

# **Rencontres des animateurs bois-énergie**

## **Atelier 4 : Déchiquetage et criblage**

29 janvier 2019 - Rennes

# ● ● ● | Contexte & Objectifs

## ○ Contexte :

- La qualité du bois déchiqueté est inhérente au bois et au type de déchiqueteuses utilisés
- Actualiser supports pour correspondre aux outils de production actuellement disponibles

## ○ Objectifs :

- Faire des recommandations en termes de préparations et de caractérisation, suivi des combustibles
- Recenser les caractéristiques actuelles du matériel de déchiquetage et de criblage disponible en France et les bonnes pratiques d'utilisation associées
- Identifier les besoins d'études complémentaires sur la comparaison en fonctionnement des outils à réaliser par des laboratoires ou bureaux d'étude

# Définitions & Principes

## o Déchiquetage

Consiste à transformer tout ou partie d'un arbre en plaquettes forestières coupées, avec une machine équipée de couteaux montés sur un rotor à disque ou à tambour.

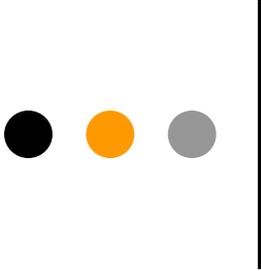
- Obtenir un combustible de qualité avec une granulométrie la plus homogène possible

## o Criblage (si le matériel est équipé)

Consiste à séparer les différentes fractions (fraction fine, fraction principale, fraction grossière) issues d'un broyage ou d'un déchiquetage

- Enlever les indésirables (ferrailles, corps étrangers),
- Diminuer les fines
- Utilisation d'un crible de plus en plus fréquente et souvent nécessaire pour répondre aux cahiers des charges des chaufferies

Si broyage de bonne qualité y en a-t-il besoin ?



# Normes pour les biocombustibles solides

## o Norme de caractérisation

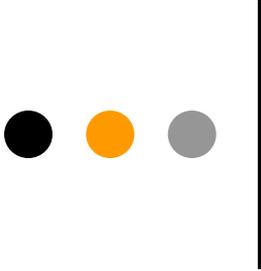
- NF EN ISO 16559 -> Biocombustibles solides - **Terminologie, définitions et descriptions**
- *NF EN ISO 17225-1 -> Biocombustibles solides - Classes et spécifications des combustibles Partie 1 : **exigences générales***
- NF EN ISO 17225-4 -> Biocombustibles solides - Classes et spécifications des combustibles Partie 4 : **classes de plaquettes de bois**
- Norme ISO 17 225-9 : **Plaquettes/broyats de bois à usage industriel**

En cours  
de  
révision

**projet** **30/1/2019 : vote final de la norme**  
1<sup>er</sup> semestre 2019 : Traduction française

## o Normes d'échantillonnage

- NF EN ISO 18135 -> Biocombustibles – Echantillonnage
- NF EN ISO 14780 -> Biocombustibles solides - Préparation des échantillons



# Normes pour les biocombustibles solides

## o Normes de mesure

- NF EN ISO 18125 -> Biocombustibles solides - Détermination du **pouvoir calorifique**
- NF EN ISO 17827-1 -> Biocombustibles solides - Détermination de la **distribution granulométrique** des combustibles non comprimés – Partie 1 : méthode au **tamis oscillant** d'ouverture de maille égale ou supérieure à 3,15 mm
- NF EN ISO 17827-2 -> Biocombustibles solides - Détermination de la **distribution granulométrique** des combustibles non comprimés – Partie 2 : méthode au **tamis vibrant** d'ouverture de maille inférieure ou égale à 3,15 mm
- NF EN ISO 17828 -> Biocombustibles solides - Détermination de la **masse volumique apparente**
- NF EN ISO 18122 -> Biocombustibles solides - Méthode de détermination de la **teneur en cendres**
- NF EN ISO 18134-1 -> Biocombustibles solides - Détermination de la **teneur en humidité** - Méthode de **séchage à l'étuve** - Partie 1 : humidité totale - Méthode de référence
- NF EN ISO 18134-2 -> Biocombustibles solides - Dosage de la **teneur en humidité** - Méthode de séchage à l'étuve - Partie 2 : humidité totale – Méthode simplifiée
- NF EN ISO 18134-3 Biocombustibles solides - Méthode de détermination de la **teneur en humidité** - Méthode de séchage à l'étuve - Partie 3 : humidité de l'échantillon pour analyse générale
- NF EN ISO 19743 -> Biocombustibles solides - Détermination de la **teneur en matériaux lourds** exogènes de dimension supérieure à 3,15 mm
- XP CEN/TS 15149-3 -> Biocombustibles solides - Méthodes de détermination de la **distribution granulométrique** - Partie 3 : méthode au **tamis rotatif**

