

Avant le début de la manipulation, on pèse le plat qui servira lors de l'expérience sans les plaquettes (M1), puis le plat est pesé avec les plaquettes (M2). Il faut toujours peser le plat à vide à chaque nouvelle mesure même si on utilise toujours le même.

Le plat avec les plaquettes est inséré dans le four et le protocole de chauffage débute. Le séchage des plaquettes au four à micro-onde peut prendre entre 5 et 10 minutes selon la nature des plaquettes bocagères. Ces dernières sont chauffées toutes les minutes sur le mode normal de l'appareil à pleine puissance.

Au bout de trois minutes pour commencer puis à chaque minute suivante, l'ensemble plat-plaquettes est pesé sur la balance et le poids affiché est noté dans le tableau. Ainsi, l'évolution de la perte d'humidité peut être suivie.

Après chaque pesée, il est possible d'homogénéiser les plaquettes en les mélangeant dans l'assiette pour éviter la condensation sous les morceaux lors des premières minutes de séchage.

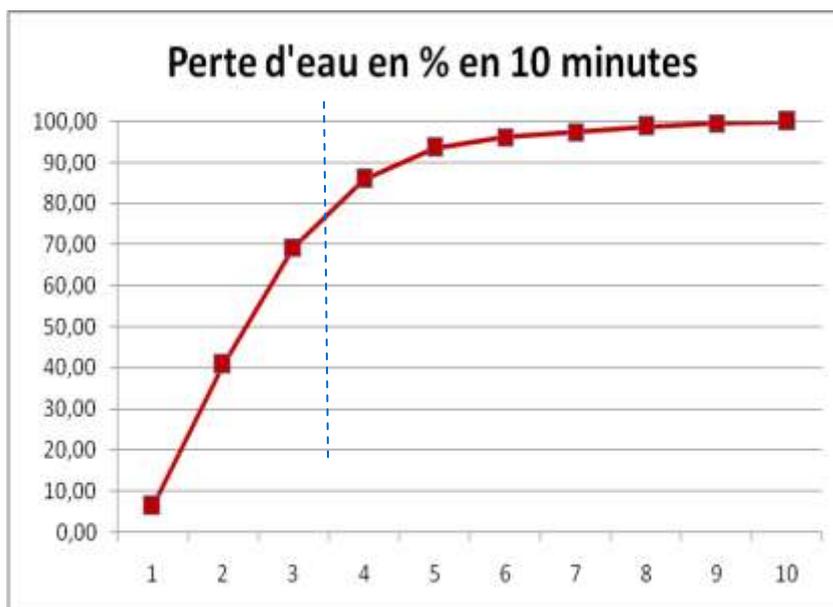
La manipulation s'arrête lorsqu'un début de fumée est observé ou que des tâches brunes ou dorées dues à un début de pyrolyse apparaissent sur les plaquettes. Il vaut mieux arrêter une minute avant plutôt que de mettre le feu à l'échantillon surtout que les dernières mesures sont en général très proches. Il faut être très vigilant à cette étape. Ces phénomènes peuvent s'observer plus facilement sur les plaquettes situées au milieu du plat. En effet, lorsque le plat tourne, les plaquettes situées au milieu de l'assiette restent immobiles contrairement aux plaquettes en périphéries, dont la position est modifiée en permanence. Les plaquettes situées au milieu sont chauffées plus fortement qu'aux autres endroits en mouvement, donc les tâches sont plus facilement observables à cet endroit.

La dernière mesure prise est dite « Mp » et l'avant-dernière « Mp-1 ».

L'opération est répétée au moins une fois sur la seconde fraction de l'échantillon et si possible deux fois afin d'avoir deux et si possible trois mesures pour un même échantillon et pouvoir faire une moyenne pour obtenir le résultat final.

Le temps de séchage peut différer selon les essences. Les essences plutôt sèches comme le frêne, le chêne ou le noisetier, en majorité ont un temps de séchage compris entre 6 et 8 minutes. Tandis que les essences sensibles à l'eau comme le saule, l'aulne, le tremble et le peuplier, ont besoin d'un temps de séchage allant de 7 minutes (aulne) à 9 minutes (saule). Enfin, si les essences sont mélangées dans un seul échantillon, le temps de séchage peut indiquer quelle essence était être majoritaire dans le sac. Cependant, il est impossible de prévoir à l'avance le temps de séchage nécessaire. Le temps de séchage peut aller jusqu'à environ 14 minutes.

Pour ne pas être surpris, il faut savoir que la vitesse de séchage est très rapide les premières minutes puis la perte d'eau ralentit beaucoup pour finir par évoluer assez peu : voir figure ci-dessous (perte d'eau en pourcentage sur un échantillon contenant du saule en majorité, avec du frêne et du hêtre pour une durée de séchage de 10 minutes).



Les plaquettes perdent en moyenne 80 % de leur humidité durant les trois premières minutes de séchage au micro-ondes. Au bout de 6 à 8 minutes, l'évolution est lente (plateau).

5. Résultats

Le taux d'humidité H en % est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$H = \frac{(M2 - (Mp + Mp-1)/2)) \times 100}{(M2-M1)}$$

Avec en grammes

M1 = masse plat seul

M2 = masse plat + plaquettes avant séchage

Mp = masse plat + plaquettes dernière mesure en fin de séchage

Mp-1 = masse plat + plaquettes avant-dernière mesure en fin de séchage

La perte d'humidité diffère selon les essences de bois rencontrées, le temps de ressuyage et de stockage. Cependant, le temps de séchage n'est pas directement lié au taux d'humidité du bois. En effet, le temps de séchage peut être de 7 à 12 minutes et donner la même valeur d'humidité.

Pour considérer ces valeurs, il serait intéressant de prendre en compte la masse volumique de l'échantillon, car il est évident que suivant la masse volumique, la masse d'eau du bois varie.

Enfin, pour trouver des explications aux différences entre les taux d'humidité trouvés, il est nécessaire de continuer à échantillonner et analyser des plaquettes de bois déchetées avec le maximum de critères différents possibles en comparant les résultats avec la mesure de référence à l'étuve faite en laboratoire, afin de pouvoir améliorer cette technique de mesure au four à micro-ondes.

Exemple de fiche remplie pour la mesure au micro-ondes en page suivante : remplissage et calculs automatiques sous excel.

Cette fiche propose notamment le calcul pour comparer le résultat obtenu avec la mesure de référence faite en laboratoire. Cette partie n'est pas utile si l'objectif n'est pas de faire de comparaisons.

Echantillon				
				<i>Légende :</i>
				En grisé : cases à remplir
Numéro échantillon*				En rayé rose : cases remplies automatiquement par calcul
Date prélèvement				
Résultats :				
- étuve (LANO)			% erreur	écart / étuve
- micro-onde				
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1			
T2	2			
T3	3			
T4	4			
T5	5			
T6	6			
T7	7			
Mesure faite le :				
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1				
M2(T0)				
Poids plaquettes				
teneur en eau attendue				
Mp théorique				
Mp pratique				
Mp-1 pratique				
Pourcentage d'erreur				Moyenne
Taux d'humidité mesuré				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1				
2				
3				Moyenne
4				
5				
6				
7				

Annexe 8 : Mesures du taux d'humidité des plaquettes avec la méthode au four à micro-ondes : une fiche par échantillon mesuré

La fiche « type » :

Echantillon				
Numéro échantillon*				
Date prélèvement				
Résultats :				
- étuve (LANO)			% erreur	écart / étuve
- micro-onde	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
		MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
TEMPS	MINUTES			
T1	1			
T2	2			
T3	3			
T4	4			
T5	5			
T6	6			
T7	7			
Mesure faite le :				
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1				
M2(T0)				
Poids plaquettes	0.0	0.0	0.0	
Teneur en eau attendue	0.0	0.0	0.0	
Mp théorique	0.0	0.0	0.0	
Mp pratique	0.0	0.0	0.0	
Mp-1 pratique	0.0	0.0	0.0	
Pourcentage d'erreur	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
MINUTES				
1	0.00	0.00	0.00	
2	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.00	
6	0.00	0.00	0.00	
7	0.00	0.00	0.00	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
MINUTES				
1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
2	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Moyenne
3	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
4	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
5	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
6	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
7	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Echantillon	21			
Numéro échantillon*	17-0408			
Date prélèvement	16/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	38.02		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	36.00		5.31%	-2.0
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	403.9	414.9	420.2
T2	2	398.0	408.9	412.6
T3	3	395.1	404.4	407.5
T4	4	393.8	402.4	405.4
T5	5	392.9	401.1	404.3
T6	6	392.6	400.6	403.9
T7	7	392.5	400.5	403.7
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	365.0	365.0	
M2(T0)	409.0	420.4	424.5	
Poids plaquettes	44.0	55.4	59.5	
teneur en eau attendue (g)	16.7	21.1	22.6	
Mp théorique	392.3	399.3	401.9	
Mp pratique	392.5	400.5	403.7	
Mp-1 pratique	392.6	400.6	403.9	
Pourcentage d'erreur	0.06%	0.29%	0.45%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	37.39%	35.83%	34.79%	36.00%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.10	5.50	4.30	
2	11.00	11.50	11.90	
3	13.90	16.00	17.00	
4	15.20	18.00	19.10	
5	16.10	19.30	20.20	
6	16.40	19.80	20.60	
7	16.50	19.90	20.80	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	30.9	27.6	20.7	
2	66.7	57.8	57.2	Moyenne
3	84.2	80.4	81.7	82.1
4	92.1	90.5	91.8	
5	97.6	97.0	97.1	
6	99.4	99.5	99.0	
7	100.0	100.0	100.0	

Echantillon	23			
Numéro échantillon*	19-0408			
Date prélèvement	16/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	28.98		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	35.17		-21.37%	6.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	412.8	383.1	392.3
T2	2	405.2	380.3	388.8
T3	3	401.8	379.1	386.7
T4	4	400.0	378.7	386.1
T5	5	399.6	378.7	385.9
T6	6	399.1	378.5	385.7
T7	7	399.0	378.5	
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	364.9	364.8	
M2(T0)	418.4	385.6	397.1	
Poids plaquettes	53.4	20.7	32.3	
teneur en eau attendue (g)	15.5	6.0	9.4	
Mp théorique	402.9	379.6	387.7	
Mp pratique	399.0	378.5	385.7	
Mp-1 pratique	399.1	378.5	385.9	
Pourcentage d'erreur	0.97%	0.29%	0.53%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	36.24%	34.30%	34.98%	35.17%
	avec les plus gros			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.60	2.50	4.80	
2	13.20	5.30	8.30	
3	16.60	6.50	10.40	
4	18.40	6.90	11.00	
5	18.80	6.90	11.20	
6	19.30	7.10	11.40	
7	19.40	7.10		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	28.9	35.2	42.1	
2	68.0	74.6	72.8	Moyenne
3	85.6	91.5	91.2	89.4
4	94.8	97.2	96.5	
5	96.9	97.2	98.2	
6	99.5	100.0	100.0	
7	100.0	100.0		

Echantillon	24			
Numéro échantillon*	14 (4)-0408			
Date prélèvement	24/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	35.46		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	31.27		11.82%	-4.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	417.5	417.8	416.9
T2	2	411.3	411.7	410.7
T3	3	407.9	407.9	407.3
T4	4	406.5	406.0	405.6
T5	5	405.6	404.9	404.7
T6	6	405.3	404.4	404.1
T7	7		403.9	
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	365.2	365.1	
M2(T0)	422.7	422.8	422.5	
Poids plaquettes	57.7	57.6	57.4	
teneur en eau attendue	20.5	20.4	20.4	
Mp théorique	402.2	402.4	402.1	
Mp pratique	405.3	403.9	404.1	
Mp-1 pratique	405.6	404.4	404.7	
Pourcentage d'erreur	0.76%	0.38%	0.49%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	29.90%	32.38%	31.53%	31.27%
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.20	5.00	5.60	
2	11.40	11.10	11.80	
3	14.80	14.90	15.20	
4	16.20	16.80	16.90	
5	17.10	17.90	17.80	
6	17.40	18.40	18.40	
7		18.90		
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	29.9	26.5	30.4	
2	65.5	58.7	64.1	Moyenne
3	85.1	78.8	82.6	82.2
4	93.1	88.9	91.8	
5	98.3	94.7	96.7	
6	100.0	97.4	100.0	
7		100.0		

Echantillon	25			
Numéro échantillon*	11 (4)-0408			
Date prélèvement	24/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	30.32		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	31.39		-3.53%	1.1
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	414.5	415.7	415.8
T2	2	408.7	409.7	409.4
T3	3	405.4	406.6	405.6
T4	4	403.7	405.5	403.3
T5	5	403.0	404.2	402.4
T6	6	402.4	403.7	402.0
T7	7	402.1		
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.1	365.2	365.1	
M2(T0)	420.0	420.0	420.1	
Poids plaquettes	54.9	54.8	55.0	
teneur en eau attendue	16.6	16.6	16.7	
Mp théorique	403.4	403.4	403.4	
Mp pratique	402.1	403.7	402.0	
Mp-1 pratique	402.4	404.2	402.4	
Pourcentage d'erreur	0.31%	0.08%	0.35%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	32.33%	29.29%	32.55%	31.39%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.50	4.30	4.30	
2	11.30	10.30	10.70	
3	14.60	13.40	14.50	
4	16.30	14.50	16.80	
5	17.00	15.80	17.70	
6	17.60	16.30	18.10	
7	17.90			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	30.7	26.4	23.8	
2	63.1	63.2	59.1	Moyenne
3	81.6	82.2	80.1	81.3
4	91.1	89.0	92.8	
5	95.0	96.9	97.8	
6	98.32	100.00	100.00	
7	100.00			

Echantillon	26			
Numéro échantillon*	20-0408			
Date prélèvement	24/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	40.26		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	37.41		7.09%	-2.9
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	418.7	427.3	417.5
T2	2	411.6	419.0	410.6
T3	3	406.2	413.4	406.3
T4	4	404.1	410.4	403.9
T5	5	402.9	409.0	402.5
T6	6	402.3	408.2	401.8
T7	7	401.9	407.6	401.5
T8	8	401.8	407.4	401.3
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.2	365.0	364.8	
M2(T0)	424.1	432.5	422.3	
Poids plaquettes	58.9	67.5	57.5	
teneur en eau attendue (g)	23.7	27.2	23.1	
Mp théorique	400.4	405.3	399.2	
Mp pratique	401.8	407.4	401.3	
Mp-1 pratique	401.9	407.6	401.5	
Pourcentage d'erreur	0.35%	0.51%	0.54%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	37.78%	37.04%	36.35%	37.05%
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.40	5.20	4.80	
2	12.50	13.50	11.70	
3	17.90	19.10	16.00	
4	20.00	22.10	18.40	
5	21.20	23.50	19.80	
6	21.80	24.30	20.50	
7	22.20	24.90	20.80	
8	22.30	25.10	21.00	
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	24.2	20.7	22.9	
2	56.1	53.8	55.7	Moyenne
3	80.3	76.1	76.2	77.5
4	89.7	88.0	87.6	88.5
5	95.1	93.6	94.3	
6	97.8	96.8	97.6	
7	99.6	99.2	99.0	
8	100.0	100.0	100.0	

Echantillon	26			
Numéro échantillon*	20-0408			
Date prélèvement	24/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	40.26		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	37.41		7.09%	-2.9
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	418.7	427.3	417.5
T2	2	411.6	419.0	410.6
T3	3	406.2	413.4	406.3
T4	4	404.1	410.4	403.9
T5	5	402.9	409.0	402.5
T6	6	402.3	408.2	401.8
T7	7	401.9	407.6	401.5
T8	8	401.8	407.4	401.3
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.2	365.0	364.8	
M2(T0)	424.1	432.5	422.3	
Poids plaquettes	58.9	67.5	57.5	
teneur en eau attendue (g)	23.7	27.2	23.1	
Mp théorique	400.4	405.3	399.2	
Mp pratique	401.8	407.4	401.3	
Mp-1 pratique	401.9	407.6	401.5	
Pourcentage d'erreur	0.35%	0.51%	0.54%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	37.78%	37.04%	36.35%	37.05%
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.40	5.20	4.80	
2	12.50	13.50	11.70	
3	17.90	19.10	16.00	
4	20.00	22.10	18.40	
5	21.20	23.50	19.80	
6	21.80	24.30	20.50	
7	22.20	24.90	20.80	
8	22.30	25.10	21.00	
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	24.2	20.7	22.9	
2	56.1	53.8	55.7	Moyenne
3	80.3	76.1	76.2	77.5
4	89.7	88.0	87.6	88.5
5	95.1	93.6	94.3	
6	97.8	96.8	97.6	
7	99.6	99.2	99.0	
8	100.0	100.0	100.0	

