

Synthèse de l'intervention

Suivre la qualité de la plaquette forestière

Sessions du 21 janvier et du 20 février 2020

1. Quel combustible pour ma chaufferie bois ?

Il est important d'utiliser un combustible bois adapté à sa chaufferie. Les caractéristiques requises pouvant varier d'un installateur à l'autre, il est conseillé de se reporter aux exigences des fabricants de chaudières. Le tableau ci-dessous classe les différents types de combustible d'après la classification du Comité Interprofessionnel du Bois Energie (CIBE) :

| Classes de combustibles bois décheté | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------|----------------------------------|--|---------------------------|
| Classes de combustibles | Granulométrie | Humidité | Contenu énergétique (kWh/t) | Préconisations d'utilisation (exemples) | |
| C1 | P16 - 45A | M15 - M30 | 3 400 à 4 200 Moyenne à 3 800 | P < 200 - 300 kW foyer volcan | |
| C2 | P45 - P63 | M30 - M40 | 2 800 à 3 400 Moyenne à 3 100 | 400 kW < P < 1500 kW foyer volcan | |
| C3 | P63 - P125 | M35 - M45 | 2 500 à 3 100 Moyenne à 2 800 | 800 kW < P < 1500 kW Foyer grille ou volcan | |
| C4 | P100 - P200 | M10 - M20 | 3 900 à 4 500 Moyenne à 4 200 | 800 < P < 3 000- 5 000 foyer grille | |
| C5 | P100 - P200 | M40 - M55 | 1 900 à 2 800 Moyenne à 2 400 | P > 5 000 kW | |
| Classe de granulométrie | Fraction de 75% du poids | | Fraction grossières plaquettes | | Fraction fine (< 3,15 mm) |
| | minimale (mm) | maximale (mm) | % en masse | longueur max | |
| P16 - P45A | 3,5mm | 45 mm | < 3% | < 63 mm | < 8% |
| P45 - P63 | 8 mm | 63 mm | < 6% | < 100 mm | < 6% |
| P63 - P125 | 8 mm | 125 mm | < 6-10% | < 200 mm | < 4% |
| P100 - P200 | 16 mm | 200 mm | < 10% | < 350 mm | < 10% |

Comme l'illustre le tableau ci-contre : plus une plaquette est sèche, plus son pouvoir calorifique (son contenu énergétique) est élevé, d'où l'importance accordée au taux d'humidité.

2. Plateforme bois énergie de Lardier-et-Valença (Entreprise Bayle)

Les classes de combustibles présentes sur la plateforme sont les suivantes :

- **Plaquette C1** (criblée et non criblée) : stockée sous hangar
- **Plaquette C5** : stockée à l'air libre

2.1. L'humidité

L'objectif de cette première partie de formation sur le terrain était, par petits groupes de participants, de réaliser des estimations du taux d'humidité de la plaquette, grâce à différentes méthodes dites instantanées : méthode sensorielle, méthode à la sonde, prélèvement d'un échantillon pour analyse au micro-ondes. Afin de comparer les résultats obtenus, un échantillon est aussi prélevé pour envoi et analyse en laboratoire spécialisé.

2.2. La granulométrie : une caractéristique à ne pas oublier !

La méthode sensorielle n'est pas uniquement dédiée à l'estimation de l'humidité : ce n'est d'ailleurs pas pour ce paramètre qu'elle est la plus adaptée. Elle permet surtout de juger si, visuellement, la granulométrie semble conforme à la classe de combustible demandée. Un contrôle visuel au moment de la livraison permet de plus de vérifier l'absence de corps étrangers. Ces indications peuvent être utilisées :

- Granulométrie fine : éléments de la taille d'un timbre-poste ou d'une pièce de 2€
- Granulométrie moyenne : éléments de la taille d'un briquet ou d'un domino
- Granulométrie grossière : éléments de la taille d'une carte de visite ou d'un paquet de cigarettes

Le criblage permet de réduire le taux de fines, et d'éliminer les queues de déchetage. La plateforme visitée stockant à la fois de la plaquette C1 criblée, et de la plaquette C1 non criblée, les participants ont pu, visuellement et au toucher, comparer ces deux types de plaquettes. Nécessitant un investissement matériel et humain important, la plaquette criblée coûte plus cher. Il est donc pertinent pour un maître d'ouvrage de savoir reconnaître ces deux types de plaquettes, et d'en connaître les avantages (réduction des poussières dans les fumées, de l'encrassement, du risque de blocage de la vis sans fin, etc.).