**Connaissez-vous ? Utilisez-vous ces documents ?**

# Règlementation ICPE rubrique 1532 plateforme de stockage

## 1532. Stockage de bois ou de matériaux combustibles analogues

### 1.5 Substances Combustibles

(Rubrique créée par le [décret n° 2010-367 du 13 avril 2010](#) et modifiée par le [décret n° 2013-814 du 11 septembre 2013](#))

Bois ou matériaux combustibles analogues y compris les produits finis conditionnés et les produits ou déchets répondant à la définition de la biomasse et visés par [la rubrique 2910-A](#), ne relevant pas de [la rubrique 1531](#) (stockage de), à l'exception des établissements recevant du public.

Le volume susceptible d'être stocké étant :

|   |       |
|---|-------|
| 1. Supérieur à 50 000 m <sup>3</sup>  | (A-1) |
| 2. Supérieur à 20 000 m <sup>3</sup> mais inférieur ou égal à 50 000 m <sup>3</sup> | (E)   |
| 3. Supérieur à 1 000 m <sup>3</sup> mais inférieur ou égal à 20 000 m <sup>3</sup>  | (D)   |

Régime de la déclaration : [Arrêté du 5 décembre 2016](#) relatif aux prescriptions générales applicables à certaines installations classées soumises à déclaration (rubrique 1532.3)

Régime de l'enregistrement : [Arrêté du 11/09/13](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 1532 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Note interprétative de la rubrique IR\_170303 stockage bois en silo\_p consulter en pdf

# Règlementation ICPE rubrique 1532 plateforme de stockage

- Arrêté du 05/12/16 relatif aux prescriptions applicables à certaines installations classées pour la protection de l'environnement soumises à **déclaration**
  - Si le bâtiment couvert abritant le stockage est situé à moins de 8 mètres de constructions occupées par des tiers, les éléments de construction présenteront les caractéristiques de résistance et de réaction au feu suivantes :
    - - parois REI 120 ;
    - - couverture BROOF (t3) ou plancher haut REI 60 ;
    - - portes EI 30.
  - Si le stockage est en plein air, sa hauteur ne doit pas dépasser 6 mètres. Le stockage doit être à au moins 6 mètres des limites de l'établissement, de manière à permettre le passage des engins de lutte contre l'incendie.

# Règlementation ICPE rubrique 2260 activité broyage / criblage fixe



## 2260. Broyage, concassage, criblage ... des substances végétales et produits organiques naturels

### 2.2 Agro-alimentaire

(Rubrique modifiée par les Décrets n° 2005-989 du 10 août 2005, n° 2009-841 du 8 juillet 2009, n° 2017-1595 du 21 novembre 2017 et n° 2018-900 du 22 octobre 2018)

Broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, granulation, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épluchage, décortication ou séchage par contact direct avec les gaz de combustion des substances végétales et de tous produits organiques naturels, à l'exclusion des installations dont les activités sont réalisées et classées au titre de l'une des rubriques 21xx, 22xx, 23xx, 24xx, 27xx ou 3642.

|   |      |
|---|------|
| 1. Pour les activités relevant du travail mécanique, la puissance maximale de l'ensemble des machines fixes pouvant concourir simultanément au fonctionnement de l'installation étant : |      |
| a) Supérieure à 500 kW  | (E)  |
| b) Supérieure à 100 kW mais inférieure ou égale à 500 kW  | (DC) |
| 2. Pour les activités relevant du séchage par contact direct, la puissance thermique nominale de l'installation étant :   |      |
| a) Supérieure ou égale à 20 MW  | (E)  |
| b) Supérieure à 1 MW mais inférieure à 20 MW  | (DC) |