Echantillon	27			
Numéro échantillon*	21-0408			
Date prélèvement	24/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	35.49		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	34.05		4.06%	-1.4
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	431.2	425.4	432.3
T2	2	423.2	418.5	423.9
T3	3	417.7	413.6	418.5
T4	4	415.1	411.6	415.0
T5	5	413.3	410.9	413.5
T6	6	412.5	409.8	412.7
T7	7	412.2	409.5	411.9
T8	8	411.8	409.3	411.7
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	365.1	364.8	
M2(T0)	437.0	430.5	437.4	
Poids plaquettes	72.2	65.4	72.6	
teneur en eau attendue (g)	25.6	23.2	25.8	
Mp théorique	411.4	407.3	411.6	
Mp pratique	411.8	409.3	411.7	
Mp-1 pratique	412.2	409.5	411.9	
Pourcentage d'erreur MS	0.10%	0.49%	0.02%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	34.63%	32.26%	35.26%	34.05%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.80	5.10	5.10	
2	13.80	12.00	13.50	
3	19.30	16.90	18.90	
4	21.90	18.90	22.40	
5	23.70	19.60	23.90	
6	24.50	20.70	24.70	
7	24.80	21.00	25.50	
8	25.20	21.20	25.70	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	23.0	24.1	19.8	
2	54.8	56.6	52.5	Moyenne
3	76.6	79.7	73.5	76.6
4	86.9	89.2	87.2	87.7
5	94.0	92.5	93.0	
6	97.2	97.6	96.1	
7	98.4	99.1	99.2	
8	100.0	100.0	100.0	

Echantillon		28		
Nom échantillon	Bois d'eau vert			
Numéro échantillon*	22-0408			
Résultats :	06-mai			
- étuve (LANO)	57.63		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	53.72		6.78%	-3.9
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	434.8	435.2	434.6
T2	2	424.9	425.4	425.9
T3	3	416.5	416.6	416.3
T4	4	407.1	409.7	409.2
T5	5	402.5	405.2	404.8
T6	6	400.0	402.7	402.2
T7	7	398.7	400.9	400.7
T8	8	398.1	400.3	400.0
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	365.0	365.1	
M2(T0)	440.0	440.3	440.3	
Poids plaquettes	75.2	75.3	75.2	
teneur en eau attendue	43.3	43.4	43.3	
Mp théorique	396.7	396.9	397.0	
Mp pratique	398.1	400.3	400.0	
Mp-1 pratique	398.7	400.9	400.7	
<i>Pourcentage d'erreur</i>	<i>0.36%</i>	<i>0.86%</i>	<i>0.77%</i>	<i>Moyenne</i>
Taux d'humidité mesuré	55.32%	52.72%	53.13%	53.72%
	fait le jour suivant avec recongélation, décongélation			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.2	5.1	5.7	
2	15.10	14.90	14.40	
3	23.50	23.70	24.00	
4	32.90	30.60	31.10	
5	37.50	35.10	35.50	
6	40.00	37.60	38.10	
7	41.30	39.40	39.60	
8	41.9	40	40.3	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	12.4	12.8	14.1	
2	36.0	37.3	35.7	
3	56.1	59.3	59.6	<i>Moyenne</i>
4	78.5	76.5	77.2	77.4
5	89.5	87.8	88.1	88.4
6	95.5	94.0	94.5	
7	98.6	98.5	98.3	
8	100.0	100.0	100.0	

Echantillon	29			
Numéro échantillon*	23-0408			
Date prélèvement	29/04/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	40.87		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	36.72		10.15%	-4.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	426.3	427.8	426.4
T2	2	419.0	420.0	418.6
T3	3	413.4	413.4	412.6
T4	4	410.3	409.8	409.8
T5	5	408.3	407.4	408.4
T6	6	407.4	406.8	407.6
T7	7	406.9	406.4	407.3
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.1	365.2	365.1	
M2(T0)	431.5	431.4	431.3	
Poids plaquettes	66.4	66.2	66.2	
teneur en eau attendue	27.1	27.1	27.1	
Mp théorique	404.4	404.3	404.2	
Mp pratique	406.9	406.4	407.3	
Mp-1 pratique	407.4	406.8	407.6	
Pourcentage d'erreur	0.63%	0.51%	0.76%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	36.67%	37.46%	36.03%	36.72%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	5.20	3.60	4.90	
2	12.50	11.40	12.70	
3	18.10	18.00	18.70	
4	21.20	21.60	21.50	
5	23.20	24.00	22.90	
6	24.10	24.60	23.70	
7	24.60	25.00	24.00	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	21.1	14.4	20.4	
2	50.8	45.6	52.9	Moyenne
3	73.6	72.0	77.9	74.5
4	86.2	86.4	89.6	87.4
5	94.3	96.0	95.4	
6	98.0	98.4	98.8	
7	100.0	100.0	100.0	

Echantillon	31			
Numéro échantillon*	24(2)-0508			
Date prélèvement	13/05/08			
Résultats :	19-mai			
- étuve (LANO)	31.21		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	28.64		8.23%	-2.6
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	445.0	444.8	444.8
T2	2	436.2	436.2	436.6
T3	3	430.1	431.0	431.1
T4	4	427.4	428.0	428.1
T5	5	426.1	426.2	426.7
T6	6	425.6	425.2	425.9
T7	7	425.2		
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	365.0	365.0	
M2(TO)	450.1	450.1	450.4	
Poids plaquettes	85.1	85.1	85.4	
teneur en eau attendue	26.6	26.6	26.7	
Mp théorique	423.5	423.5	423.7	
Mp pratique	425.2	425.2	425.9	
Mp-1 pratique	425.6	426.2	426.7	
Pourcentage d'erreur	0.39%	0.39%	0.51%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	29.02%	28.67%	28.22%	28.64%
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES		MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)
1		5.10	5.30	5.60
2		13.90	13.90	13.80
3		20.00	19.10	19.30
4		22.70	22.10	22.30
5		24.00	23.90	23.70
6		24.50	24.90	24.50
7		24.90		
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES		% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)
1		20.5	21.3	22.9
2		55.8	55.8	56.3
3		80.3	76.7	78.8
4		91.2	88.8	91.0
5		96.4	96.0	96.7
6		98.4	100.0	100.0
7		100		
				Moyenne
				78.6
				90.3

Echantillon	32			
Numéro échantillon*	26-0508			
Date prélèvement	06/05/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	20.34		% erreur	écart / étuve
- micro-onde sonde	21.48		-5.60%	1.1
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	411.0	410.8	411.2
T2	2	407.4	407.1	407.2
T3	3	405.5	405.6	405.1
T4	4	404.7	404.8	404.2
T5	5	404.3		403.8
T6	6			
T7	7			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.9	364.8	364.8	
M2(T0)	415.5	415.4	415.4	
Poids plaquettes	50.6	50.6	50.6	
teneur en eau attendue	10.3	10.3	10.3	
Mp théorique	405.2	405.1	405.1	
Mp pratique	404.3	404.8	403.8	
Mp-1 pratique	404.7	405.6	404.2	
Pourcentage d'erreur	0.22%	0.08%	0.32%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	21.74%	20.16%	22.53%	21.48%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.50	4.60	4.20	
2	8.10	8.30	8.20	
3	10.00	9.80	10.30	
4	10.80	10.60	11.20	
5	11.20		11.60	
6				
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	40.2	43.4	36.2	
2	72.3	78.3	70.7	Moyenne
3	89.3	92.5	88.8	90.2
4	96.4	100.0	96.6	
5	100.0		100.0	
6				
7				

Echantillon	33			
Numéro échantillon*	27-0508			
Date prélèvement	16/05/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	39.28		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	36.27		7.66%	-3.0
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	458.3	439.7	440.1
T2	2	449.7	431.1	431.6
T3	3	441.4	424.7	424.7
T4	4	435.8	420.1	420.0
T5	5	432.0	417.7	417.2
T6	6	430.5	416.0	415.6
T7	7	429.4	415.3	415.1
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	364.9	364.8	
M2(T0)	465.1	445.1	445.0	
Poids plaquettes	100.1	80.2	80.2	
teneur en eau attendue	39.3	31.5	31.5	
Mp théorique	425.8	413.6	413.5	
Mp pratique	429.4	415.3	415.1	
Mp-1 pratique	430.5	416.0	415.6	
Pourcentage d'erreur	0.85%	0.41%	0.39%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	35.11%	36.72%	36.97%	36.27%
	trop lourd ?			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	6.80	5.40	4.90	
2	15.40	14.00	13.40	
3	23.70	20.40	20.30	
4	29.30	25.00	25.00	
5	33.10	27.40	27.80	
6	34.60	29.10	29.40	
7	35.70	29.80	29.90	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	19.0	18.1	16.4	
2	43.1	47.0	44.8	Moyenne
3	66.4	68.5	67.9	67.6
4	82.1	83.9	83.6	83.2
5	92.7	91.9	93.0	
6	96.9	97.7	98.3	
7	100.0	100.0	100.0	

Echantillon	34			
Numéro échantillon*	28-0508			
Date prélèvement	17/05/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	32.84		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	31.91		2.83%	-0.9
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	424.6	424.9	424.5
T2	2	417.2	417.1	418.0
T3	3	412.9	412.7	413.3
T4	4	410.3	410.4	411.0
T5	5	409.1	409.3	409.7
T6	6	408.6	408.9	409.1
T7	7	408.4		408.8
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.1	365.0	364.8	
M2(T0)	430.0	430.3	430.0	
Poids plaquettes	64.9	65.3	65.2	
teneur en eau attendue	21.3	21.4	21.4	
Mp théorique	408.7	408.9	408.6	
Mp pratique	408.4	408.9	409.7	
Mp-1 pratique	408.6	409.3	411.0	
Pourcentage d'erreur	0.07%	0.01%	0.27%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	33.13%	32.47%	30.14%	31.91%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.40	5.40	5.50	
2	12.80	13.20	12.00	
3	17.10	17.60	16.70	
4	19.70	19.90	19.00	
5	20.90	21.00	20.30	
6	21.40	21.40	20.90	
7	21.60		21.20	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	25.0	25.2	25.9	
2	59.3	61.7	56.6	Moyenne
3	79.2	82.2	78.8	80.1
4	91.2	93.0	89.6	
5	96.8	98.1	95.8	
6	99.1	100.0	98.6	
7	100.0		100.0	

Echantillon	35			
Numéro échantillon*	29-0508	échantillon gardé au frigo mais		
Date prélèvement	21/05/08	trop attente avant mesure :		
		le bois a séché dans le frigo ?		
Résultats :				
- étuve (LANO)	28.25		% erreur	écart / étuve
- micro-onde sonde	16.21		42.63%	-12.0
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	418.3	418.7	422.3
T2	2	414.6	415.5	418.5
T3	3	413.3	413.8	416.7
T4	4	412.7	413.0	415.9
T5	5	412.3		415.4
T6	6		142 morceaux	136 morceaux
T7	7		de plaquettes	de plaquettes
Mesure faite le	30/07/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	364.7	364.7	
M2(T0)	421.2	422.8	426.1	
Poids plaquettes	56.4	58.1	61.4	
teneur en eau attendue	15.9	16.4	17.3	
Mp théorique	405.3	406.4	408.8	
Mp pratique	412.3	413.0	415.4	
Mp-1 pratique	412.7	413.8	415.9	
Pourcentage d'erreur	1.74%	1.63%	1.63%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	15.43%	16.18%	17.02%	16.21%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	2.90	4.10	3.80	
2	6.60	7.30	7.60	
3	7.90	9.00	9.40	
4	8.50	9.80	10.20	
5	8.90		10.70	
6				
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	32.6	41.8	35.5	
2	74.2	74.5	71.0	Moyenne
3	88.8	91.8	87.9	89.5
4	95.5	100.0	95.3	
5	100.0		100.0	
6				
7				

Echantillon	36			
Numéro échantillon*	30-0508			
Date prélèvement	21/05/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	21.85		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	18.72		14.32%	-3.1
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	458.6	445.5	442.6
T2	2	452.2	439.4	435.7
T3	3	448.2	435.7	431.8
T4	4	446.3	434.2	430.2
T5	5	445.2		
T6	6			
T7	7			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	364.8	364.8	
M2(T0)	465.0	450.8	446.0	
Poids plaquettes	100.0	86.0	81.2	
teneur en eau attendue	21.9	18.8	17.7	
Mp théorique	443.2	432.0	428.3	
Mp pratique	445.2	434.2	430.2	
Mp-1 pratique	446.3	435.7	431.8	
<i>Pourcentage d'erreur</i>	<i>0.46%</i>	<i>0.51%</i>	<i>0.45%</i>	<i>Moyenne</i>
Taux d'humidité mesuré	19.25%	18.43%	18.47%	18.72%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	6.40	5.30	3.40	
2	12.80	11.40	10.30	
3	16.80	15.10	14.20	
4	18.70	16.60	15.80	
5	19.80			
6				
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	32.3	31.9	21.5	
2	64.6	68.7	65.2	<i>Moyenne</i>
3	84.8	91.0	89.9	88.6
4	94.4	100.0	100.0	
5	100.0			
6				
7				

Echantillon	37			
Numéro échantillon*	31-0508			
Date prélèvement	21/05/08			
Résultats :	21-mai			
- étuve (LANO)	46.58		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	41.39		11.15%	-5.2
TEMPS		Ech 1	Ech 2	Ech 3
	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	438.4	440.5	437.6
T2	2	431.6	431.4	431.3
T3	3	423.0	423.3	422.8
T4	4	418.0	417.2	417.1
T5	5	414.1	413.5	413.1
T6	6	412.1	411.7	412.0
T7	7	411.4		411.5
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
M1		364.8	364.9	364.8
M2(T0)		445.0	445.1	446.0
Poids plaquettes		80.2	80.2	81.2
teneur en eau attendue		37.4	37.4	37.8
Mp théorique		407.6	407.7	408.2
Mp pratique		411.4	411.7	411.5
Mp-1 pratique		412.1	413.5	412.0
Pourcentage d'erreur		0.92%	0.97%	0.81%
Taux d'humidité mesuré		41.46%	40.52%	42.18%
				41.39%
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES		MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)
1		6.60	4.60	8.40
2		13.40	13.70	14.70
3		22.00	21.80	23.20
4		27.00	27.90	28.90
5		30.90	31.60	32.90
6		32.90	33.40	34.00
7		33.60		34.50
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES		% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)
1		19.6	13.8	24.3
2		39.9	41.0	42.6
3		65.5	65.3	67.2
5		80.4	83.5	83.8
5		92.0	94.6	95.4
6		97.9	100.0	98.6
7		100.0		100.0
				<i>Moyenne</i>
				66.0
				82.6

Echantillon	38			
Numéro échantillon*	32-0508			
Date prélèvement	27/05/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	42.21		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	43.92		-4.05%	1.7
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	505.2	567.3	664.1
T2	2	496.8	557.8	657.2
T3	3	488.1	549.7	650.8
T4	4	479.7	542.0	642.6
T5	5	472.7	537.0	635.9
T6	6	468.7	533.9	633.2
T7	7	466.9	532.2	631.4
T8	8	465.5	531.4	630.4
T9	9	464.8	531.1	629.7
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	412.6	478.8	574.7	
M2(T0)	509.7	571.8	670.6	
Poids plaquettes	97.1	93.0	95.9	
teneur en eau attendue	41.0	39.3	40.5	
Mp théorique	468.7	532.5	630.1	
Mp pratique	464.8	531.1	629.7	
Mp-1 pratique	465.5	531.4	630.4	
Pourcentage d'erreur	0.84%	0.27%	0.07%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	45.88%	43.60%	42.28%	43.92%
	trop lourd ?			
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
	MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)
	1	4.50	4.50	6.50
	2	12.90	14.00	13.40
	3	21.60	22.10	19.80
	4	30.00	29.80	28.00
	5	37.00	34.80	34.70
	6	41.00	37.90	37.40
	7	42.80	39.60	39.20
	8	44.20	40.40	40.20
	9	44.90	40.70	40.90
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
	MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)
	1	10.0	11.1	15.9
	2	28.7	34.4	32.8
	3	48.1	54.3	48.4
	4	66.8	73.2	68.5
	5	82.4	85.5	84.8
	6	91.3	93.1	91.4
	7	95.3	97.3	95.8
	8	98.4	99.3	98.3
	9	100.0	100.0	100.0
				Moyenne
				50.3
				84.3