Non criblé

Criblé

Fines et gros morceaux éliminés par criblage

© Communes forestières

2.3. Comment prélever un échantillon afin qu'il représente au mieux l'ensemble ?

Lors des analyses réalisées dans le cadre de la Charte qualité bois déchiqueté, les prélèvements s'effectuent lors du chargement du camion de livraison, afin que l'échantillon soit le plus représentatif possible. Un petit prélèvement est ainsi réalisé dans le godet du chargeur, à plusieurs reprises au fur et à mesure du remplissage du camion. Cela permet de prélever la plaquette en profondeur dans le tas stocké, ce qui est plus difficile à réaliser **lors d'un prélèvement sur plateforme en dehors d'une livraison**. L'idée reste cependant la même : il est nécessaire de prélever à plusieurs endroits du tas de plaquettes et si possible en profondeur.

Lors d'un prélèvement sur site de livraison, il faut de la même façon et autant que possible prélever à différents endroits du camion / à différents moments de la livraison (quitte bien sûr à suspendre la livraison le temps du prélèvement).

3. Test d'humidité au micro-ondes : principe

Grâce aux échantillons prélevés par chacun des groupes de participants, une analyse de l'humidité de l'échantillon au micro-ondes est réalisée en deuxième partie de formation. **L'inflammation du combustible est possible, il est donc important de respecter certaines précautions et de rester vigilant tout au long du protocole.** Celui-ci peut être fourni sur demande par les Communes forestières.

Le principe de la mesure est relativement simple, il s'agit de déterminer la masse d'eau contenue dans le bois, en comparaison à la masse totale de bois à cette humidité.

Le taux d'humidité (%) se calcule ainsi :
$$\frac{\text{Masse de bois avant séchage} - \text{Masse de bois après séchage}}{\text{Masse de bois avant séchage}} \times 100$$

4. Les analyses granulométriques : résultat des analyses en laboratoire

Session du 21 janvier 2020 :

- Échantillon de type **P31**, conforme à la classe C1
- Taux de **fines** : **5%**. *Qualité de l'échantillonnage à questionner ? **
- Queues de déchetage : absence

Session du 20 février 2020 :

- Échantillon de type **P31**, conforme à la classe C1
- Taux de **fines** : **1,1%**.
- Queues de déchetage : absence

La granulométrie P31 est celle la plus souvent rencontrée pour la classe C1, mais le P16 est également fréquent (granulométrie plus fine). Un taux de fines de plus de 6% commence à être élevé pour certaines chaudières, même si la classe C1 autorise un taux jusqu'à 8%. Le criblage permet généralement de réduire le taux de fines à moins de 2% (observation faite sur 17 analyses de plaquette C1 criblée réalisées dans le cadre de la Charte qualité bois déchetage sur les saisons 2018-2019 et 2019-2020).

** Les analyses sur plaquette criblée montrent en général un taux de fines inférieur à 2%. Au toucher et visuellement la plaquette ne paraissait pas présenter beaucoup de fines. Pour cette raison, la représentativité de l'échantillonnage peut être questionné : cela illustre les conséquences que peut avoir la qualité de l'échantillonnage sur les résultats d'analyse.*

5. Taux d'humidité (%) : les résultats des différentes mesures réalisées

Les taux d'humidité renseignés dans le tableau ci-dessous sont tous **exprimés en pourcentage (%)**. Ce tableau recense les résultats de mesure du taux d'humidité de la plaquette obtenus par les 8 groupes lors des deux sessions de formation, en fonction des différentes méthodes de mesure utilisées.

| Session | Méthode sensorielle | | Sonde : moyenne sur 3 mesures en un même lieu ± écart type | Micro-ondes | Laboratoire |
|-----------------|---------------------|-----------------|--|-------------|-------------|
| 21 janvier 2020 | 35-40 | Moyenne 32 % | 23,3 ± 2,4 19,2 ± 5,9 (lieu n°2) * 32,2 ± 2,3 (lieu n°3) | 23,5 | 20 % |
| | 28 | | 35,2 ± 0,7 | 28,7 | |
| | 30 | | 34 ± 1,4 | 27,5 | |
| | 32 | | 25,2 ± 3,6 37,8 ± 11,8 (lieu n°2) * 14,7 ± 1,3 (lieu n°3) | 26,6 | |
| 20 février 2020 | 26 | Moyenne 25 % | 28,7 ± 5,9 * | 8,5 | 11 % |
| | 27,5 | | 32 ± 3 | 24 | |
| | 20-25 | | 13,2 ± 0,8 | 21 | |
| | Non communiqué | | Non communiqué | 18,5 | |

L'**analyse sensorielle** de l'humidité tend en général à estimer un taux plus élevé que ce qu'il n'est réellement et avec une grande variabilité des résultats. Pour cette raison, l'analyse sensorielle de l'humidité est conseillée simplement pour estimer si le bois est détrempe (eau qui coule de la plaquette) ou non.