# Quelques clés pour monter son chantier (1/3)

- **Caractérisation des gisements** de biomasse à exploiter
  - **Diamètre maximal** du bois à déchiqeter, qui dicte le choix du modèle et de son embouchure
  - **Quantité de biomasse** par hectare
  - **Masse unitaire et conformation des bois déchiqetés** (ne déchiqeter que des petits brins ou branches conduit à des rendements médiocres)
- **Planification et organisation** des chantiers dans leur ensemble
  - **Regrouper plusieurs chantiers** d'exploitation (et approvisionner plusieurs installations)
    - Une exploitation forestière isolée n'a pas intérêt à acquérir sa propre déchiqeteuse
    - Collaboration entre plusieurs entreprises réduit les frais de réparation et d'entretien de la déchiqeteuse:
      - Achat et stockage communs de pièces de rechange
      - Assistance en cas de panne de la déchiqeteuse
  - **Connaitre le terrain**
    - Itinéraire technique : sur coupe, bord de route ou plate-forme ; **Distance de débardage ; état** -> Tractée / Auto moteur / Porté / stationnaire

# Mobilité & Motorisation du broyeur



Tracté



Auto-moteur



Porté



Stationnaire

# Quelques clés pour monter son chantier (2/3)

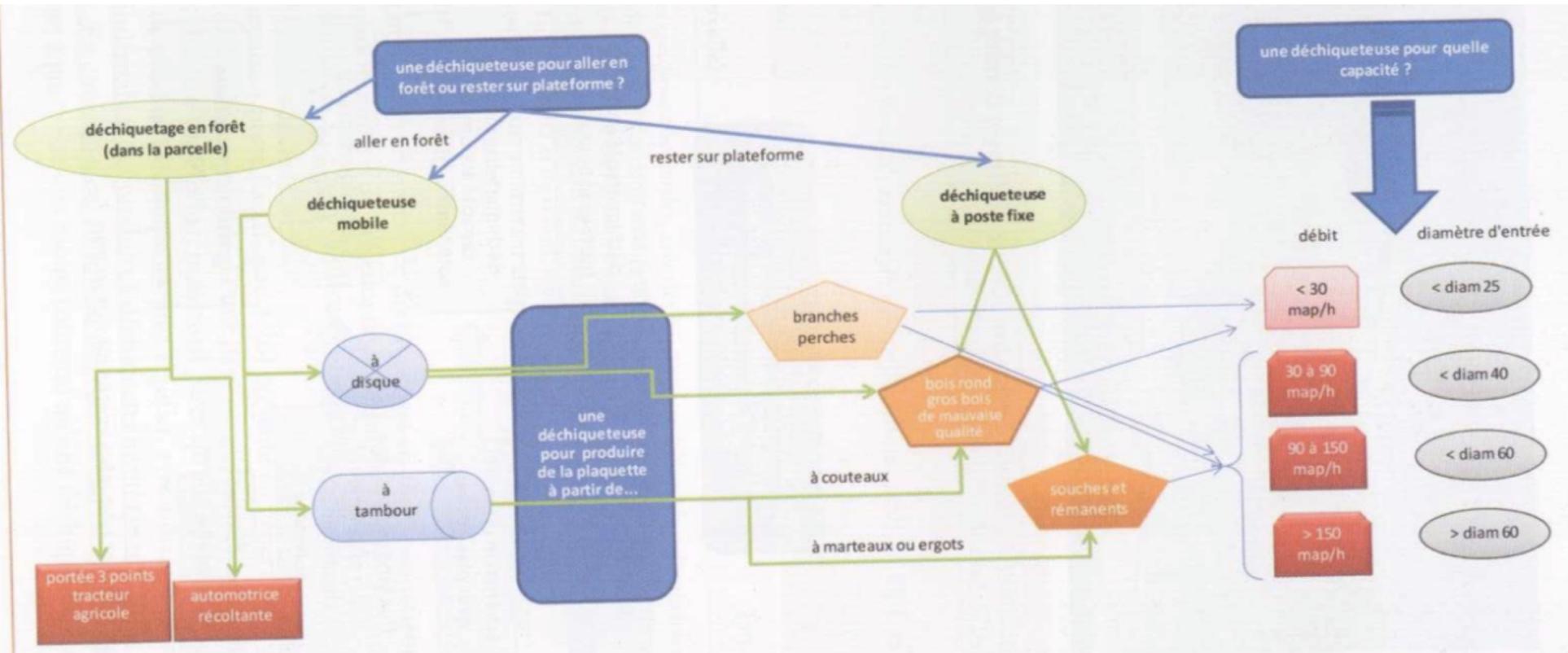
- Connaitre les caractéristiques finales du combustible
  - Connaitre l'**utilisation finale** des plaquettes
    - La qualité des plaquettes de bois dépend décisivement de la déchiqueteuse.
    - Chaudière automatique de puissance (< 1MW ?) = déchiqueteuse à couteaux
  - **Volume annuel** de plaquettes à produire
    - Déchiqueteuses modernes = machines très couteuses à utiliser à plein régime pour être rentables. Plus les machines sont grandes, plus leur productivité augmente.
- Optimiser l'organisation de l'alimentation
  - **Empilage du bois à déchiqueter**
  - **Alimentation** de la déchiqueteuse (manuelle ou à la grue) dépend du débit de la déchiqueteuse
  - **Bac de chargement** de la déchiqueteuse avec convoyeur à bande positionnés parallèlement à la route