Echantillon	41			
Numéro échantillon*	33-0608			
Date prélèvement	16/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	28.87		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	27.14		5.98%	-1.7
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	643.1	648.2	636.7
T2	2	636.0	640.5	630.8
T3	3	630.7	634.5	627.9
T4	4	628.4	631.1	626.4
T5	5	626.8	630.0	626.1
T6	6		629.4	625.7
T7	7		629.0	
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	575.3	575.0	574.5	
M2(T0)	648.3	652.2	641.5	
Poids plaquettes	73.0	77.2	67.0	
teneur en eau attendue	21.1	22.3	19.3	
Mp théorique	627.2	629.9	622.2	
Mp pratique	626.8	629.0	625.7	
Mp-1 pratique	628.4	629.4	626.1	
Pourcentage d'erreur	0.07%	0.14%	0.57%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	28.36%	29.79%	23.28%	27.14%
				ECH 3: a séché avant dans le frigo ?
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	5.20	4.00	4.80	
2	12.30	11.70	10.70	
3	17.60	17.70	13.60	
4	19.90	21.10	15.10	
5	21.50	22.20	15.40	
6		22.80	15.80	
7		23.20		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	24.2	17.2	30.4	
2	57.2	50.4	67.7	Moyenne
3	81.9	76.3	86.1	81.4
4	92.6	90.9	95.6	
5	100.0	95.7	97.5	
6		98.3	100.0	
7		100.0		

Echantillon	42			
Numéro échantillon*	34-0608			
Date prélèvement	16/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	32.82		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	32.49		1.01%	-0.3
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	661.3	628.8	626.9
T2	2	655.2	622.4	620.6
T3	3	647.1	618.3	616.3
T4	4	640.8	616.5	614.0
T5	5	637.6	615.5	613.1
T6	6	636.0	615.2	612.6
T7	7	635.3		
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	575.1	574.4	574.5	
M2(T0)	666.1	634.4	631.1	
Poids plaquettes	91.0	60.0	56.6	
Teneur en eau attendue	29.9	19.7	18.6	
Mp théorique	636.2	614.7	612.5	
Mp pratique	635.3	615.2	612.6	
Mp-1 pratique	636.0	615.5	613.1	
<i>Pourcentage d'erreur</i>	<i>0.15%</i>	<i>0.08%</i>	<i>0.01%</i>	<i>Moyenne</i>
Taux d'humidité mesuré	33.46%	31.75%	32.24%	32.49%
	trop lourd ?			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.80	5.60	4.20	
2	10.90	12.00	10.50	
3	19.00	16.10	14.80	
4	25.30	17.90	17.10	
5	28.50	18.90	18.00	
6	30.10	19.20	18.50	
7	30.80			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	15.6	29.2	22.7	
2	35.4	62.5	56.8	<i>Moyenne</i>
3	61.7	83.9	80.0	75.2
4	82.1	93.2	92.4	89.3
5	92.5	98.4	97.3	
6	97.7	100.0	100.0	
7	100.0			

Echantillon	43			
Numéro échantillon*	14(6)-0608			
Date prélèvement	25/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	27.50		% erreur	écart / étuve
- micro-onde sonde	26.17		4.85%	-1.3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	421.1	419.4	420.2
T2	2	415.0	415.5	415.5
T3	3	411.9	412.8	412.8
T4	4	410.1	411.3	410.7
T5	5	409.2	410.5	410.0
T6	6	408.7	409.9	409.3
T7	7	408.3	409.6	409.0
T8	8		409.5	
Mesure faite le	30/07/2008			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	364.8	364.7	
M2(T0)	424.8	424.8	424.7	
Poids plaquettes	60.0	60.0	60.0	
teneur en eau attendue	16.5	16.5	16.5	
Mp théorique	408.3	408.3	408.2	
Mp pratique	408.3	409.5	409.0	
Mp-1 pratique	408.7	409.6	409.3	
Pourcentage d'erreur	0.00%	0.29%	0.20%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	27.17%	25.42%	25.92%	26.17%
	126 morceaux "+ gros" (ech 2)		154 morceaux "+ fins" (ech 3)	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	3.70	5.40	4.50	
2	9.80	9.30	11.90	
3	12.90	12.00	14.00	
4	14.70	13.50	14.70	
5	15.60	14.30	15.40	
6	16.10	14.90	15.70	
7	16.50	15.20		
8		15.30		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	22.4	35.3	28.7	
2	59.4	60.8	75.8	Moyenne
3	78.2	78.4	89.2	81.9
4	89.1	88.2	93.6	
5	94.5	93.5	98.1	
6	97.6	97.4	100.0	
7	100.0	99.3		
8		100.0		

Echantillon	46			
Numéro échantillon*	25-0608			
Date prélèvement	25/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	26.57		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	22.58		15.03%	-4.0
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	417.8	411.7	407.8
T2	2	412.8	407.7	404.0
T3	3	410.6	406.0	402.9
T4	4	409.4	404.9	402.1
T5	5	409.1	404.3	401.9
T6	6	408.7	404.1	
T7	7			
				ech 3 hétérogène
Mesure faite le :	30/07/08			bof, pas assez de
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	plaquettes
M1	364.9	364.7	364.6	
M2(T0)	421.8	416.2	412.4	
Poids plaquettes	56.9	51.5	47.8	
teneur en eau attendue	15.1	13.7	12.7	
Mp théorique	406.7	402.5	399.7	
Mp pratique	408.7	404.1	401.9	
Mp-1 pratique	409.1	404.3	402.1	
Pourcentage d'erreur	0.50%	0.39%	0.55%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	22.67%	23.30%	21.76%	22.58%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.00	4.50	4.60	
2	9.00	8.50	8.40	
3	11.20	10.20	9.50	
4	12.40	11.30	10.30	
5	12.70	11.90	10.50	
6	13.10	12.10		
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	30.5	37.2	43.8	
2	68.7	70.2	80.0	Moyenne
3	85.5	84.3	90.5	86.8
4	94.7	93.4	98.1	
5	96.9	98.3	100.0	
6	100.0	100.0		
7				

Echantillon	47			
Numéro échantillon*	35-0608			
Date prélèvement	27/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	27.66		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	26.57		3.93%	-1.1
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	413.8	412.4	412.4
T2	2	408.4	407.9	408.4
T3	3	405.3	405.4	406.0
T4	4	404.0	404.2	404.9
T5	5	403.3	403.9	404.4
T6	6	403.1	403.7	404.1
T7	7		403.6	
Mesure faite le				
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	364.8	364.6	
M2(T0)	417.8	417.8	417.8	
Poids plaquettes	53.0	53.0	53.2	
teneur en eau attendue	14.7	14.7	14.7	
Mp théorique	403.1	403.1	403.1	
Mp pratique	403.1	403.6	404.1	
Mp-1 pratique	403.3	403.7	404.4	
Pourcentage d'erreur	0.01%	0.11%	0.25%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	27.55%	26.70%	25.47%	26.57%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.00	5.40	5.40	
2	9.40	9.90	9.40	
3	12.50	12.40	11.80	
4	13.80	13.60	12.90	
5	14.50	13.90	13.40	
6	14.70	14.10	13.70	
7		14.20		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	27.2	38.0	39.4	
2	63.9	69.7	68.6	Moyenne
3	85.0	87.3	86.1	86.2
4	93.9	95.8	94.2	
5	98.6	97.9	97.8	
6	100.0	99.3	100.0	
7		100.0		

Echantillon	48			
Numéro échantillon*	36-0608			
Date prélèvement	12/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	34.69		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	32.07		7.56%	-2.6
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	404.9	410.5	408.8
T2	2	399.4	404.9	404.4
T3	3	396.7	401.5	401.4
T4	4	395.3	399.8	399.8
T5	5	394.7	398.9	399.0
T6	6	394.6	398.6	398.7
T7	7		398.4	398.5
Mesure faite le	09/07/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.7	364.6	364.7	
M2(T0)	408.7	414.8	414.7	
Poids plaquettes	44.0	50.2	50.0	
teneur en eau attendue	15.3	17.4	17.3	
Mp théorique	393.4	397.4	397.4	
Mp pratique	394.6	398.6	398.7	
Mp-1 pratique	394.7	398.6	398.7	
Pourcentage d'erreur	0.30%	0.31%	0.34%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	31.93%	32.27%	32.00%	32.07%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	3.80	4.30	5.90	
2	9.30	9.90	10.30	
3	12.00	13.30	13.30	
4	13.40	15.00	14.90	
5	14.00	15.90	15.70	
6	14.10	16.20	16.00	
7		16.40	16.20	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	27.0	26.2	36.4	
2	66.0	60.4	63.6	Moyenne
3	85.1	81.1	82.1	82.8
4	95.0	91.5	92.0	
5	99.3	97.0	96.9	
6	100.0	98.8	98.8	
7		100.0	100.0	

Echantillon	49			
Numéro échantillon*	36 (2)-0608			
Date prélèvement	27/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	24.72		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	23.87		3.42%	-0.8
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	430.4	424.9	424.7
T2	2	423.6	419.5	419.6
T3	3	421.5	416.7	416.7
T4	4	420.0	415.4	415.5
T5	5	419.1	414.8	414.9
T6	6	418.9	414.5	414.7
T7	7	418.6	414.3	
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.5	364.4	364.5	
M2(T0)	435.5	430.4	430.5	
Poids plaquettes	71.0	66.0	66.0	
teneur en eau attendue	17.6	16.3	16.3	
Mp théorique	417.9	414.1	414.2	
Mp pratique	418.6	414.3	414.7	
Mp-1 pratique	418.9	414.5	414.9	
Pourcentage d'erreur	0.16%	0.05%	0.12%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	23.59%	24.24%	23.79%	23.87%
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES		MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)
1		5.10	5.50	5.80
2		11.90	10.90	10.90
3		14.00	13.70	13.80
4		15.50	15.00	15.00
5		16.40	15.60	15.60
6		16.60	15.90	15.80
7		16.90	16.10	
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
MINUTES		% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)
1		30.2	34.2	36.7
2		70.4	67.7	69.0
3		82.8	85.1	87.3
4		91.7	93.2	94.9
5		97.0	96.9	98.7
6		98.2	98.8	100.0
7		100.0	100.0	
				Moyenne
				85.1

Echantillon	50			
Numéro échantillon*	37-0708			
Date prélèvement	02/07/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	23.60		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	23.80		-0.86%	0.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	415.0	414.9	398.8
T2	2	409.9	410.2	396.0
T3	3	407.3	407.9	394.7
T4	4	406.1	406.8	394.2
T5	5	405.6	406.3	394.0
T6	6	405.3	406.0	
T7	7	405.2	405.9	
Puissance micro-ondes		0.8	0.8	1.0
Mesure faite le :	09/07/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.9	364.8	364.7	
M2(T0)	418.6	418.6	402.9	
Poids plaquettes	53.7	53.8	38.2	
teneur en eau attendue	12.7	12.7	9.0	
Mp théorique	405.9	405.9	393.9	
Mp pratique	405.2	405.9	394.0	
Mp-1 pratique	405.3	406.0	394.2	
Pourcentage d'erreur	0.18%	0.00%	0.03%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	24.86%	23.51%	23.04%	23.80%
	(granulo fine)			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	3.60	3.70	4.10	
2	8.70	8.40	6.90	
3	11.30	10.70	8.20	
4	12.50	11.80	8.70	
5	13.00	12.30	8.90	
6	13.30	12.60		
7	13.40	12.70		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	26.9	29.1	46.1	
2	64.9	66.1	77.5	Moyenne
3	84.3	84.3	92.1	86.9
4	93.3	92.9	97.8	
5	97.0	96.9	100.0	
6	99.3	99.2		
7	100.0	100.0		

Echantillon	51			
Numéro échantillon*	13 (2)-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	17.81		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	18.09		-1.56%	0.3
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	409.9	397.3	399.6
T2	2	407.1	395.5	397.4
T3	3	405.8	394.8	396.1
T4	4	405.0	394.5	395.8
T5	5	404.8	394.2	395.5
T6	6	404.7		
T7	7			
Mesure faite le :	08/08/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	364.7	364.7	
M2(T0)	413.8	400.7	402.7	
Poids plaquettes	49.0	36.0	38.0	
teneur en eau attendue	8.7	6.4	6.8	
Mp théorique	405.1	394.3	395.9	
Mp pratique	404.7	394.2	395.5	
Mp-1 pratique	404.8	394.5	396.1	
Pourcentage d'erreur	0.09%	0.02%	0.11%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	18.47%	17.64%	18.16%	18.09%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	3.90	3.40	3.10	
2	6.70	5.20	5.30	
3	8.00	5.90	6.60	
4	8.80	6.20	6.90	
5	9.00	6.50	7.20	
6	9.10	400.70	402.70	
7	413.80	400.70	402.70	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	42.9	52.3	43.1	
2	73.6	80.0	73.6	Moyenne
3	87.9	90.8	91.7	90.1
4	96.7	95.4	95.8	
5	98.9	100.0	100.0	
6	100.0			
7				

Echantillon	52			
Numéro échantillon*	38-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	32.73		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	30.89		5.63%	-1.8
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	414.0	413.5	412.9
T2	2	407.7	407.6	407.5
T3	3	404.2	404.6	404.7
T4	4	402.6	403.2	403.5
T5	5	402.0	402.4	402.8
T6	6	401.7	402.0	402.6
T7	7	401.5	401.8	
Mesure faite le :				
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8	364.6	364.7	
M2(T0)	418.8	418.8	418.7	
Poids plaquettes	54.0	54.2	54.0	
teneur en eau attendue	17.7	17.7	17.7	
Mp théorique	401.1	401.1	401.0	
Mp pratique	401.5	401.8	402.6	
Mp-1 pratique	401.7	402.0	402.8	
Pourcentage d'erreur	0.09%	0.18%	0.39%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	31.85%	31.18%	29.63%	30.89%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.80	5.30	5.80	
2	11.10	11.20	11.20	
3	14.60	14.20	14.00	
4	16.20	15.60	15.20	
5	16.80	16.40	15.90	
6	17.10	16.80	16.10	
7	17.30	17.00	418.70	
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	27.7	31.2	36.0	
2	64.2	65.9	69.6	Moyenne
3	84.4	83.5	87.0	85.0
4	93.6	91.8	94.4	
5	97.1	96.5	98.8	
6	98.8	98.8	100.0	
7	100.0	100.0		

Echantillon	53			
Numéro échantillon*	38 (2)-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	25.23		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	24.88		1.39%	-0.4
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	412.3	413.5	395.7
T2	2	408.4	409.6	392.6
T3	3	406.4	407.4	391.1
T4	4	405.6	406.4	390.4
T5	5	405.1	406.0	390.3
T6	6	404.8	405.8	390.2
T7	7	404.8		
				gros morceaux surtout
Mesure faite le :	08/08/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.7	364.8	364.8	
M2(T0)	418.7	418.7	398.8	
Poids plaquettes	54.0	53.9	34.0	
teneur en eau attendue	13.6	13.6	8.6	
Mp théorique	405.1	405.1	390.2	
Mp pratique	404.8	405.8	390.2	
Mp-1 pratique	404.8	406.0	390.3	
Pourcentage d'erreur	0.07%	0.17%	0.01%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	25.74%	23.75%	25.15%	24.88%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	6.40	5.20	3.10	
2	10.30	9.10	6.20	
3	12.30	11.30	7.70	
4	13.10	12.30	8.40	
5	13.60	12.70	8.50	
6	13.90	12.90	8.60	
7	13.90			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	46.0	40.3	36.0	
2	74.1	70.5	72.1	Moyenne
3	88.5	87.6	89.5	88.5
4	94.2	95.3	97.7	
5	97.8	98.4	98.8	
6	100.0	100.0	100.0	
7				

Echantillon	55			
Numéro échantillon*	23 (2)-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	18.43		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	15.26		17.20%	-3.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	416.6	402.5	
T2	2	414.2	400.7	
T3	3	413.0	399.6	
T4	4	412.4	399.4	
T5	5	412.3	399.3	
T6	6		399.3	
T7	7			
Mesure faite le :				
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.7	364.7		
M2(T0)	420.7	405.7		
Poids plaquettes	56.0	41.0		
teneur en eau attendue	10.3	7.6		
Mp théorique	410.4	398.1		
Mp pratique	412.3	399.3		
Mp-1 pratique	412.4	399.3		
Pourcentage d'erreur	0.47%	0.29%		Moyenne
Taux d'humidité mesuré	14.91%	15.61%		15.26%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.10	3.20		
2	6.50	5.00		
3	7.70	6.10		
4	8.30	6.30		
5	8.40	6.40		
6		6.40		
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	48.8	50.0		
2	77.4	78.1		Moyenne
3	91.7	95.3		93.5
4	98.8	98.4		
5	100.0	100.0		
6				
7				