Les **mesures à la sonde** donnent des résultats assez différents en fonction des groupes : cela s'explique par le fait que l'humidité varie en fonction du lieu de mesure au sein du tas de plaquettes (superficie bien sèche, poches d'humidité, ...). Quelques résultats attirent l'attention : en un même lieu de mesure, la sonde a pu indiquer des taux d'humidité variant par exemple de 25% à 49%, ou de 22 à 33%, pour les résultats les plus aberrants. Éléments d'explication ci-dessous.

* Ces chiffres illustrent la variabilité de résultats que peut produire une sonde en un même lieu de mesure. Afin d'éviter ce genre de situation, voici quelques conseils pouvant réduire les écarts de mesure sur un même lieu :

- Étalonner sa sonde régulièrement
- Acclimater la sonde à l'environnement de mesure (attendre un peu après l'avoir sortie du camion par exemple)
- Essuyer la sonde après chaque mesure
- Faire plusieurs mesures et éliminer les valeurs les plus aberrantes
- Lors de livraisons : faire plusieurs mesures en différents endroits du chargement
- La sonde donne un taux d'humidité à un endroit précis : il est difficile d'être représentatif

Le contexte météorologique, un paramètre pouvant impacter le ressenti lors d'un test d'humidité sensoriel, ou biaiser une mesure lors d'un échantillonnage superficiel.

Quel contexte météo les jours précédant le 21 janvier 2020 ?

Contexte caractérisé par des **précipitations importantes**. Il est tombé une **vingtaine de millimètres** de précipitations le 17/01 (17mm recensé sur la station de Gap, 21,6mm sur la station de Sisteron). **Cela peut expliquer une estimation sensorielle plus humide en comparaison aux résultats obtenus par test micro-ondes ou en laboratoire.**

Quel contexte météo les jours précédant le 20 février 2020 ?

Contexte caractérisé par un **temps plutôt sec** et ensoleillé (6mm le 13/02 sur la station de Gap ; 1,8mm le 13/02 et 1mm le 17/02 sur la station du Sisteron). **Cela peut expliquer le faible taux d'humidité obtenu sur certains échantillons** (un groupe au micro-ondes et test en laboratoire).

Source : données climatologiques mensuelles issues du Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin (ROMMA) <<http://romma.fr/>> sur les stations météos de Gap et Sisteron.

Les tests au micro-ondes et analyses en laboratoire

Pour la **session du 21 janvier**, 3 des 4 groupes ont des résultats similaires sur le test au micro-onde : 28,7, 27,5 et 26,6%, soit une moyenne de 27,6%. La mesure du groupe restant (23,5%) se rapproche du résultat de l'analyse en laboratoire (20%).

Pour la **session du 20 février**, 3 des 4 groupes aboutissent également à des résultats relativement proches : 24, 21 et 18,5%, soit une moyenne de 21,2%. La mesure du groupe restant (8,5%) se rapproche du résultat de l'analyse en laboratoire (11%). Ces taux d'humidité sont très bas, et il est très rare de les retrouver lors de prélèvements effectués dans le cadre de la Charte qualité. L'âge des bois broyés (4 ans là où a été réalisé le prélèvement), et l'ensoleillement important des derniers jours permettant un séchage rapide de la plaquette superficielle, la plus facile à prélever dans ce contexte, peuvent expliquer ces résultats.

Au vu de l'évolution du contexte climatique entre les deux sessions, il est cohérent que le taux d'humidité soit globalement plus faible lors de la deuxième session de formation.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer les différences de résultats entre les groupes, et en comparaison avec l'analyse en laboratoire :

- Le lieu et le protocole d'échantillonnage
- Pour les tests au micro-ondes : un arrêt prématuré du protocole, ou un biais des résultats provenant de la non rotation des plats dans les micro-ondes

Enfin, il est **délicat de comparer les résultats obtenus en fonction des méthodes** : il serait nécessaire de connaître précisément les lieux d'échantillonnage de chaque mesure afin d'effectuer cette comparaison. Les résultats ne peuvent être comparés que si les mesures ont été effectuées dans un même périmètre.