# Quelques clés pour monter son chantier (3/3)

- Aménagement du lieu de déchiquetage
  - Prévoir suffisamment de **place** pour les processus de déchiquetage et de transbordement
  - **Tenir compte de la position** du **bac de chargement** et de la **goulotte d'éjection**
  - **Aménager les dépôts** de bois ronds aussi près que possible d'un croisement ou d'une aire de virage
  
- Optimiser le transport du bois à déchiqueter et de la plaquette
  - Adapter la **capacité de transport** à la performance de déchiquetage
  - **Temps pour remplir** une unité de transport
  - **Temps pour rotation** de l'unité de transport
  - **Amplitude horaire du lieu de déchargement**
  - **Eviter les marches arrière** avec les véhicules de transport
  - Montage d'un **abri avec soufflerie**
    - usage indépendant de la déchiqueteuse et du véhicule de transport

# Choix du matériel de broyage (1/3)

Comment choisir une déchiqueteuse ?



# Choix du matériel de broyage (2/3)

| Organe de coupe  | Caractéristiques  | Avantages  | Inconvénients   |
|--|---|--|---|
| <b>Broyeur à couteaux</b><br>=<br><b>Coupeuse</b><br>=<br><b>Déchiqueteuse</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>A disque</b></li> <li>• Bois de 10 à 40 cm de diamètre pour les unités mobiles et jusque 1 m pour les fixes</li> <li>• <b>P</b> = 80 à 120 ch</li> <li>• Coupes forestières</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investissement limité (12 à 25 000 €)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie limitée</li> <li>• Prix de revient de plaquette élevé</li> </ul>   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>A tambour</b></li> <li>• Arbres entiers ou rémanents ; Chutes longues de scierie</li> <li>• (25 cm à 1 m de diamètre)</li> <li>• <b>P</b> = 130 ch à plus de 900 ch</li> <li>• bord de route ou sur place forestière</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polyvalence vis à vis du type de bois</li> <li>• Capacité élevée</li> <li>• Plaquettes bien calibrées et de très bonne qualité</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de puissance que les coupeuses à disque de même taille</li> <li>• Niveau d'investissement conséquent</li> </ul> |
| <b>Broyeur lents à cisailles rotatives</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixe</li> <li>• Alimentation gravitaire</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• quand la forme des déchets est aléatoire, voire complexe</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les cisaille ne supportent pas les corps étrangers à broyer.</li> </ul>  |

Chambre d'agriculture Loiret (2008). Tout savoir sur le bois décheté. 11 p.

ITEBE ed (2004). Production de plaquette forestière et sécurité au travail : Bonne pratique n° 2 du bois décheté. 14 p.

ITEBE ed (2004). Choisir un broyeur pour le bois-énergie, 5 p.