Echantillon	57			
Numéro échantillon*	23 (2)-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	21.93		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	19.73		10.03%	-2.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	420.6	419.1	413.5
T2	2	415.8	415.7	409.7
T3	3	413.6	414.3	408.3
T4	4	412.8	413.5	407.8
T5	5	412.2	413.1	407.6
T6	6	412.0	412.9	
T7	7			
Mesure faite le :	08/08/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.0	364.7	364.7	
M2(T0)	425.0	424.7	417.7	
Poids plaquettes	60.0	60.0	53.0	
teneur en eau attendue	13.2	13.2	11.6	
Mp théorique	411.8	411.5	406.1	
Mp pratique	412.2	412.9	407.6	
Mp-1 pratique	412.8	413.1	407.8	
Pourcentage d'erreur	0.09%	0.33%	0.38%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	20.83%	19.50%	18.87%	19.73%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.40	5.60	4.20	
2	9.20	9.00	8.00	
3	11.40	10.40	9.40	
4	12.20	11.20	9.90	
5	12.80	11.60	10.10	
6	13.00	11.80		
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	34.4	47.5	41.6	
2	71.9	76.3	79.2	Moyenne
3	89.1	88.1	93.1	90.1
4	95.3	94.9	98.0	
5	100.0	98.3	100.0	
6		100.0		
7				

Echantillon	60			
Numéro échantillon*	14 (7)-1208			
Date prélèvement	25/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	19.63		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	18.92		3.63%	-0.7
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	210.9	209.3	467.3
T2	2	204.1	203.2	460.7
T3	3	198.9	199.1	455.7
T4	4	196.0	196.0	453.5
T5	5	194.8	195.1	451.9
T6	6	194.2	194.6	451.3
T7	7		194.3	
			126 morceaux	
Mesure faite le	19/12/08		de plaquettes	
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	109.4	110.1	364.9	
M2(T0)	214.4	215.1	470.8	
Poids plaquettes	105.0	105.0	105.9	
teneur en eau attendue	20.6	20.6	20.8	
Mp théorique	193.8	194.5	450.0	
Mp pratique	194.2	194.3	451.3	
Mp-1 pratique	194.8	194.6	451.9	
Pourcentage d'erreur	0.21%	0.10%	0.29%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	18.95%	19.67%	18.13%	18.92%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	3.50	5.80	3.50	
2	10.30	11.90	10.10	
3	15.50	16.00	15.10	
4	18.40	19.10	17.30	
5	19.60	20.00	18.90	
6	20.20	20.50	19.50	
7		20.80		
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	17.3	27.9	17.9	
2	51.0	57.2	51.8	Moyenne
3	76.7	76.9	77.4	77.0
4	91.1	91.8	88.7	90.5
5	97.0	96.2	96.9	
6	100.0	98.6	100.0	
7		100.0		

Echantillon	61			
Numéro échantillon*	11 (7)-1208			
Date prélèvement	25/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	22.83		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	20.23		11.39%	-2.6
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	431.4	195.7	430.9
T2	2	424.5	188.5	426.9
T3	3	421.5	183.2	424.7
T4	4	420.3	181.2	423.8
T5	5	419.8	180.0	423.5
T6	6	419.3	179.5	
T7	7			
			126 morceaux	
Mesure faite le	17 et 19/12/08		de plaquettes	
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	365.1	109.3	365.2	
M2(T0)	436.1	200.3	433.8	
Poids plaquettes	71.0	91.0	68.6	
teneur en eau attendue	16.2	20.8	15.7	
Mp théorique	419.9	179.5	418.1	
Mp pratique	419.3	179.5	423.5	
Mp-1 pratique	419.8	180.0	423.8	
Pourcentage d'erreur	0.14%	0.01%	1.28%	Moyenne
Taux d'humidité mesuré	23.31%	22.58%	14.80%	20.23%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.70	4.60	2.90	
2	11.60	11.80	6.90	
3	14.60	17.10	9.10	
4	15.80	19.10	10.00	
5	16.30	20.30	10.30	
6	16.80	20.80		
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	28.0	22.1	28.2	
2	69.0	56.7	67.0	Moyenne
3	86.9	82.2	88.3	85.8
4	94.0	91.8	97.1	
5	97.0	97.6	100.0	
6	100.0	100.0		
7				

Echantillon	54			
Numéro échantillon*	20 (2)-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :	06-août			
- étuve (LANO)	16.64		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	16.92		-1.68%	0.3
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	412.8		
T2	2	409.9		
T3	3	408.4		
T4	4	407.6		
T5	5			
T6	6			
T7	7			
Mesure faite le :				
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8			
M2(T0)	416.8			
Poids plaquettes	52.0			
teneur en eau attendue	8.7			
Mp théorique	408.1			
Mp pratique	407.6			
Mp-1 pratique	408.4			
Pourcentage d'erreur	0.13%			Moyenne
Taux d'humidité mesuré	16.92%			16.92%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.00			
2	6.90			
3	8.40			
4	9.20			
5				
6				
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	43.5			
2	75.0			Moyenne
3	91.3			91.3
4	100.0			
5				
6				
7				

Echantillon	56			
Numéro échantillon*	39-0808			
Date prélèvement	01/08/08			
Résultats :	06-août			
- étuve (LANO)	18.86		% erreur	écart / étuve
- micro-onde	16.84		10.71%	-2.0
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	409.5		
T2	2	407.1		
T3	3	406.2		
T4	4	405.7		
T5	5	405.4		
T6	6			
T7	7			
Mesure faite le :	08/08/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8			
M2(T0)	413.8			
Poids plaquettes	49.0			
teneur en eau attendue	9.2			
Mp théorique	404.6			
Mp pratique	405.4			
Mp-1 pratique	405.7			
Pourcentage d'erreur	0.21%			Moyenne
Taux d'humidité mesuré	16.84%			16.84%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	4.30			
2	6.70			
3	7.60			
4	8.10			
5	8.40			
6				
7				
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	51.2			
2	79.8			Moyenne
3	90.5			90.5
4	96.4			
5	100.0			
6				
7				

Echantillon	44			
Numéro échantillon*	11 (6)-0608			
Date prélèvement	25/06/08			
Résultats :				
- étuve (LANO)	25.10		% erreur	écart / étuve
- micro-onde sonde	16.92		32.59%	-8.2
		Ech 1	Ech 2	Ech 3
TEMPS	MINUTES	MASSE (g)	MASSE (g)	MASSE (g)
T1	1	406.0		
T2	2	403.1		
T3	3	401.9		
T4	4	401.7		
T5	5	401.4		
T6	6	401.2		
T7	7	401.1		
Mesure faite le :	08/08/08			
	Echantillon 1	Ech 2	Ech 3	
M1	364.8			
M2(T0)	409.8			
Poids plaquettes	45.0			
teneur en eau attendue	11.3			
Mp théorique	398.5			
Mp pratique	401.7			
Mp-1 pratique	401.9			
Pourcentage d'erreur	0.80%			Moyenne
Taux d'humidité mesuré	17.78%			17.78%
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	MASSE d'eau perdue(g)	
1	3.80			
2	6.70			
3	7.90			
4	8.10			
5	8.40			
6	8.60			
7	8.70			
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	
MINUTES	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	% d'eau perdue(g)	
1	43.7			
2	77.0			Moyenne
3	90.8			90.8
4	93.1			
5	96.6			
6	98.9			
7	100.0			

Annexe 9 : Informations sur la sonde Humitest

Humitest® Timb spécial bois-énergie

Kit pour mesurer l'humidité les bûches et copeaux de bois.



→ **Mesure des bûches et des copeaux de bois**

→ **Mesure de 7 à 30% de la teneur en eau sur poids sec**

→ **Une sonde spécifique pour la mesure de l'humidité au cœur des copeaux**

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Poids (g) incluant les piles	150 g
Dimension (L x l x H en mm)	180 x 49 x 28 mm
Piles	2 x 1,5V (AA)
Affichage	Ecran à cristaux liquides
Alerte automatique	Oui
Présentation	État de protection à fermeture Velcro

MODE HUMIDIMÈTRE

Étalonnage	8 échelles de bois correspondant à plus de 150 essences 7 à 30% teneur en eau sur poids sec, au-delà de 30 et jusqu'à 99 les valeurs sont indicatives.
------------	---

ACCESSOIRES FOURNIS

Sonde pour balles
Sonde à pointes
Test d'étalonnage
Table d'étalonnage des essences bois

ACCESSOIRES EN OPTION

Sondes longues insérées (L = 127 et 240 mm)
Sonde à pointes renforcée
Sonde de température
Martinettes à électrodes
Boîtier d'étalonnage (avec certificat)
Certificat d'étalonnage 1 paramètre



Les pointes électrodes permettent de mesurer l'humidité dans les formes solides de bois-énergie, comme les bûches.



Longue de 60 cm, la sonde pour balles permet de mesurer au cœur des copeaux de bois.

Domosystem

Le spécialiste de la mesure de l'humidité
 8, rue La Bruyère - 75013 Paris - Tél. : 33 (0)1 45 47 22 99 - Fax : 33 (0)1 45 47 04 09
 E-mail : commercial@domosystem.fr - Site : www.domosystem.fr
 IAD au capital de 100 000 € - SIREN 308 888 246 00016 - RCS Paris 308 888 246 - APE 746 B

Humitest

© 2008 - 2009 - DOMOSYSTEM tous droits réservés. L'appareil est une marque déposée par GE WILHELM FROHMAYER - Humitest est une marque déposée par DOMOSYSTEM

Table d'étalonnage des essences de bois

Appellation courante en français

Essence	Famille									
	B	C	E	F	G	H	J	J	J	J
7	8,2	8,0	8,0	7,1	7,3	11,0	10,5	-	-	-
8	10,0	10,5	0,3	7,5	7,4	11,5	11,0	-	-	-
9	10,8	10,9	9,7	7,9	8,1	12,1	11,6	9,5	-	-
10	11,7	11,5	10,4	8,0	8,8	12,7	12,2	9,4	-	-
11	12,7	12,6	11,3	8,5	9,7	13,4	13,4	10,5	-	-
12	13,8	13,7	12,1	10,5	10,5	14,0	14,3	11,5	-	-
13	14,5	14,5	12,7	11,2	11,2	14,5	15,1	12,5	-	-
14	15,3	15,5	12,4	11,0	11,0	15,0	15,0	13,5	-	-
15	16,3	16,7	14,1	12,0	12,0	15,6	17,0	14,4	-	-
16	16,9	17,5	14,0	13,0	13,2	16,0	17,0	14,9	-	-
17	17,7	18,0	15,7	14,3	13,9	16,6	18,5	15,5	-	-
18	18,2	18,7	16,3	15,0	14,5	17,0	19,1	16,1	-	-
19	18,6	21,0	18,9	15,9	15,2	17,6	20,0	17,2	-	-
20	20,0	21,6	17,8	16,8	16,1	18,4	21,3	17,7	-	-
21	20,4	21,3	18,5	17,0	16,8	18,1	22,3	18,5	-	-
22	21,5	24,5	20,3	18,5	17,4	18,7	23,3	19,1	-	-
23	22,9	26,4	20,2	18,0	18,5	21,2	25,3	19,9	-	-
24	23,4	27,4	20,8	18,0	18,0	21,6	26,3	20,5	-	-
25	24,2	27,8	21,2	18,1	18,4	22,7	26,3	21,3	-	-
26	24,8	28,8	22,4	18,1	18,1	23,9	27,3	22,1	-	-
27	25,8	-	22,4	24,0	21,7	25,8	-	-	-	-
28	26,8	-	24,4	24,0	21,7	25,8	-	-	-	-
29	29,8	-	29,8	28,3	22,9	27,1	-	-	-	-

Humitest est étalonné pour du bois à 20°C (RH70).
 Si votre appareil est réglé sur 20°C pour le bois, cet étalonnage est valable à 20°C. Si vous souhaitez étalonner à 15°C, il faut multiplier les résultats obtenus par 0,95, et à 25°C par 1,05.
 Des lectures plus élevées de 1,2% peuvent être obtenues dans les cas où le bois a été imbibé de produits de préservation en phase aqueuse.
 Des lectures élevées sans causes apparentes de composition chimique doivent être prises avec précaution.

Profilmaster® est une marque déposée par CE Senstec plc

Les MMS, Surveymaster et MMS attaché Techdata sont des marques déposées de Humitest. Les autres noms de produits sont des marques déposées de leurs propriétaires respectifs. Les données de performance sont basées sur des essais effectués en laboratoire. Les résultats peuvent varier en fonction des conditions d'utilisation. Les données de performance sont basées sur des essais effectués en laboratoire. Les résultats peuvent varier en fonction des conditions d'utilisation. Les données de performance sont basées sur des essais effectués en laboratoire. Les résultats peuvent varier en fonction des conditions d'utilisation.

Page 4 / 4

Page 1 / 4

Page 1 / 4

Annexe 10 : Liste complète des mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères

Voir les 4 pages suivantes.

Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères avec le tamis de Biocombustibles SA												Page 1 / 5	Résultats bruts			
Légende : R = numéro de la répétition de la mesure																
Nom échantillon	Numéro échantillon	Type granulo	Date mes	R	Poids initial (gr)	Dimension des tamis en millimètres (soit 6 classes), avec pour chacune : Masse de plaquettes récupérées en grammes						Poids final (gr)	Nb tours / min	Temps (minutes)	Remarque	
						Proportion de plaquettes en %										Perle de (gr)
						+ 80	40	20	10	2	-					
1	PF 1 an Chanu	sec	04/03/08	1	416	14	24	0	258	110	10	416	0	220	4	
					100%	3.4%	5.8%	0.0%	62.0%	26.4%	2.4%	0.0%	0	220	4	
2				2	586	0	12	350	134	88	2	586	0	220	4	
					100%	0.0%	2.0%	59.7%	22.9%	15.0%	0.3%	0.0%	0	220	4	
3				3	604	0	46	96	332	120	10	604	0	220	4	
					100%	0.0%	7.6%	15.9%	55.0%	19.9%	1.7%	0.0%	0	220	4	
4				4	540	0	14	36	162	292	26	530	10	220	4	
					100%	0.0%	2.6%	6.8%	30.6%	55.1%	4.9%	1.9%	0	220	4	
A			Moyenne		537	4	24	121	222	153	12	534	2.5	220	4	pb trop gros échantillons donc ça coince au niveau des tamis
					100%	0.7%	4.5%	22.6%	41.5%	28.6%	2.2%	0.5%	0	220	4	
5	Petites vertes	sec	04/03/08	1	1060	6	6	274	434	254	30	1004	56	220	4	pb trop gros échantillons donc ça coince au niveau des tamis
					100%	0.6%	0.6%	27.3%	43.2%	25.3%	3.0%	5.3%	0	220	4	
B					730	0	22	50	404	244	10	730	0	215-220	4	pb trop gros échantillons donc ça coince au niveau des tamis
					100%	0.0%	3.0%	6.8%	55.3%	33.4%	1.4%	0.0%	0	220	4	
C					638	0	2	26	262	324	24	638	0	220	4	
					100%	0.0%	0.3%	4.1%	41.1%	50.8%	3.8%	0.0%	0	220	4	
8				2	780	0	0	28	266	436	50	780	0	215-220	4	
					100%	0.0%	0.0%	3.6%	34.1%	55.9%	6.4%	0.0%	0	220	4	
D			Moyenne		709	0	1	27	264	380	37	709	0	220	4	pb trop gros échantillons donc ça coince au niveau des tamis
					100%	0.0%	0.1%	3.8%	37.2%	53.6%	5.2%	0.0%	0	220	4	
9	PF vert Athis	vert	04/03/08	1	600	0	4	48	248	278	22	600	0	215-220	4	pb trop gros échantillons donc ça coince au niveau des tamis
					100%	0.0%	0.7%	8.0%	41.3%	46.3%	3.7%	0.0%	0	220	4	
E					600	0	4	48	248	278	22	600	0	215-220	4	pb trop gros échantillons donc ça coince au niveau des tamis
					100%	0.0%	0.7%	8.0%	41.3%	46.3%	3.7%	0.0%	0	220	4	

Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères avec le tamis de Biocombustibles SA										Page 2 / 5	Résultats bruts						
Légende : R = numéro de la répétition de la mesure																	
N°	Stockage	Nom échantillon	Date mes	R	Type granulo	Poids initial (gr)	Masse de plaquettes récupérées en grammes						Poids final (gr)	Perte de (gr)	Nb tours / min	Temps (min)es	Remarque
							+ 80	40	20	10	2	-					
							Dimension des tamis en millimètres (soit 6 classes), avec pour chacune : Proportion de plaquettes en grammes										
							80	40	20	10	2	-					
10	Stockage 2 ans	sec	15/05/08	1		580	0	100	234	184	56	4	578	2	160	4	pas assez secoué : les fines
						100%	0.0%	17.3%	40.5%	31.8%	9.7%	0.7%	0.3%				au-dessus des plus grosses
11				2		534	0	4	284	194	84	6	572	-38	200	4	pas assez secoué : blocage
						100%	0.0%	0.7%	49.7%	33.9%	14.7%	1.0%	-7.1%				sur le tamis de 20 mm
12				3		558	0	6	20	196	312	20	554	4	220	4	mieux : les fines arrivent plus
						100%	0.0%	1.1%	3.6%	35.4%	56.3%	3.6%	0.7%				facilement à passer le dernier
13				4		332	0	0	4	110	192	20	326	6	220	4	la répartition semble plus
						100%	0.0%	0.0%	1.2%	33.7%	58.9%	6.1%	1.8%				garder cette quantité de
					Moyenne 3 et 4	445	0	3	12	153	252	20	440	5.0			
F1						100%	0.0%	0.7%	2.7%	34.8%	57.3%	4.5%	1.1%		220	4	
14		sec	15/05/08	5		564	0	6	54	238	248	18	566	-2			manuellement
						100%	0.0%	1.1%	9.5%	42.0%	43.8%	3.2%	-0.4%				trop de plaquettes : les fines
15				6		560	0	4	56	208	274	18	558	2			un peu au-dessus des plus
						100%	0.0%	0.7%	10.0%	37.3%	49.1%	3.2%	0.4%				trop de plaquettes : les fines
16				7		328	0	0	4	110	192	20	326	2			un peu au-dessus des plus
						100%	0.0%	0.0%	1.2%	33.7%	58.9%	6.1%	0.6%				bonne répartition
17				8		324	0	2	14	124	166	20	326	-2			bonne répartition
						100%	0.0%	0.6%	4.3%	38.0%	50.9%	6.1%	-0.6%				
					Moyenne 7 et 8	326	0	1	9	117	179	20	326	0.0			
F2						100%	0.0%	0.3%	2.8%	35.9%	54.9%	6.1%	0.0%				
18	Manche	sec	07/08/08	1		390	0	0	20	110	200	18	348	42	220	4	
						100%	0.0%	0.0%	5.7%	31.6%	57.5%	5.2%	10.8%				
19				2		390	0	0	16	130	184	18	348	42	200/225/23	4	
						100%	0.0%	0.0%	4.6%	37.4%	52.9%	5.2%	10.8%				
					Moyenne	390	0	0	18	120	192	18	348	42			
G						100%	0.0%	0.0%	5.2%	34.5%	55.2%	5.2%	10.8%		219	4	

Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères avec le tamis de Biocombustibles SA										Page 3 / 5	Résultats bruts				
Légende : R = numéro de la répétition de la mesure															
Nom échantillon Numéro mesure	Type granulo	Date mes granulo	R	Poids initial (gr)	Dimension des tamis en millimètres (soit 6 classes), avec pour chacune : Masse de plaquettes récupérées en grammes Proportion de plaquettes en %						Poids final (gr)	Nb tours / min	Temps (minutes)	Remarque	
					+ 80	40	20	10	2	-					
20 Mélange	sec	07/08/08	1	350	0	2	36	122	178	12	350	0	220	4	
				100%	0.0%	0.6%	10.3%	34.9%	50.9%	3.4%	0.0%				
21			2	350	0	0	18	126	184	20	348	2	230	4	
				100%	0.0%	0.0%	5.2%	36.2%	52.9%	5.7%	0.6%				
22			3	350	0	2	26	136	168	18	350	0	225	3	
				100%	0.0%	0.6%	7.4%	38.9%	48.0%	5.1%	0.0%				
23			4	350	0	0	38	116	174	22	350	0	225	4	
				100%	0.0%	0.0%	10.9%	33.1%	49.7%	6.3%	0.0%				
24			5	350	0	0	14	104	208	22	348	2	220	4	
				100%	0.0%	0.0%	4.0%	29.9%	59.8%	6.3%	0.6%				
H			Moyenne	350	0	1	26	121	182	19	349	0.8			
				100%	0.0%	0.2%	7.6%	34.6%	52.2%	5.4%	0.2%		224	3.8	
25 Calibrées PF	sec	07/08/08	1	350	0	0	10	128	202	10	350	0	225	4	
				100%	0.0%	0.0%	2.9%	36.6%	57.7%	2.9%	0.0%				
26			2	350	0	0	12	132	200	4	348	2	220	4	
				100%	0.0%	0.0%	3.4%	37.9%	57.5%	1.1%	0.6%				
I			Moyenne	350	0	0	11	130	201	7	349	1			
				100%	0.0%	0.0%	3.2%	37.2%	57.6%	2.0%	0.3%		223	4	
27 PF juin	sec	07/08/08	1	350	0	0	28	134	174	10	346	4	220	4	
				100%	0.0%	0.0%	8.1%	38.7%	50.3%	2.9%	1.1%				
28			2	306	0	0	20	110	162	12	304	2	220	4	
				100%	0.0%	0.0%	6.6%	36.2%	53.3%	3.9%	0.7%				
J			Moyenne	328	0	0	24	122	168	11	325	3			
				100%	0.0%	0.0%	7.4%	37.5%	51.7%	3.4%	0.9%		220	4	

Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères avec le tamis de Biocombustibles SA												Page 4 /5	Résultats bruts		
Légende : R = numéro de la répétition de la mesure															
Numero échantillon	Nom échantillon	Date mes granulo	Poids initial (gr)	Dimension des tamis en millimètres (soit 6 classes) , avec pour chacune : Masse de plaquettes récupérées en grammes						Poids final (gr)	Perte de (gr)	Nb tours / min	Temps (minutes)	Remarque	
				Proportion de plaquettes en %											
				+ 80	40	20	10	2							
29	Dur sec	03/06/08	1	262	0	0	10	120	133	4	267	-5	220	4	plaquettes très sèches donc légères
K				100%	0.0%	0.0%	3.7%	44.9%	49.8%	1.5%		-1.9%			
30	Non calibrées PF	07/08/08	1	354	0	8	40	130	158	18	354	0	225	4	
				100%	0.0%	2.3%	11.3%	36.7%	44.6%	5.1%		0.0%			
31			2	350	0	0	64	80	182	20	346	4	225	4	de gros morceaux sur tamis 20-
				100%	0.0%	0.0%	18.5%	23.1%	52.6%	5.8%		1.1%			
		Moyenne		352	0	4	52	105	170	19	350	2			
L				100%	0.0%	1.1%	14.9%	30.0%	48.6%	5.4%		0.6%	225	4	
32	Manuelle fines	07/08/08	1	350	0	0	4	44	263	32	343	7	225	4	
				100%	0.0%	0.0%	1.2%	12.8%	76.7%	9.3%		2.0%			
33			2	340	0	0	8	36	248	46	338	2	220	4	
				100%	0.0%	0.0%	2.4%	10.7%	73.4%	13.6%		0.6%			
		Moyenne		345	0	0	6	40	255.5	39	341	4.5			
M				100%	0.0%	0.0%	1.8%	11.7%	75.0%	11.5%		1.3%	223	4	
42	Défrage	07/08/08	1	212	2	6	12	36	134	22	212	0	235	4	difficile à passer au tamiseur car ne sont pas des morceaux
				100%	0.9%	2.8%	5.7%	17.0%	63.2%	10.4%		0.0%			
43			2	234	1	4	14	28	158	24	229	5	235	4	
				100%	0.4%	1.7%	6.1%	12.2%	69.0%	10.5%		2.1%			
		Moyenne		223	1.5	5	13	32	146	23	221	2.5			
W				100%	0.7%	2.3%	5.9%	14.5%	66.2%	10.4%		1.1%	235	4	
34	PF 2 mois Chanu	15/05/08	1	334	0	0	30	116	176	10	332	2	220	4	
N				100%	0.0%	0.0%	9.0%	34.9%	53.0%	3.0%		0.6%			

Mesures de la granulométrie des plaquettes bocagères avec le tamis de Biocombustibles SA												Page 5 /5	Résultats bruts	
Légende : R = numéro de la répétition de la mesure														
Numéro échantillon	Nom échantillon	Date mes granulo	Poids initial (gr)	Dimension des tamis en millimètres (soit 6 classes) , avec pour chacune : Masse de plaquettes récupérées en grammes Proportion de plaquettes en %						Poids final (gr)	Perte de (gr)	Nb tours / min	Temps (minutes)	Remarque
				+ 80	40	20	10	2	-					
O	35 PF 2 mois Athis	mi 15/05/08	1 370	0	0	32	198	120	20	370	0	220	4	Plus de poussières
			100%	0.0%	0.0%	8.6%	53.5%	32.4%	5.4%		0.0%			
P	36 Saule 2semaines	mi 03/06/08	1 328	0	0	26	160	134	2	322	6	220	4	
			100%	0.0%	0.0%	8.1%	49.7%	41.6%	0.6%		1.8%			
Q	37 Saule vert	vert 15/05/08	1 364	0	0	16	192	144	8	360	4	220	4	verts donc moins de poussières
			100%	0.0%	0.0%	4.4%	53.3%	40.0%	2.2%		1.1%			
R	38 Peuplier vert	vert 15/05/08	1 318	0	0	34	156	116	6	312	6	220	4	
			100%	0.0%	0.0%	10.9%	50.0%	37.2%	1.9%		1.9%			
S	39 Aulne vert	vert 15/05/08	1 362	0	4	10	206	124	8	352	10	220	4	
			100%	0.0%	1.1%	2.8%	58.5%	35.2%	2.3%		2.8%			
T	40 Dur vert	vert 15/05/08	1 362	0	0	10	106	232	12	360	2	220	4	
			100%	0.0%	0.0%	2.8%	29.4%	64.4%	3.3%		0.6%			
U	41 Dur petit vert	vert 03/06/08	1 336	0	0	20	156	156	4	336	0	220	4	
			100%	0.0%	0.0%	6.0%	46.4%	46.4%	1.2%		0.0%			

Annexe 11 : Contrats d'approvisionnement existants dans les structures locales

3 documents :

- ↪ **Les deux contrats de la SCIC Bois Bocage Énergie : contrat d'approvisionnement signé avec le fournisseur de bois-décheté et contrat de fourniture signé avec le client**

- ↪ **Le règlement intérieur de l'association Haiecobois**

CONTRAT D'APPROVISIONNEMENT

entre le fournisseur de bois-décheté et la SCIC Bois Bocage Énergie

Entre :

- **L'agriculteur [nom] demeurant à [adresse]**

ci-après désigné « **le fournisseur** »,
d'une part ;

- **Et la SCIC Bois Bocage Énergie**
Mairie – Place l'Eglise – 61800 CHANU

ci-après désignée « **la SCIC** »
d'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE 1 : OBJET DU CONTRAT

Le contrat s'inscrit dans la préoccupation locale des élus, des agriculteurs et des habitants du territoire de contribuer à une meilleure préservation du paysage bocager et à une valorisation du bois issu de l'entretien des haies bocagères en « bois-décheté » autrement appelé « plaquettes ».

Par ce présent contrat, **le fournisseur** s'engage pour la durée du contrat et aux conditions définies ci-après, à fournir et à livrer du bois-décheté à la plate-forme d'approvisionnement locale gérée par **la SCIC** ou dans un autre lieu si aucune plate-forme n'existe localement. Pour ce faire, **le fournisseur** devient associé de **la SCIC** en souscrivant au minimum deux parts sociales. Ce faisant, **le fournisseur** s'engage à vendre son bois-décheté à **la SCIC** et à ne pas entrer en concurrence avec **la SCIC** auprès de ses clients.

ARTICLE 2 : DURÉE ET RENOUVELLEMENT DU CONTRAT

Le présent contrat est passé pour une durée illimitée à compter du [jour mois année]. Il pourra être dénoncé, par l'une ou l'autre des parties, par lettre recommandée avec accusé de réception trois mois avant sa date anniversaire.

Les modifications éventuelles apportées lors de l'Assemblée Générale de **la SCIC** pourront être prises en compte en signant un avenant au présent contrat ou en le dénonçant et en signant un nouveau contrat reprenant les nouvelles conditions.

Lors de l'Assemblée Générale ordinaire de début de saison de **la SCIC**, les deux parties s'engagent à faire le bilan de l'application du présent contrat et à signer l'acte d'engagement annuel.

ARTICLE 3 : BASES QUANTITATIVES

La quantité annuelle de bois-décheté sur laquelle portent les engagements de livraison, souscrits par **le fournisseur**, et de réception, par **la SCIC**, est fixée en début d'automne de chaque année, lors d'une l'Assemblée Générale ordinaire de **la SCIC**. A ce moment là, les quantités de bois-décheté à livrer par **le fournisseur** à la plate-forme (ou autre lieu) selon les périodes de l'année seront précisées. L'acte d'engagement annuel est alors signé.

Les quantités réelles peuvent varier en plus ou en moins selon les années en fonction des besoins de **la SCIC**.

ARTICLE 4 : BASES QUALITATIVES

Le fournisseur s'engage à livrer du bois-décheté issu de l'entretien des haies bocagères locales ou de l'entretien de la forêt paysanne. Cependant, une partie du bois-décheté fourni peut provenir d'autres origines, à condition de respecter le critère de proximité de provenance, sans dépasser 20 % des quantités livrées annuellement.

La qualité du bois-décheté « vert » fourni sera maintenue dans les limites suivantes :

Humidité : le taux d'humidité du bois-décheté sera mesuré à l'aide d'un appareil de mesure adapté au moment de la livraison et le séchage sera réalisé sur la plate-forme ; le montant réglé **au fournisseur** sera établi suivant la quantité de matière sèche contenue dans le bois-décheté livré. Cette mesure prendra effet une fois que cet appareil sera acheté par **la SCIC** ; entre-temps, le bois-décheté sera acheté au poids.

Granulométrie : pour 80 % de la quantité livrée, les dimensions des plaquettes de bois doivent être comprises entre 30 x 20 x 10 mm et 20 x 10 x 5 mm. Moins de 1 % des éléments pourra dépasser une section de 6 cm² et une longueur de 12 cm.

Ecorces : le bois-décheté ne doit pas provenir d'écorces.

Poussières : le taux de poussières n'excèdera pas 10% du poids total de la fourniture. Les feuilles vertes ne sont pas acceptées car elles produisent de la poussière.

Terres, pierres, sables et autres "corps étrangers" au bois-décheté : sont exclus de la fourniture.

Compte-tenu de l'objet du contrat (article 1), le mode de production du bois-décheté fourni sera aussi pris en compte sur les critères suivants :

Provenance : **le fournisseur** devra respecter le critère de proximité de provenance et il est tenu d'indiquer précisément l'origine du bois-décheté livré (nom et numéro de parcelle).

Arrachage : le bois-décheté fourni ne doit pas être issu d'un arrachage de haies. Le non-respect de ce critère est passible du non-paiement par **la SCIC** de la livraison **au fournisseur** et d'une interdiction de livraison à **la SCIC**. Dans le cas d'un arrachage ne pouvant être évité, **le fournisseur** est tenu de demander un accord de livraison auprès de **la SCIC**, à condition d'en faire la demande au minimum deux mois avant la date prévue de livraison.

Gestion de la haie : il est conseillé de suivre les règles de gestion du maillage bocager indiquées à l'article 5.

ARTICLE 5 : GESTION DES HAIES

La technique de recépage de la haie est vivement conseillée car c'est la technique la plus adaptée pour favoriser la productivité et la diversité du bois de haie. Dans un objectif « esthétique » (paysage), il faudrait éviter d'avoir trop de haies recépées sur un même secteur. Une coordination devra être mise en œuvre pour éviter le recépage la même année de linéaires de haies adjacentes et pouvant appartenir à des exploitants différents.

Une haie recépée pousse sur 12-15 ans ; une rotation sur l'ensemble du linéaire de haie doit être organisée sur ce laps de temps. Il est conseillé **au fournisseur** de réaliser un plan de gestion des haies de l'exploitation pour planifier ses interventions et le potentiel de livraison à la plate-forme sur la durée.

ARTICLE 6 : LIVRAISONS

Le fournisseur prévient **la SCIC** qu'il va livrer sur la plate-forme (ou autre lieu) au minimum quarante-huit [48] heures avant.

Les opérations de déchargement sur la plate-forme sont assurées par **le fournisseur** à ses risques et périls et sous sa responsabilité. Le bois-décheté déchargé sur la plate-forme est stocké sous la responsabilité de **la SCIC**.

Des personnes désignées par la gérance de **la SCIC** seront habilitées à signer les bons de livraison. Le bon de livraison sera établi en trois exemplaires signés par le livreur et le représentant de **la SCIC**. Un exemplaire est remis **au fournisseur**. Le second exemplaire est remis à **la SCIC** pour facturation. Le troisième exemplaire est conservé dans le carnet. Sur le bon de livraison sont indiqués :

- la date de livraison
- le nom du **fournisseur**, son adresse et son numéro de contrat

- le nom du livreur (si différent **du fournisseur**)
- le nom du représentant de **la SCIC**
- le poids de la benne agricole à vide
- le poids de la benne agricole à plein
- le poids net
- la provenance du bois
- la date d'abattage du bois, la date de déchiquetage et le taux d'humidité

L'admission du bois-décheté sur la plate-forme (ou autre lieu) est prononcée par le représentant de **la SCIC**, en tenant compte notamment des prescriptions énoncées dans l'article 4. En cas de refus, **la SCIC** devra se justifier auprès **du fournisseur** en réalisant les contrôles nécessaires sur le bois-décheté fourni. Si les contrôles montrent que la fourniture ne respecte pas les conditions du présent contrat, **le fournisseur** se verra éventuellement contraint au paiement des pénalités prévues à l'article 9.