6. Qualité du combustible et chaufferies bois

6.1. Intérêts et limites des méthodes de suivi d'humidité de la plaquette forestière

Les méthodes dites instantanées (sensorielle, sonde, micro-ondes) sont généralement simples à mettre en œuvre, les résultats sont rapides voire immédiats, mais il est nécessaire d'en connaître les limites. Elles nécessitent un minimum d'investissement matériel et humain.

Le tableau ci-après reprend les principales méthodes pour estimer ou mesurer le taux d'humidité d'un échantillon de plaquettes forestières. Pour chaque méthode est indiqué la précision, une estimation du coût, ses limites et son intérêt.

| Méthode | Précision | Coût | Limites | Intérêt |
|-------------------|-----------|---------------------------------------|---|---|
| Sensorielle | --- | Aucun | - Peu précis pour l'humidité - Très dépendante du contexte météo | - Coût et rapidité - Première vérification - Granulométrie et corps étrangers |
| Sonde | - | Investissement ≈ 1000 € | - Résultats variables (peu précis) | - Rapide |
| Micro-ondes | + | Investissement < 150 € | - Précautions à prendre - Résultats dépendants de l'opérateur (expérience) | - Peu coûteux - Relativement fiable - Simple et plutôt rapide |
| Four traditionnel | ++ | Investissement < 250 € | - Nécessite 12h de séchage | - Méthode fiable utilisée par des fournisseurs (contrats au kWh) |
| Etuve | +++ | Investissement > 1500 € | - Coût d'investissement - Nécessite un temps de séchage (12 à 24h) | - Précis - Bonne représentativité |
| Laboratoire | +++ | Humidité : 15€ Granulométrie : 50€ | - Résultat dépendant de l'échantillonnage - 10 jours d' attente des résultats | - Autres paramètres qualité vérifiables (granulométrie, taux de cendres, PCI, ...) - Opposable aux tiers |

6.2. Comment réceptionner ses livraisons de plaquettes forestières ?

- Toujours **être présent** pour réceptionner les livraisons
- Effectuer un **contrôle visuel** avant déchargement du combustible
- S'il y a un doute sur le taux d'humidité, un contrôle à la **sonde** est possible, et un **prélèvement** peut être réalisé pour un **test micro-ondes** ou un **envoi en laboratoire**
- Le camion procède au **déchargement** du combustible dans le silo
- Signer le **bon de livraison** et émettre une réserve s'il y a un doute sur la qualité
- S'il y a **prélèvement : envoi de l'échantillon** prélevé pour analyse en **laboratoire**
- Dans le cadre de la Charte qualité bois déchiqueté : les **coûts** du contrôle sont à la **charge du client si les résultats sont conformes**, ou du **fournisseur** s'ils sont **non conformes**

6.3. Charte qualité bois déchiqueté et contrats d'approvisionnement

La Charte qualité bois déchiqueté est une **démarche volontaire des fournisseurs** adhérents afin de garantir aux maîtres d'ouvrage une **qualité de service** et de **fourniture**. Elle permet aussi d'accompagner les fournisseurs grâce à des **contrôles** réguliers de leur combustible, et a un rôle de conseil et de médiation lorsque des difficultés apparaissent.



Les contrats d'approvisionnement permettent de garantir la **fiabilité** de l'approvisionnement et l'**engagement** du fournisseur. Ils apportent une **sécurité** à la fois pour le maître d'ouvrage et pour le fournisseur, et **sécurisent** la **qualité** et le **prix** du combustible. C'est aussi une opportunité pour intégrer les notions de démarches qualité (Charte qualité ou équivalent) et de gestion durable des forêts (PEFC ou équivalent). Les Communes forestières peuvent transmettre aux maîtres d'ouvrage de chaufferies bois un modèle de contrat d'approvisionnement.

6.4. Dysfonctionnements : combustible bois ou réglages, entretien et maintenance de la chaudière ?

Le taux d'humidité de la plaquette forestière dépend du temps et des conditions de séchage du bois mais aussi du contexte météo. Des variations d'humidité peuvent donc s'opérer en cours de saison : il est important de régler sa chaudière en fonction. Un bon entretien et une maintenance adéquate de sa chaudière bois sont également essentiels afin de permettre une optimisation du fonctionnement de sa chaufferie.



© Communes forestières

« Suivre la qualité de la plaquette forestière » - Session du **21 janvier 2020** (photo de gauche) et du **20 février 2020** (photo de droite).

Pour en savoir plus

Consulter le site internet de la Mission Régionale Bois Energie :
<http://bois-energie.ofme.org/>

Consultez le guide « **s'approvisionner en combustible de qualité** »

Communes forestières Provence-Alpes-Côte d'Azur – 21/01/2020 et 20/02/2020