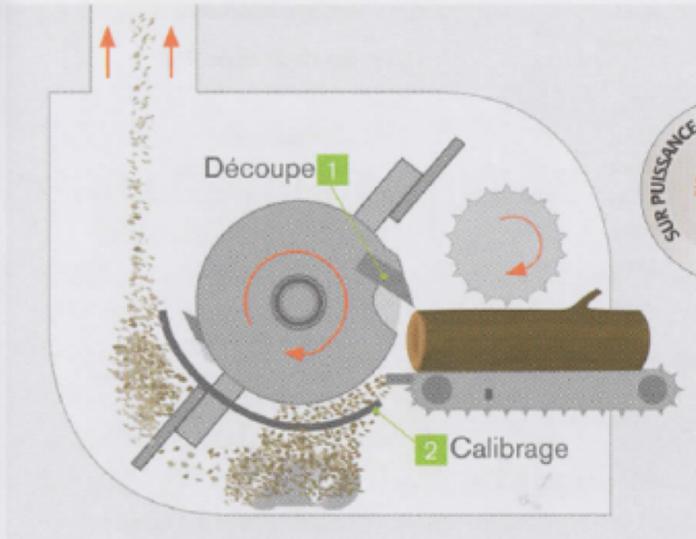
## Broyeur forestier à tambour avec couteaux



**Broyeur à couteaux**  
=  
**Coupeuse**  
=  
**Déchiqueteuse**

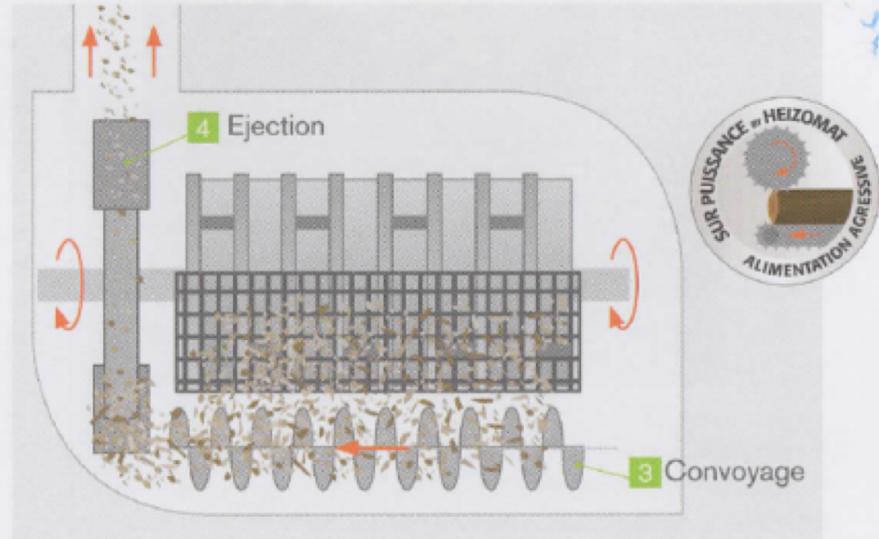


### SCHÉMAS DE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU ROTOR HEIZOHACK®



**1 DÉCOUPE** : les couteaux parfaitement affûtés découpent le bois en copeaux.

**2 CALIBRAGE** : grâce à la grille, les copeaux de grande taille restent dans le tambour jusqu'à être bien calibrés.



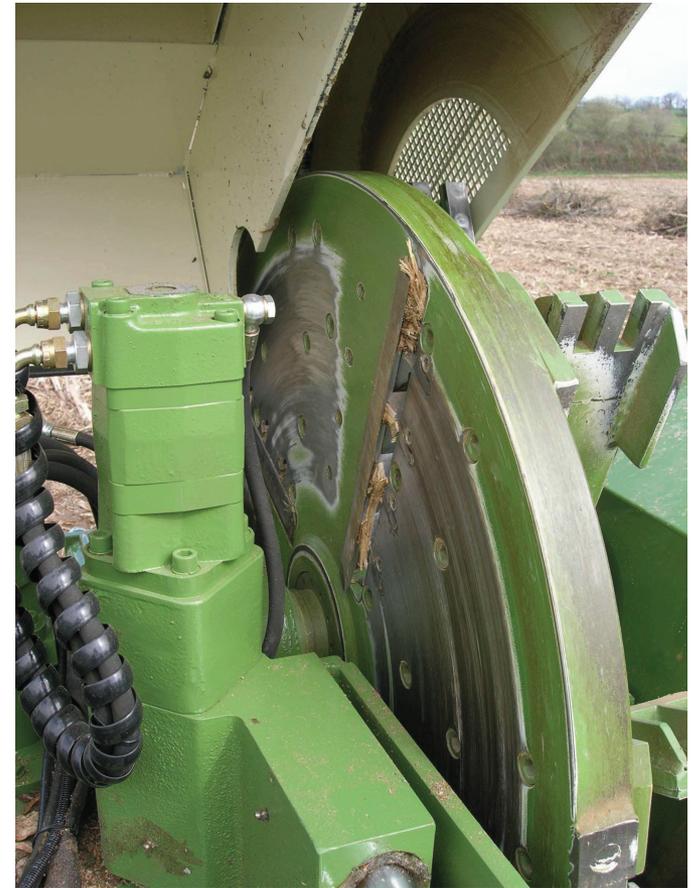
**3 CONVOYAGE** : les 2 vis sans fin en fond de machine transportent les plaquettes calibrées depuis la découpe vers l'éjection.