En cas de non-livraison ou d'insuffisance de livraison, **la SCIC** avisera par téléphone **le fournisseur** et confirmera par lettre recommandée. Si les livraisons n'ont pas repris le lendemain de la réception de la lettre recommandée, **la SCIC** se réserve le droit de passer commande à un autre fournisseur. En outre, **le fournisseur** pourra être contraint aux pénalités définies à l'article 9 sans pouvoir formuler à l'encontre de **la SCIC** une quelconque réclamation.

ARTICLE 7 : PRIX

Le prix du présent marché est réputé établi sur la base du montant fixé à l'Assemblée Générale ordinaire annuelle de **la SCIC**, et transcrit sur l'acte d'engagement annuel.

ARTICLE 8 : PAIEMENTS

Le paiement du bois-décheté livré au titre du présent contrat sera géré par **la SCIC**. **Le fournisseur** donne l'autorisation à **la SCIC** d'établir la facturation en son nom.

Le paiement sera effectué par **la SCIC au fournisseur** pour 50 % à la livraison après établissement de la facture, et les 50 % restant seront payés entre trois et neuf mois après la date de livraison.

ARTICLE 9 : PÉNALITÉS

En cas de non-paiement des pénalités, **le fournisseur** pourra être exclu de **la SCIC**.

9-1. Pour retard, pour absence de livraison

Les pénalités s'élèvent à 30 % du prix d'achat conclu (article 7) sur les quantités de bois-décheté non livrées à la plate-forme.

Les pénalités pour retard de livraison sont fixées en Assemblée Générale de **la SCIC**, sur la base des propositions des responsables de **la SCIC**, en fonction des conséquences provoquées sur le service assuré par la société.

9-2. Pour fourniture de combustible non conforme

Le combustible non conforme se définit par du bois-décheté ne respectant pas les critères énoncés dans l'article 4.

Le prix du combustible non conforme sera défini en Assemblée Générale de **la SCIC**.

Les frais de tamisage et criblage seront déduits du paiement dû par **la SCIC au fournisseur**.

ARTICLE 10 : ASSURANCES

Dans un délai de quinze jours à compter de la notification du contrat et avant tout commencement d'exécution, **le fournisseur** doit être titulaire d'une assurance garantissant les tiers en cas d'accidents ou de dommages causés par l'exécution des livraisons et des manutentions sur la plate-forme (ou autre lieu), avec garanties d'un organisme notoirement solvable.

Le fournisseur fournira sur demande la copie de la police d'assurance à **la SCIC**. Elle pourra la refuser si les garanties sont jugées insuffisantes. **Le fournisseur** devra alors produire une nouvelle police d'assurances conforme aux exigences de **la SCIC** avant toute demande de paiement ; **le fournisseur** ne pouvant réclamer, dans ce cas, d'intérêts moratoires.

ARTICLE 11 : LITIGES

L'esprit de la convention restant celui d'une loyale fourniture et d'engagements réciproques, toute difficulté pouvant survenir à l'occasion de son exécution sera éventuellement soumise au jugement d'un arbitre choisi d'un commun accord, ou, si la conciliation est impossible, à celui des tribunaux compétents.

Dans ce même esprit, il est convenu que, pendant la première année d'exploitation qui peut être considérée comme un test à bien des égards, les parties se rencontreront aussi souvent que nécessaire en vue de résoudre les difficultés non prévues qui pourraient survenir dans l'exécution de la fourniture, objet du présent contrat.

Fait le _____ , à _____

Le fournisseur, [nom et prénom]

La SCIC, [nom et prénom du signataire et tampon]

NB : Les différentes pages du présent contrat seront paraphées par les deux parties.

Le présent contrat est établi en deux exemplaires dont un exemplaire est remis à chaque partie.

CONTRAT DE FOURNITURE **entre le client de bois-décheté** **et la SCIC Bois Bocage Énergie**

Entre :

- **Le client [nom] demeurant à [adresse]**

ci-après désigné « **le client** »,
d'une part ;

- **Et la SCIC Bois Bocage Énergie**
Mairie – Place l'Eglise – 61800 CHANU

ci-après désignée « **la SCIC** »
d'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE 1 : OBJET DU CONTRAT

Le contrat s'inscrit dans la préoccupation locale des élus, des agriculteurs et des habitants du territoire de contribuer à une meilleure préservation du paysage bocager et à une valorisation du bois issu de l'entretien des haies bocagères en « bois-décheté » autrement appelé « plaquettes ».

Par ce présent contrat, **la SCIC** s'engage à fournir, pour la durée du contrat et aux conditions définies ci-après, **le client** en bois-décheté. Pour ce faire, **le client** devient associé de **la SCIC** en souscrivant au minimum une part sociale. Ce faisant, **le client** s'engage à ne pas contacter la concurrence de **la SCIC** et réserve

l'exclusivité de la fourniture à **la SCIC** sauf si une disposition particulière a été définie au moment l'adhésion. Par ailleurs, dans les circonstances indiquées ci-après, **le client** pourra faire appel à une autre structure d'approvisionnement.

ARTICLE 2 : DURÉE ET RENOUVELLEMENT DU CONTRAT

Le présent contrat est passé pour une durée illimitée à compter du [jour mois année]. Il pourra être dénoncé, par l'une ou l'autre des parties, par lettre recommandée avec accusé de réception trois mois avant sa date anniversaire.

Les modifications éventuelles apportées lors de l'Assemblée Générale de **la SCIC** pourront être prises en compte en signant un avenant au présent contrat ou en le dénonçant et en signant un nouveau contrat reprenant les nouvelles conditions.

Lors de l'Assemblée Générale ordinaire de début de saison de **la SCIC**, les deux parties s'engagent à faire le bilan de l'application du présent contrat et à signer l'acte d'engagement annuel.

ARTICLE 3 : BASES QUANTITATIVES

La quantité annuelle de bois-décheté sur laquelle portent les différents engagements entre les fournisseurs, **la SCIC** et **les clients**, est fixée en début d'automne de chaque année, lors de l'Assemblée Générale ordinaire de **la SCIC**. A ce moment là, les livraisons de bois-décheté seront planifiées pour l'année. L'acte d'engagement annuel est alors signé. Afin de préparer l'Assemblée Générale de **la SCIC**, il sera demandé à **chaque client** d'indiquer ses besoins en plaquettes pour la saison suivante.

Les quantités réelles peuvent varier en plus ou en moins selon les années en fonction des besoins de chaleur (liées aux conditions météorologiques durant la saison de chauffe). Une tolérance de plus ou moins 20 % sera acceptée. Les nouveaux clients bénéficieront d'une plus grande tolérance dans leur estimation pour la première année.

ARTICLE 4 : BASES QUALITATIVES

La SCIC s'engage à fournir du bois-décheté issu de l'entretien des haies bocagères locales ou de l'entretien de la forêt paysanne. Cependant, une partie du bois-décheté fourni par **la SCIC** pourra provenir d'autres origines, à condition de respecter le critère de proximité de provenance. En cas de rupture de stock, il pourra être fait appel à des fournisseurs extérieurs, respectant les mêmes critères de qualité, afin d'assurer la continuité d'approvisionnement pour **le client**.

La qualité du bois-décheté « sec » fourni sera maintenue dans les limites suivantes :

Humidité : les plaquettes ne dépasseront pas 30 % d'humidité sur poids brut. Dans le cas contraire, une décote du prix de vente sera effectuée. Le taux d'humidité sera mesuré à l'aide d'un appareil de mesure adapté au moment de la livraison (cette mesure prendra effet une fois que cet appareil sera acheté par **la SCIC** ; entre-temps, la mesure sera empirique).

Granulométrie : pour 80 % de la quantité livrée, les dimensions des plaquettes de bois doivent être comprises entre 30 x 20 x 10 mm et 20 x 10 x 5 mm. Au maximum 1 % des éléments pourra dépasser une section de 6 cm² et une longueur de 15 cm.

Écorces : le bois-décheté ne doit pas provenir d'écorces.

Poussières : le taux de poussières n'excèdera pas 10 % du poids total de la fourniture.

Terres, pierres, sables et autres incombustibles : ils ne devront pas dépasser 3 % du poids brut.

Compte-tenu de l'objet du contrat (article 1), le mode de production du bois-décheté fourni sera aussi pris en compte sur les critères suivants :

Provenance : le critère de proximité territoriale est privilégié.

Arrachage : le bois-décheté fourni ne sera pas issu d'un arrachage de haies.

ARTICLE 5 : GESTION DES HAIES

L'achat de bois-décheté d'origine bocagère contribue au maintien et à l'entretien des haies du territoire. **La SCIC** demande à ses fournisseurs de s'appliquer à bien gérer le maillage bocager, notamment en favorisant la technique de recépage de la haie (objectif de productivité de la haie) et en évitant d'avoir trop de haies recépées sur un même secteur (objectif « esthétique » / paysage). Par ailleurs, les plans de gestion des haies sont préconisés.

ARTICLE 6 : FOURNITURE

Le client s'engage à passer commande à **la SCIC** par téléphone (confirmé par fax ou e-mail) à chaque fois qu'il a besoin de plaquettes, au minimum quatre jours ouvrés à l'avance. Il pourra soit venir chercher les plaquettes à la plate-forme de stockage, soit demander une livraison par le prestataire de son choix. Une proposition pourra éventuellement lui être faite par **la SCIC**. En cas de livraison, l'accessibilité du silo de la chaudière devra avoir été vérifiée au préalable par les deux parties et l'information devra être transmise au livreur.

La SCIC s'engage à fournir **le client** dans les quatre jours après réception de la commande. **Le client** s'engage à assurer une maintenance correcte de son installation et à stocker le bois-décheté fourni dans de bonnes conditions, et notamment à l'abri des intempéries.

Les opérations de chargement sur la plate-forme de stockage sont assurées par **le client** ou le transporteur sous sa responsabilité.. Après sortie de la plate-forme, le bois-décheté est sous la responsabilité **du client**.

Des personnes désignées par la gérance de **la SCIC** seront habilitées à signer les bons de livraison. Le bon de livraison sera établi en trois exemplaires signés par **le client** et le représentant de **la SCIC**. Un exemplaire est remis **au client**. Le second exemplaire est remis à **la SCIC** pour facturation. Le troisième exemplaire est conservé dans le carnet. Sur le bon de livraison sont indiqués :

- la date de livraison
- le nom **du client**, son adresse, et son numéro de contrat
- le nom du représentant **du client** (si différent)
- le nom du représentant de **la SCIC**
- le poids du véhicule de transport à vide
- le poids du véhicule de transport à plein
- le poids net
- le taux d'humidité
- le prix total
- le paiement effectué

Le client pourra refuser les plaquettes, il devra alors le justifier auprès de **la SCIC** en réalisant les contrôles nécessaires sur le bois-décheté fourni. Si les contrôles montrent que la fourniture ne respecte pas les conditions du présent contrat, **la SCIC** se verra éventuellement contrainte à proposer des plaquettes d'une autre provenance et répondant aux critères énoncés précédemment. Au cas où cela ne serait pas possible dans un délai de trois jours ouvrés, **le client** se réserve le droit de faire appel à un autre fournisseur. Cela entraînera l'annulation du présent contrat. Toute réclamation sera refusée après un délai de soixante-douze [72] heures suivant la livraison.

En cas de non-livraison ou d'insuffisance de livraison, **le client** avisera par téléphone **la SCIC** et confirmera par lettre recommandée. Si la livraison n'a pas repris le surlendemain de la réception de la lettre recommandée, **le client** se réserve le droit de passer commande à un autre fournisseur. **La SCIC** devra alors rembourser le solde des avances et subira les pénalités définies à l'article 9 sans pouvoir formuler à l'encontre du client une quelconque réclamation.

ARTICLE 7 : PRIX

Le prix de la plaquette est défini départ plate-forme de stockage ; le transport sera facturé en sus après accord du devis par **le client**.

Le prix est fixé en euros par tonne sèche hors taxes.

Le prix du présent marché est réputé établi sur la base du montant fixé à l'Assemblée Générale ordinaire de début de saison de **la SCIC**, et transcrit sur un acte d'engagement annuel réciproque.

Il est spécifié que si le régime fiscal auquel est soumis le combustible « bois-décheté », objet du présent contrat, venait à être modifié, les incidences de cette modification seraient intégralement répercutées sur le prix de vente.

ARTICLE 8 : PAIEMENTS

A la signature de l'acte annuel d'engagement, **le client** versera une avance correspondant à 25 % de ces besoins pour la saison suivante. Cette avance sera déduite des factures au fur et à mesure, proportionnellement aux approvisionnements effectués. En cas d'insuffisance de livraison due à une demande inférieure aux prévisions, **la SCIC** se garde le droit de conserver le solde de l'avance. Pour mémoire, une tolérance de plus ou moins 20 % sera acceptée (cf. article 3).

Le bois-décheté sec livré **au client** au titre du présent contrat fera l'objet d'une facturation à chaque approvisionnement. Le paiement sera effectué par **le client** à **la SCIC** à réception de la facture.

ARTICLE 9 : PÉNALITÉS

9-1. Pour retard, pour absence de fourniture

Les pénalités s'élèvent à 10 % du prix d'achat conclu (article 7) sur les quantités de bois-décheté non fournies au client.

9-2. Pour fourniture de combustible non conforme

Le combustible non conforme se définit par du bois-décheté ne respectant pas les critères énoncés dans l'article 4.

Le combustible non conforme sera repris et changé aux frais de **la SCIC** après accord de la réclamation du client. Les frais de tamisage et criblage sont compris dans le prix de la plaquette fixé (article 7), et ne peuvent être répercutés au client.

ARTICLE 10 : ASSURANCES

Dans un délai de quinze jours à compter de la notification du contrat et avant tout commencement d'exécution, **le client** et le livreur doivent être titulaires d'une assurance garantissant les tiers en cas d'accidents ou de dommages causés par l'exécution de la fourniture et des livraisons, avec garanties d'un organisme notoirement solvable.

Le client et le livreur fourniront sur demande la copie de la police d'assurance à **la SCIC**. Elle pourra la refuser si les garanties sont jugées insuffisantes. Une nouvelle

police d'assurances conforme aux exigences de **la SCIC** devra être fournie avant toute fourniture ; **le client** et le livreur ne pouvant réclamer, dans ce cas, d'intérêts moratoires.

ARTICLE 11 : LITIGES

L'esprit de la convention restant celui d'une loyale fourniture et d'engagements réciproques, toute difficulté pouvant survenir à l'occasion de son exécution sera éventuellement soumise au jugement d'un arbitre choisi d'un commun accord, ou, si la conciliation est impossible, à celui des tribunaux compétents.

Dans ce même esprit, il est convenu que, pendant la première année d'exploitation qui peut être considérée comme un test à bien des égards, les parties se rencontreront aussi souvent que nécessaire en vue de résoudre les difficultés non prévues qui pourraient survenir dans l'exécution de la fourniture, objet du présent contrat.

Fait le _____ , à

Le client, [nom et prénom]

La SCIC, [nom et prénom du signataire et tampon]



RÈGLEMENT INTÉRIEUR D'HAIECOBOIS

Article 1 : Objet et révision

Le présent règlement intérieur a pour but de compléter et préciser les statuts de l'association. Il détermine ainsi le montant des cotisations, les modalités de convocation et fonctionnement de l'assemblée générale et du Conseil d'administration, les conditions d'exercice de l'activité de l'association, les éventuelles procédures en cas de litiges.

Il est établi et révisé par le Conseil d'administration.

Article 2 : Montant des cotisations

Le montant des cotisations est fixé à **15 €** pour tous les adhérents quelque soit leur catégorie : membres actifs, membres de soutien ou membres sympathisants.

Article 3 : Fonctionnement du Conseil d'Administration

2-1 Documents :

Les délibérations du Conseil sont constatées par des procès verbaux portés sur un registre. Les copies ou extraits des délibérations à produire en justice ou ailleurs sont certifiés par le président du conseil ou le vice-président ou par deux administrateurs en fonction.

2-2 Quorum :

Le Conseil d'Administration doit, pour délibérer valablement, réunir au moins la moitié de ses membres quelque soit la catégorie à laquelle ils appartiennent.

Article 3 : Fonctionnement de l'Assemblée Générale

3-1 Convocation :

Il est adressé à chaque membre, quinze jours au moins avant la date de la réunion, une convocation individuelle l'invitant à assister à l'assemblée générale et lui précisant la date, l'heure et le lieu de la réunion ainsi que l'ordre du jour.