**4 EJECTION** : la soufflerie à volant d'inertie assure l'éjection des plaquettes et un fonctionnement puissant et régulier du rotor.

**Broyeur à couteaux**  
=  
**Coupeuse**  
=  
**Déchiqueteuse**



Broyeur forestier à disque  
avec couteaux



# Choix du matériel de broyage (3/3)

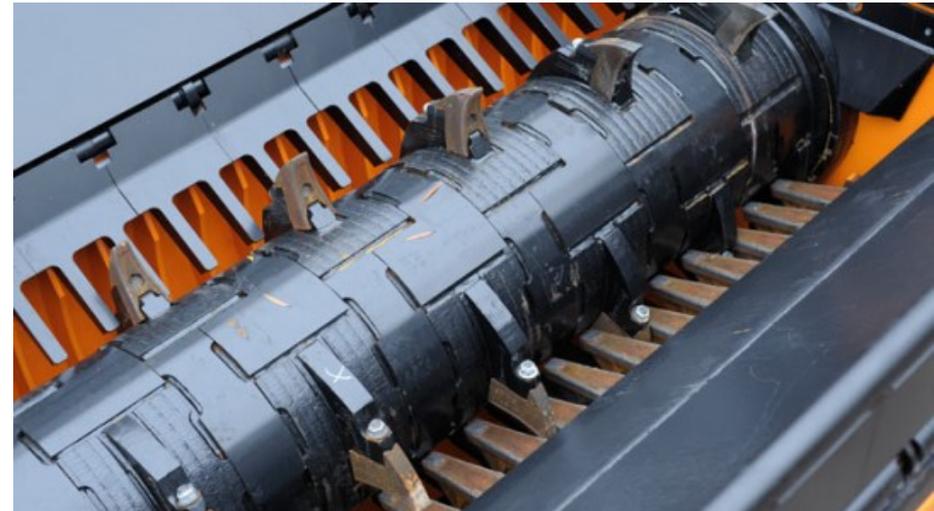
| Organe de coupe    |         | Caractéristiques  | Avantages   | Inconvénients   |  |
|--------------------|---------|---|---|---|--|
| Broyeur à vis      | coupeur | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface de coupe très longue</li> <li>• Beaucoup de puissance</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception rustique</li> <li>• Entretien simple</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• engin robuste qui nécessite beaucoup moins d'affûtages que les couteaux</li> <li>• Non adaptés aux bois trop gros, durs, secs, courts</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les plus dangereuses (pas de rouleaux entraîneurs de l'alimentation)</li> <li>• Energivore</li> </ul> |
|                    | casseur | <ul style="list-style-type: none"> <li>• machines à une ou plusieurs vis à filets inclinés, ce qui les dispense d'un système mobile dans la trémie. Le broyeur fonctionne par cisaillement à vitesse lente</li> </ul> |   |   |  |
| Broyeur à marteaux |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tambour avec marteaux ou fléaux mobiles fixés</li> <li>• Granulométrie assurée par contre-couteaux ou grilles de criblage</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus anciens et donc éprouvés du marché</li> <li>• Très grande polyvalence Grande robustesse</li> <li>• Peu sensibles aux corps étrangers</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruit</li> <li>• Poussière</li> <li>• Forte consommation d'énergie</li> </ul>  |  |
| Broyeur à impact   |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• à marteaux fixes</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• sciures fines produites d'excellente qualité</li> </ul>  |   |  |



*Source : Groupe RDS*

**Broyeur lent à 2 axes (rotors)**

**Broyeur à marteaux**



*Source : Bioénergies international*

# Le type d'alimentation des broyeurs

| Type  | Déchetuse   | Prix   | Personnel   | Contraintes   |
|---|-------------|--|---|---|
| <b>Manuel</b><br>        | Petit débit | contribue au prix contenu de la déchetuse                        | 3 ou 4 personnes (éprouvant physiquement et nécessite de la vigilance ; Opérateurs sont exposés au bruit et à la poussière) | Taille, forme et hauteur de trémie doivent être conçues pour faciliter l'introduction du bois |
| <b>Par grappin</b><br> | Gros débit  | Prix de l'option sur une machine en diamètre 35 : 25 à 35 000 €. | 2 personnes   | alimentation régulière synonyme de débit important et de régularité de calibrage              |

# Choix du matériel de criblage (1/4)

- Tamiseur fixe ou mobile (crible, trommel, etc.)
- Opération avec combustible sec

| Type de tamiseur             |   |   |   |
|------------------------------|---|---|---|
| Tamis à disques ou à étoiles | Matériels plutôt stationnaire                   | Plusieurs granulométries  |   |
| Trommels rotatifs            | Matériels mobiles (montés sur châssis routiers) | Tambours à maillage interchangeable selon la granulométrie  |   |
| Tamis vibrants               |   | Cribles fixes<br>Constitués d'une ou deux grilles animées d'un mouvement alternatif avec une surface active | +++pour bois déchiqueté comme la plaquette forestière |

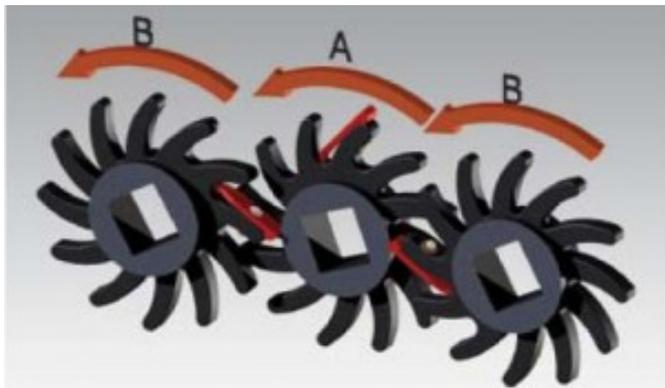
# Choix du matériel de criblage (2/4)



## CRIBLEUR A ETOILES 3 FRACTIONS

3 types de produits :

- < 30 mm = fines, terre, pelouse...
- 30 à 100 mm = bois énergie classique
- > 100 mm = repasse au broyeur



*Source : Bioénergie internationale*

## CRIBLAGE À ÉTOILE



## CRIBLAGE À TAMBOUR (TROMMEL ROTATIF)



# Choix du matériel de criblage (3/4)



**Crible fixe avec tamis vibrants (convoyeur à bandes) multi fractions**





# Choix du matériel de criblage (4/4)



**Crible mobile avec tamis vibrants (convoyeur à bandes) multi fractions**



# Approche économique

## Paramètres économiques

- Prix de revient de la déchiqueteuse
- Prix de revient du transport
- Prix de revient du stockage
- Prix de revient de la livraison chez le client
- Achat du bois
- Prix abattage, façonnage
- Débardage

## REX:

- Mobiliser un nombre de jour minimum de présence de la déchiqueteuse
- Déchiqueteuse à poste fixe a une durée de vie supérieure à déchiqueteuse mobile

## Exemples de prix dans :

- GROVEL, R., PASQUIER, F., HELOU, T. et al., eds (2014). Bois énergie – L’approvisionnement en plaquettes forestières, ADEME, 225 p.
- Mission Haies Auvergne (URFA), ADUHME et Chambre d’agriculture du Puy de Dôme, eds (2014). Des plaquettes pour valoriser le bois des agriculteurs - Des atouts en énergie et/ou en litière, 28 p.
- Chambre d’agriculture Loiret (2008). Tout savoir sur le bois déchiqueté. 11 p.

# Coût de broyage

|  | Variation en €/t | Moyenne pondérée en €/t | Moyenne pondérée en % du total |
|--|------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Plateforme à dominante plaquette forestière              | 10 à 15          | 10,1                    | 28%                            |
| Plateforme moyenne capacité à mix-produit et faible coût | 3,2 à 9          | 5,5                     | 33,5 %                         |
| Plateforme forte capacité à mix-produit                  | 8 à 17           | 12                      | 33,6                           |

# Coût de criblage-affinage

|  | Variation en €/t | Moyenne pondérée en €/t | Moyenne pondérée en % du total |
|--|------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Plateforme à dominante plaquette forestière              | 4 à 7            | 4,1                     | 11 %                           |
| Plateforme moyenne capacité à mix-produit et faible coût | 1 à 5            | 1,3                     | 8 %                            |
| Plateforme forte capacité à mix-produit                  | 0 à 10,3         | 4,7                     | 13,1 %                         |

# Certifications et Formations

- o Quelle formation existe ?