L'ordre du jour de l'assemblée générale est arrêté par le conseil d'administration. Il doit comporter, outre les propositions émanant du conseil toute question présentée au conseil six semaines au moins avant la convocation de l'assemblée générale sur proposition écrite revêtue de la signature d'un dixième au moins du nombre total des membres inscrits.

3-2 Documents :

Il est tenu une feuille de présence indiquant les nom et domicile de chacun des associés et le nombre de voix dont il est porteur. Cette feuille de présence, émargée par les membres ou, en leur nom, par leurs mandataires, est certifiée exacte par les membres du bureau de l'assemblée.

3-3 Quorum :

L'assemblée générale n'est régulièrement constituée et ne délibère valablement que si elle est composée d'un nombre de membres présents ou représentés au moins égal à 1/3 de celui des membres inscrits à l'association à la date de la convocation, quelle que soit la catégorie à laquelle ils appartiennent.

Si ce n'est pas le cas, une deuxième assemblée est convoquée. Elle délibère valablement quel que soit le nombre des membres présents ou représentés mais seulement sur les objets à l'ordre du jour de la première assemblée.

Article 4 : Conditions d'exercice de l'activité de l'association

4-1 Contrat de fourniture entre le producteur et l'association

Les conditions énoncées en article 4 et 5 font l'objet d'un contrat d'engagements réciproques, signés entre les deux parties, le producteur et l'association.

4-1-a. Durée d'engagement et quantités fournies

Le producteur qui souhaite être membre de l'association s'engage à fournir à l'association du bois déchiqueté pendant **trois années consécutives afin d'assurer la régularité de l'approvisionnement.**

Mais le conseil d'administration se laisse la possibilité de procéder à des aménagements en fonction des débouchés.

Le producteur s'engage également à annoncer à l'association la quantité de bois qu'il porte disponible à la vente pour le **31 mai** au plus tard de chaque année.

4-1-b. Origine et qualité du bois

Le producteur s'engage à fournir exclusivement des plaquettes de bois déchiqueté issues de l'entretien durable des haies, boisements et espaces naturels.

Il s'engage à remplir le **registre de provenance** du bois fourni par l'association (nom de l'exploitant, n° de parcelles, nom de la commune, date de déchiquetage, type de déchiqueteuse et propriétaire de la machine). Le producteur fournit ce registre à l'association avant le 31 mai de chaque année.

Le producteur s'engage à respecter strictement la qualité de la fourniture dans les limites suivantes :

BOIS SEC :

Humidité : l'humidité se tiendra de 25 à 35% sur poids brut (elle correspond au minimum à 4 à 6 mois de séchage sous abri)

Granulométrie : Les produits livrés ne devront pas excéder la granulométrie suivante :

Pour 80% de la quantité livrée, les dimensions des plaquettes de bois doivent être comprises entre 30 x 20 x 10 mm et 20 x 10 x 5 mm.

Aucun élément ne devra dépasser une section de 6 cm² sur une longueur de 5 cm ou une section de 1cm² pour une longueur de 10 cm.

Poussières : le taux de poussières n'excèdera pas 10% du poids total de la fourniture

Terres et sables : ils sont exclus de la fourniture. Le taux d'incombustibles contenus dans la fourniture ne devra pas excéder 4% du poids brut (mesuré au four à moufle à 700°C)

Corps étrangers : tout corps étrangers est exclu de la fourniture.

PCI moyen : il devra être de 3340 kWh/Tonne sur poids brut pour du bois à 30% d'humidité

BOIS VERT :

Granulométrie : Les produits livrés ne devront pas excéder la granulométrie suivante :

Pour 80% de la quantité livrée, les dimensions des plaquettes de bois doivent être comprises entre 30 x 20 x 10 mm et 20 x 10 x 5 mm.

Aucun élément ne devra dépasser une section de 6 cm² sur une longueur de 5 cm ou une section de 1cm² pour une longueur de 10 cm.

Poussières : le taux de poussières n'excèdera pas 10% du poids total de la fourniture

Terres et sables : ils sont exclus de la fourniture. Le taux d'incombustibles contenus dans la fourniture ne devra pas excéder 4% du poids brut (mesuré au four à moufle à 700°C)

Corps étrangers : tout corps étrangers est exclu de la fourniture.

4-1-c. Prise en charge de la livraison

Afin de permettre le démarrage de l'activité de l'association, les producteurs souhaitant être membres de l'association doivent stocker le bois décheté par leurs propres moyens, en veillant toujours à respecter la qualité du bois.

La livraison du bois décheté se fait par les producteurs eux-mêmes. Les producteurs seront sollicités pour des livraisons **dans un rayon de 20 km autour de leur siège d'exploitation.**

Dans le cas où des propositions émaneraient d'un rayon supérieur à 20 km, l'association laissera le producteur choisir s'il souhaite livré ou non, sachant que le prix du bois (calculé sur la base d'un rayon de 20 km) ne sera pas augmenté pour autant.

4-1-d. Modalités de chaque livraison

Le producteur s'engage à réaliser l'approvisionnement du produit dans les délais que lui signifie l'association, en fonction des différents contrats. A l'appel de l'association, il donnera le jour et l'heure de sa livraison.

Les opérations de déchargement dans le lieu de stockage sont assurées par le producteur à ses risques et périls et sous sa responsabilité.

4-1-e. Documents à fournir à l'association après livraison

Le jour de la livraison, le producteur signe et fait signer par la personne habilitée à réceptionner trois exemplaires du bon de livraison. Le client conserve un des exemplaires, le producteur conserve les deux autres.

Le producteur envoie à l'association un exemplaire du bon de livraison signé par la personne habilitée à réceptionner et le ticket de pesée original (plein et vide) dans les 10 jours suivants la livraison. Le producteur conserve un exemplaire du bon de livraison pour lui-même en y reportant le poids livré.

4-2 Règle d'attribution d'une livraison entre producteurs d'un même secteur

Pour les approvisionnements réguliers (chauffage)

Les producteurs du secteur (rayon 20 km) autour de la chaudière se réunissent courant juin pour déterminer à l'amiable l'ordre d'approvisionnement pour l'année de chauffe à venir.

Pour les approvisionnements irréguliers, les règles sont les suivantes :

Recensement des producteurs dans le secteur des 20 km

Inventaire des stocks restants après déductions des livraisons régulières à venir

Inventaire des livraisons récemment effectuées par les producteurs concernés hors livraisons régulières

Attribution de la livraison au producteur le plus proche géographiquement sous réserve d'une entente différente entre les producteurs du secteur

Tout producteur ne s'étant pas fait connaître avant le 31 mai ne sera pas prioritaire pour l'année de livraison qui suit.

4-3 Paiement du producteur

Un acompte de 60 % sera versé dans les deux mois qui suivent la livraison.
Le solde est versé en fin d'exercice comptable sous réserve de la conformité du produit et du respect des délais de livraisons.

4-4 Pénalités

Dans le cas où le délai de livraison contractuel est dépassé ou de la non-conformité du produit, par le fait avéré du producteur fournisseur, l'association répercutera sur ce producteur les pénalités financières dont elle est elle-même la cible. Ces pénalités seront déduites du paiement du bois décheté au producteur.

La répétition de problèmes venant du même producteur peut entraîner son exclusion définitive.

4-5 Litiges

L'esprit du fonctionnement de l'association restant celui d'une loyale fourniture et d'engagements réciproques, toute difficulté pouvant survenir entre le producteur et l'association devra être discuté à l'amiable lors d'une rencontre entre le Conseil d'Administration et ce membre.

Dans le cas d'un manquement avéré aux statuts et règlement intérieur de la présente association, le Conseil d'Administration peut décider de l'exclusion du membre en cause.

Si la conciliation est impossible entre les deux parties, elle peut être soumise à la décision des tribunaux compétents.

Article 5 : Prix et actualisations

Le prix de vente du bois est fixé tous les ans par le Conseil d'administration.
Ce prix comprend la rémunération du producteur (combustible et livraison) plus les frais de gestion de l'association.

Annexe 12 : Enquête utilisateurs de chaudières à bois-décheté : modèle d'enquête et réponses obtenues auprès de 15 utilisateurs fin 2008

Nom de l'enquêteur :

.....



CHAUFFAGE ENQUÊTE UTILISATEURS DE BOIS DÉCHIQUETÉ

UTILISATEUR

Nom :

Prénom :

Représentant de :

(si organisation collective)

CHAUDIÈRE

▪ Caractéristiques de la chaudière bois

- Marque :

- Puissance :

- Installateur :

- Date de mise en route :

- Bâtiments chauffés :

Si collectif : chaudière d'appoint Oui Non

Si oui, puissance : type : Fioul Gaz

- Silo Volume :m3 Position :

Largeur du désileur : (ex : sous-sol, étage, plain-pied + vis)

▪ **Fonctionnement**

a) Installation

- Êtes-vous globalement satisfait de la chaudière ?

- Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Pourquoi ?.....
.....

- Problèmes techniques : avez-vous connu durant la saison de chauffe de l'an passé ou de cette année :

Des bourrages ? Nombre : A quel endroit exact ? :

Des problèmes de combustion ?

Autre ? (précisez).....

- Êtes-vous satisfait de la prestation de l'installateur ?

- Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Pourquoi ?

- Êtes-vous satisfait du service après vente ?

- Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Pourquoi ?.....

- Avez-vous été suffisamment formé sur le fonctionnement de la chaudière ? (réglages, entretien...)?

- Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Si oui par qui : Installateur Distributeur Autre :

Si non, en auriez vous besoin ? Oui Non

b) Entretien

- Avez-vous souscrit un contrat d'entretien ? Oui Non

- Quelles tâches d'entretien sont réalisées sur la chaudière, à quelle fréquence et combien de temps cela demande-t'il?

.....

.....
.....
- A combien estimez vous la production annuelle de cendres ?litres

APPROVISIONNEMENT

▪ **Fournisseur**

- Quel est votre fournisseur actuel ?

- Pourquoi avoir choisi ce fournisseur ?

.....
- Avez-vous eu d'autres fournisseurs auparavant ? Oui Non

Si oui, le(s)quel(s) ?

- Assurez-vous une partie de votre fourniture (auto-production de plaquettes)?

Oui, quantité en 2007-2008 :m3 Non

- Êtes-vous satisfaits du contact avec votre fournisseur et des réponses apportées à vos questions ?

Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

▪ **Combustible**

- Êtes-vous satisfait en général de la qualité des plaquettes fournies ?

Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Mettre une note sur 10 : / 10

- Quel est votre avis sur les caractéristiques suivantes des plaquettes :

Granulométrie :

.....
Humidité :

.....
Taux de fines (poussières) ?.....

.....
Présence (ou pas) de corps étrangers (cailloux etc.) ?.....
.....

- Si vous aviez réalisé une étude de faisabilité, les consommations observées sont elles en adéquation avec les quantités estimées ?

Oui Non

Prévu :m³ ou tonnes sèches

Observé :m³ ou tonnes sèches

▪ **Livraisons**

- Qui assure les livraisons ? Le fournisseur
 Vous
 Autre, précisez :.....

- Nombre de livraison par an :

- Quantité moyenne par livraison :

- Êtes-vous satisfaits des délais de livraison ?

Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Préciser :.....

- Êtes-vous satisfait du contact avec le fournisseur lors des livraisons ?

Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Préciser :.....

- Etes-vous satisfait du déroulement des livraisons (bennage, temps passé...) ?

Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Préciser :.....

- Seriez-vous intéressé par une livraison avec une soufflerie (camion

souffleur) ? (question à ne pas poser si silo enterré) Oui Non

- Êtes-vous satisfait de la provenance du bois (distance) ?

- Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

Préciser :

- A la livraison, avez-vous signé et reçu un exemplaire du bon de livraison ?

- Toujours Parfois Jamais

- Êtes-vous satisfaits de la facturation (documents, délais)?

- Oui, tout à fait Plutôt oui Plutôt non Pas du tout satisfait

- Préciser :

▪ **Suggestions et remarques**

Avez-vous des suggestions pour améliorer la prestation de votre fournisseur ?

.....
.....
.....

DEVELOPPEMENT LOCAL

▪ **Pour vous, à quoi répond la filière bois-décheté ?** (*plusieurs réponses possibles*)

- l'aménagement de l'espace et la préservation du paysage
 la valorisation de ressources énergétiques locales
 la mise en place d'un réseau local fournisseur /consommateur
 à tisser et renforcer le maillage relationnel entre différents acteurs du territoire
 une alternative par rapport à d'autres sources d'énergies non renouvelables

REMARQUES DIVERSES

.....
.....
.....

TABLEAU DE DEPOUILLEMENT DES RESULTATS DE L'ENQUETE UTILISATEURS DE CHAUDIERE AUTOMATIQUES A BOIS-DECHIQUETE (FDCUMA61 - Decembre 2008)								
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Qualité	particulier	collectivité	particulier	particulier	particulier	particulier	collectif	collectif
Département	61	61	28	61	61	61	61	61
Région	Bocage	Bocage	Perche	Bocage	Perche	Bocage	Bocage	Perche
Personne enquêtée	propriétaire / utilisateur	gestionnaire : employé CDC	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur	gestionnaire : directeur MDR	gestionnaire : employé PNR
Date enquête	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008
CHAUDIERE								
Marque	Fröling	Hargassner	Hargassner	Hargassner	Energie-système	Hargassner	Kob	Compte
Puissance	55	55 / 150	25	55	30	35	540	250
Installateur	Balloche	Blanchetière / Sanichauffage	Prestiservices (Pellouas)	Fourrierier	Belfeur cougeon	Delaroque	Energie 79	scs
Mois de mise en route	Juin	Février	Décembre		Mars		Juillet	
Année mise en route	2007	2005	2006	2006	2006	2007	2007	2003
Bâtiments chauffés	1 maison individuelle +2 gites touristiques	2 chaudières : hameau 4 maisons / site touristique	1 maison individuelle et combles	2 maisons individuelles	1 maison individuelle	1 maison individuelle	maison de retraite + 1 logement + foyer communal	bureaux du PNR + boutique + salle de reunion
				200 m²		120 m²		
Si collectif : chaudière		oui sur 1 installation					oui	non
Si oui puissance en kW		NC					NC	
Si oui, combustible		NC					NC	
Silo : volume en m3	40	20	15	20	25	7	100	80
Largeur du desileur en m	3	3		2	3	2,5	6	5
Position	plain-pied	plain-pied /sous-sol	plain-pied	plain-pied	sous-sol	plain-pied	plain-pied	enterré
FONCTIONNEMENT CHAUDIERE								
<u>Etes-vous globalement satisfait de la chaudière?</u>								
Oui, tout à fait		■	■	■	■	■	■	
Plutôt oui	■							
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								■
Pourquoi?	quelques soucis non liés à la chaudière		simple d'utilisation, manuel, facile, aucun souci, solide, fiable	pas beaucoup de maintenance, économique	petit problème de réglage au début	correspond aux attentes	pas de problème, bonne puissance	surdimensionnée par rapport aux besoins, surchauffe d'eau, problèmes marque chaudière
<u>Problèmes techniques l'an passé et cette année ?</u>								
Des bourrages ? Nombre					1	5	5	20
A quel endroit exact?					vis d'alimentation	vis d'alimentation	sortie silo	bas de la vis, vis de transfert, vis de foyer

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Qualité	particulier	collectivité	particulier	particulier	particulier	particulier	collectif	collectif
Problèmes de combustion?					non		non	non
Autre ?				quelque pannes	1ere année mal réglé	fumée corrosive, sortie de goudron, attaque les conduits	formation de mâchefer	grille du fond arrêtée 15 jours pour réparation
<u>Êtes-vous satisfait de la prestation de l'installateur?</u>								
Oui, tout à fait	■	■	■	■	■	■	■	
Plutôt oui								■
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Pourquoi?	compétent	disponible	jamais de problème	compétent	très bon travail			
<u>Êtes-vous satisfait du SAV ?</u>								
Oui, tout à fait	■	■	■	■	■		■	
Plutôt oui								
Plutôt non								■
Pas du tout satisfait								
Pourquoi?	grande disponibilité	disponibilité	le moindre problème est réglé au téléphone			pas eu besoin		SAV "renvoie la balle" entre fournisseur et autres
<u>Avez-vous été suffisamment formé sur le fonctionnement?</u>								
Oui, tout à fait	■	■	■	■		■		■
Plutôt oui								
Plutôt non					■		■	
Pas du tout satisfait								
<u>Si oui, par qui ?</u>								
Installateur	■		■	■				
Distributeur / fabricant		■	■					
Autre ?						formation		c'est son métier
<u>Si non, en auriez vous besoin ?</u>								
Oui					■		■	
Non								
ENTRETIEN CHAUDIERE								
<u>Souscription à un contrat d'entretien ?</u>								
Oui								7000 € / an
Non	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Quelles tâches d'entretien sont réalisées ? Fréquence ? Tps passé ?</u>	ramonage 2 fois par an - décrochage	1 à 2 fois par semaine durant 30 min	vider bac à cendres variable tout les 3 ou 15 jrs - ramonage 1 fois par an	vider bac à cendres 1 fois /semaine - entretien 2 fois /an environ 2h	vider bac à cendres tous les 15 jrs - nettoyage tuyau tous les mois	vider bac à cendres 1 fois /mois 30min - graissage 1 fois /an 1h30	nettoyage 1 à 2 heures (1 fois / an ?) et décrochage 2 à 3 fois /semaine	nettoyage 1 fois /an, 2 interventions ramonage de l'échangeur 1 jour
Production de cendres / an	2m3	0,5m3		15l/semaine		295		500