- o Formation FCBA :

- [https://formation.fcba.fr/formation\\_secteur/approvisionnement-bois/](https://formation.fcba.fr/formation_secteur/approvisionnement-bois/)

**Systemes d'exploitation forestière dédiés au bois énergie et à la récolte de bi...**



**parcours métier**

**Parcours métier Fournisseur approvisionneur bois énergie**



**nouveau**

**Bonnes pratiques de stockage et de gestion de stocks des produits bois énergie ...**



**nouveau**

**Suivi qualitatif de l'approvisionnement en entrée chaufferie : bonnes pratiques...**



- o Certification (de produit, personne ou service) ?

- o CBQ +

# Bibliographie (1/2)

## o Technique

- ADEME (2018), **Production de chaleur biomasse - Qualité des approvisionnements - Règlement, Exploitation, Contrôle.** (fiches 5 et 12)
- ENERGIE BOIS SUISSE, ed (2013). **Préparation rationnelle de plaquettes de bois pour exploitations forestières.** 12 p.
- ITEBE ed (2004). **Production de plaquette forestière et sécurité au travail : Bonne pratique n° 2 du bois déchiqueté.** 14 p.
- ITEBE ed (2004). **Choisir un broyeur pour le bois-énergie,** 5 p.
- Rhônalpénergie-Environnement, (2001). **ANNEXE 3i Déchiqueteuses**
- LAURIER, J.P., (1998), **Comment déchiqueter des petits bois pour l'énergie,** AFOCEL, 6 p.
- CIBE, (2011). **Classification professionnelle des combustibles bois déchiquetés.**

## o Règlementation ICPE

- Rubrique 1532 & Rubrique 2260

## o Economique

- CIBE, (2011). **Coûts de production des combustibles bois déchiquetés et des structures plateformes.**

# Bibliographie (2/2)

## o Technique et économique

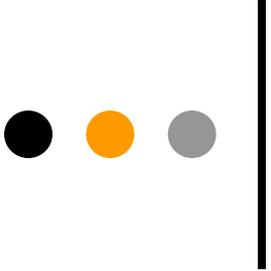
- GROVEL, R., PASQUIER, F., HELOU, T. et al., eds (2014). **Bois énergie – L’approvisionnement en plaquettes forestières**, ADEME, 225 p.
- Chambre d’agriculture Loiret (2008). **Tout savoir sur le bois déchiqueté**. 11 p.
- Mission Haies Auvergne (URFA), ADUHME et Chambre d’agriculture du Puy de Dôme, eds (2014). **Des plaquettes pour valoriser le bois des agriculteurs - Des atouts en énergie et/ou en litière**, 28 p.
- CUMA Midi Pyrénées & Tarn, (2005). **La filière bois énergie d’origine agricole**.

## o Généraliste

- CCI de la Lozère, 48-30 ed (2007). **Guide pour l'autoproduction de plaquettes forestières**. 5 p.
- ADEME / Biomasse Normandie / AFOCEL (1998). **Bois-énergie : le déchiquetage en forêt**. ADEME, 112 p.

## o Cas pratique ciblé

- DOUARD, F. (2013). **Périgord Energie Bois fait le choix d’une déchiqueteuse polyvalente, Bioénergie International**, n° 27, (page consultée le 24/01/2019), <https://www.bioenergie-promotion.fr/32550/perigord-energie-bois-fait-le-choix-dune-dechiqueteuse-polyvalente/>
- FIBRA, **Observatoire Bois-énergie - Rhône-Alpes Données 2015**, 20 p.



# Perspectives

- Mutualiser :
  - Méthodologies
  - Outils
- Compléter le recensement des documents de communication de soutien
- Créer :
  - Argumentaires manquants ?

→ Quel soutien attendu de la commission  
« Approvisionnement des chaufferies et biocombustibles »  
du CIBE ?