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Qualité	particulier	collectivité	particulier	particulier	particulier	particulier	collectif	collectif
APPROVISIONNEMENT : FOURNISSEUR								
<u>Fournisseur</u>								
Quel est votre fournisseur ?	SCIC Bois Bocage Energie	SCIC Bois Bocage Energie	autoconsommation	SCIC Bois Bocage Energie	SCIC Bois Bocage Energie	SCIC Bois Bocage Energie	SCIC Bois Bocage Energie	SCIC Bois Bocage Energie
Pourquoi ce fournisseur?	partage la coopération	choix élu locaux		proximité stockage	par l'intermédiaire de l'agriculteur	faire travailler les agriculteurs locaux et moins polluant	plate-forme à proximité	antenne locale
<u>Avez-vous eu d'autres fournisseurs auparavant?</u>								
Oui					■		■	■
Non	■	■	■	■		■		
Si oui le quel?					un agriculteur		Biocombustibles SA	un agriculteur
<u>Auto-production de plaquettes ?</u>								
Oui quantité			■ 130 m3	peut-être à l'avenir				
Non	■	■		■ auj.	■	■	■	■
<u>Etes-vous satisfait du contact avec votre fournisseur et des réponses apportées à vos questions?</u>								
Oui, tout à fait	■	■		■	■	■	■	■
Plutôt oui								
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Préciser	membre de la coopérative		<i>non concerné</i>			demande = réponse		à contribué à créer antenne scic sur son secteur
APPROVISIONNEMENT : COMBUSTIBLE								
<u>Etes-vous satisfait en général de la qualité des plaquettes?</u>								
Oui, tout à fait			NC		■	■		■
Plutôt oui	■	■		■			■	
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Note sur dix qualité	7	7		8	9	9	8	8,5
<u>Quel est votre avis sur les caractéristiques?</u>								
Granulométrie	ça va	trop grosse		trop gros par moment	quelques soucis	variable	parfois trop gros	très précise
Taux d'humidité	ça va				hyper sec	1er année pas bonne		bonne
Taux de fines	quelques poussières	beaucoup				beaucoup	parfois beaucoup	bonne
Présence de corps étrangers	oui			cailloux		cailloux / fils de fer	parfois cailloux	non
<u>Aviez-vous réalisé une étude de faisabilité?</u>								
Oui			■	■	■	■	■	■
Non	■	■						

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Qualité	particulier	collectivité	particulier	particulier	particulier	particulier	collectif	collectif
Si oui : adéquation avec les quantités estimées ?			oui	oui	oui assez	oui	moins	moins
Conversion en T observée			33	30	9	15	300	60
Consommation prévue			150 m3	30 T	40 m3	12 T	400 T	70 T
Consommation observée			130 m3	30 T	35 m3	15 T	300 T	60 T
APPROVISIONNEMENT : LIVRAISONS								
Qui assure les livraisons?								NC
Fournisseur	■				■	■	■	
Vous			■	■				
Autre ?		salarié CDC						
Nombre de livraison par an ?	4	56		20	2	3	20	1 semis tous les 2
Quantité moyenne par livraison	15-20	4 T		1 à 2 T	20 m3	6 T	70 T	45 m3
Quantité moyenne par livraison		4		1,5	5	6	70	11
Etes-vous satisfait des délais de livraison?								
Oui, tout à fait	■				■	■	■	■
Plutôt oui				■				
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Préciser	ca va vite	non concerné	non concerné		il prévient 15 jrs à l'avance			il s'en occupe lui meme
Etes-vous satisfait du contact avec le responsable de la livraison?								
Oui, tout à fait	■	■				■	■	■
Plutôt oui								
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Préciser			non concerné					connaissance de longue date
Etes-vous satisfait du déroulement des livraisons?								
Oui, tout à fait		■		■	■	■	■	■
Plutôt oui	■							
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Préciser				proche	il vient avec benne + un tapis			pas long

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Qualité	particulier	collectivité	particulier	particulier	particulier	particulier	collectif	collectif
<u>Etes-vous satisfait de la provenance du bois?</u>								
Oui, tout à fait	■	■	■	■	■	■	■	■
Plutôt oui								
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Préciser	par un agriculteur	proximité			haie bocagère du coin	il a choisi la proximité	à proximité	vient du territoire
<u>Avez-vous signé et reçu un exemplaire de bon de livraison?</u>								
Toujours	■				■			■
Parfois							■	
Jamais						■		
<u>Etes-vous satisfait de la facturation?</u>								
Oui, tout à fait	■				■		■	■
Plutôt oui								
Plutôt non						■		
Pas du tout satisfait								
Préciser	simple					délais longs		
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Qualité	particulier	collectivité	particulier	particulier	particulier	particulier	collectif	collectif
<u>Suggestions pour améliorer la prestation de votre fournisseur ?</u>						au moment de l'achat il manque un chargement pour les particuliers		aucun souci ; bientôt va alimenter un manoir pour passer de 25 à 80% de sa capacité
DEVELOPPEMENT LOCAL								
<u>Pour vous la filière bois déchiqueté répond surtout à :</u>								
- Aménagement de l'espace et préservation du paysage				■			■	
- Valorisation de ressources énergétiques locales			■			■		■
- Mise en place d'un réseau local fournisseur	■							
- Tisser /renforcer maillage relationnel entre différents								
- Alternative par rapport à d'autres sources énergies non		■			■			

TABLEAU DE DEPOUILLEMENT DES RESULTATS DE L'ENQUETE UTILISATEURS DE CHAUDIERE AUTOMATIQUES A BOIS-DECHIQUETE (FDCUMA61 - Decembre 2008)							
N°	9	10	11	12	13	14	15
Qualité	particulier	particulier	particulier	collectivité	particulier	agriculteur	agriculteur
Département	14	61	50	50	14	61	61
Région	Bessin virois	Perche	Coutances	Mont Saint Michel	Bessin virois	Alencon	Bocage
Personne enquêtée	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur	gestionnaire : Maire commune	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur	propriétaire / utilisateur
Date enquête	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008	Décembre 2008
CHAUDIERE							
Marque	Energie-système	Sommerauer et	Perge	Hargassner	Hargassner	Energie-système	Foreste
Puissance	30	50	20	100	35	30	30
Installateur	Régis Fouilleul	Prestiservices (Pellouas)	Fouchard	Blouin	Obine	Gilbert Delsart	Hugues Lebert
Mois de mise en route		Octobre	Décembre	Février	Septembre		
Année mise en route	2006	2007	2007	2008	2007	2004	2005
Bâtiments chauffés	1 maison individuelle	1 maison individuelle	1 maison individuelle	Réseau : 2 logements + salle polyvalente + cantine + café + bientôt un gite	1 maison individuelle	1 maison individuelle	1 maison individuelle
	170 m ²					120 m ²	120 m ²
Si collectif : chaudière				non			
Si oui puissance en kW							
Si oui, combustible							
Silo : volume en m3	24	40	20	60	18	10	28
Largeur du desileur en m	1,5	3,5	3	5	2	1,5	1,7
Position	à l'etage	plain-pied	semi-enterré	sous-sol	semi-enterré	plain-pied	plain-pied
FONCTIONNEMENT CHAUDIERE							
<u>Etes-vous globalement satisfait de la chaudière?</u>							
Oui, tout à fait		■		■	■		
Plutôt oui	■						
Plutôt non						■	■
Pas du tout satisfait			■				
Pourquoi?	mauvais modele, vis trop petite, moteur se bloque, remplir tous les 3-4 jours	moteur de la vis remplissage cassé	mauvais fonctionnement	pas de problème majeur	automatique, confortable comme le gaz	souci technique sur la vis et la carte électronique	bourrages, descente dans le bruleur, obligé de trier le bois
<u>Problèmes techniques l'an passé et cette année ?</u>							
Des bourrages ? Nombre	oui	3	10			2 fois /semaine	2 fois /semaine
A quel endroit exact?	vis d'alimentation	vis d'alimentation	vis d'alimentation			entre 2 vis	brûleur

N°	9	10	11	12	13	14	15
Qualité	particulier	particulier	particulier	collectivité	particulier	agriculteur	agriculteur
Problèmes de combustion?	non	non	oui encrassement			non	
Autre ?		casse moteur vis en septembre liée problème installation		probleme de decendrage avec la gripe cailloux	reglages à la mise en route		stockage
<u>Êtes-vous satisfait de la prestation de l'installateur?</u>							
Oui, tout à fait	■		■	■	■	■	■
Plutôt oui							
Plutôt non							
Pas du tout satisfait		■					
Pourquoi?		cf ci dessus pb vis		pas de souci	serieux, délais respectés		pas de probleme
<u>Êtes-vous satisfait du SAV ?</u>							
Oui, tout à fait	■		■				
Plutôt oui				■			■
Plutôt non					■		
Pas du tout satisfait		■				■	
Pourquoi?				pas eu besoin (installation récente)	l'installateur devait montrer le ramonage mais pas le temps	SEV passif	temps d'attente
<u>Avez-vous été suffisamment formé sur le fonctionnement</u>							
Oui, tout à fait	■	NC	■	■			■
Plutôt oui							
Plutôt non					■		
Pas du tout satisfait						■	
<u>Si oui, par qui ?</u>							
Installateur	■	NC			0	0	■
Distributeur / fabricant				■			
Autre ?			c'est son métier				
<u>Si non, en auriez vous besoin ?</u>							
Oui		■			■	■	
Non							
ENTRETIEN CHAUDIERE							
<u>Souscription à un contrat d'entretien ?</u>							
Oui					car pas proposé		
Non	■	■	■	■	■	■	■
<u>Quelles tâches d'entretien sont réalisées ? Fréquence ? Tps passé ?</u>	arreter la chaudiere 3 fois /an pour nettoyage avec aspirateur 2h	nettoyage 2 fois /an pendant 2 à 3h	vider bac à cendres, nettoyage, ramonage	tâches courantes	1 ramonage /an - 1 decendrage /mois	nettoyage 2 fois/an complet	nettoyer les canaux tous les 2 jrs et les entrées une fois /semaine - hiver tous les 2 jrs entrée
Production de cendres / an		0,9m3	200	520	300 L	400 L	628

N°	9	10	11	12	13	14	15
Qualité	particulier	particulier	particulier	collectivité	particulier	agriculteur	agriculteur
APPROVISIONNEMENT : FOURNISSEUR							
<u>Fournisseur</u>							
Quel est votre fournisseur ?	SCIC Bois Bocage Energie	SCIC Bois Bocage Energie	Haiecobois	Haiecobois	Haiecobois	autoconsommation	autoconsommation
Pourquoi ce fournisseur?	car problème avec Biocombustibles pas de chêne	proximité	local et preservation des haies	politique de maintien des haies	proximité valorisation du combustible agricole et espace	<i>haies sur l'exploitation</i>	<i>haies sur l'exploitation</i>
<u>Avez-vous eu d'autres fournisseurs auparavant?</u>							
Oui	<input checked="" type="checkbox"/>						
Non		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si oui le quel?	Biocombustibles SA						
<u>Auto-production de plaquettes ?</u>							
Oui quantité						<input checked="" type="checkbox"/> 40 m3	<input checked="" type="checkbox"/> 70m3
Non	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
<u>Etes-vous satisfait du contact avec votre fournisseur et des réponses apportées à vos questions?</u>							
Oui, tout à fait		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Plutôt oui	<input checked="" type="checkbox"/>						
Plutôt non							
Pas du tout satisfait							
Préciser	difficile à juger auj. car c'est la 1ere année					<i>non concerné</i>	<i>non concerné</i>
APPROVISIONNEMENT : COMBUSTIBLE							
<u>Etes-vous satisfait en général de la qualité des plaquettes?</u>							
Oui, tout à fait		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NC
Plutôt oui	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Plutôt non							
Pas du tout satisfait							
Note sur dix qualité	6	8	5	9	7	9	
<u>Quel est votre avis sur les caractéristiques?</u>							
Granulométrie	irrégulière	bien	des queues de déchetage	pas de probleme majeur	bon	bien	gros
Taux d'humidité	correcte	sec		bon	bon	bien	
Taux de fines	correcte	trop de poussière	oui	non	un peu	un peu	oui
Présence de corps étrangers	rien		une fois	une fois	non		
<u>Aviez-vous réalisé une étude de faisabilité?</u>							
Oui	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Non						<input checked="" type="checkbox"/>	

N°	9	10	11	12	13	14	15
Qualité	particulier	particulier	particulier	collectivité	particulier	agriculteur	agriculteur
Si oui : adéquation avec les quantités estimées ?	oui	oui	plus	oui	plus	oui	plus
Conversion en T observée	10	9	8	33	11	10	15
Consommation prévue	40 m3	35 m3	25 m3	120 m3	35 m3	40 m3	50 m3
Consommation observée	40 m3	35 m3	30 m3	130 m3	45 m3	40 m3	60 m3
APPROVISIONNEMENT : LIVRAISONS							
Qui assure les livraisons?							
Fournisseur		■	■	■			
Vous	■					■	■
Autre ?					exploitant		
Nombre de livraison par an ?	4	2	2	1 fois /mois	4	toutes les 3	4
Quantité moyenne par livraison	10 m3	20 m3	15 m3	20 m3	11 m3	4 m3	16 m3
Quantité moyenne par livraison	2,5	5	4	5	2,75	1	4
Etes-vous satisfait des délais de livraison ?	0					0	0
Oui, tout à fait		■	■	■	■		
Plutôt oui							
Plutôt non							
Pas du tout satisfait							
Préciser	<i>non concerné</i>	dans la semaine	tres rapide			<i>non concerné</i>	<i>non concerné</i>
Etes-vous satisfait du contact avec le fournisseur ?	0					0	0
Oui, tout à fait		■	■	■	■		
Plutôt oui							
Plutôt non							
Pas du tout satisfait							
Préciser			aimable		aide du fournisseur à mettre en stock	<i>non concerné</i>	<i>non concerné</i>
Etes-vous satisfait du déroulement des livraisons ?	0					0	0
Oui, tout à fait		■	■	■	■		
Plutôt oui							
Plutôt non							
Pas du tout satisfait							
Préciser			rapide		aide du fournisseur		

N°	9	10	11	12	13	14	15	
Qualité	particulier	particulier	particulier	collectivité	particulier	agriculteur	agriculteur	
<u>Etes-vous satisfait de la provenance du bois?</u>						0	0	
Oui, tout à fait		■	■	■	■			
Plutôt oui	■							
Plutôt non								
Pas du tout satisfait								
Préciser			proximité	oblige bois de moins de 20km, et du	de la region			
<u>Avez-vous signé et reçu un exemplaire de bon de livraison lors de la livraison ?</u>						0	0	
Toujours	■	■	■	■				
Parfois								
Jamais					■			
<u>Etes-vous satisfait de la facturation?</u>						0	0	
Oui, tout à fait			■	■	■			
Plutôt oui		■						
Plutôt non	■							
Pas du tout satisfait								
Préciser	pas encore de facture							
N°	9	10	11	12	13	14	15	
Qualité	particulier	particulier	particulier	collectivité	particulier	agriculteur	agriculteur	
<u>Suggestions pour améliorer la prestation de votre fournisseur ?</u>	copeaux trop gros - Ok pour payer plus cher pour une meilleure qualité							
DEVELOPPEMENT LOCAL								
Pour vous la filiere bois dechiqueté répond surtout à :								
- Aménagement de l'espace et préservation du paysage				■	■	■	■	
- Valorisation de ressources énergétiques locales			■					
- Mise en place d'un réseau local fournisseur								
- Tisser /renforcer maillage relationnel entre differents								
- Alternative par rapport à dautres sources énergies non	■	■						

Contact :

Fédération Départementale des Coopératives d'Utilisation
de Matériel Agricole de l'Orne

FDCUMA 61 - 109, rue d'Argentan - BP 33 - 61001 ALENÇON cedex

Tel : 02.33.80.82.90 - Fax : 02.33.80.82.99 - E-mail : fd.61@cuma.fr