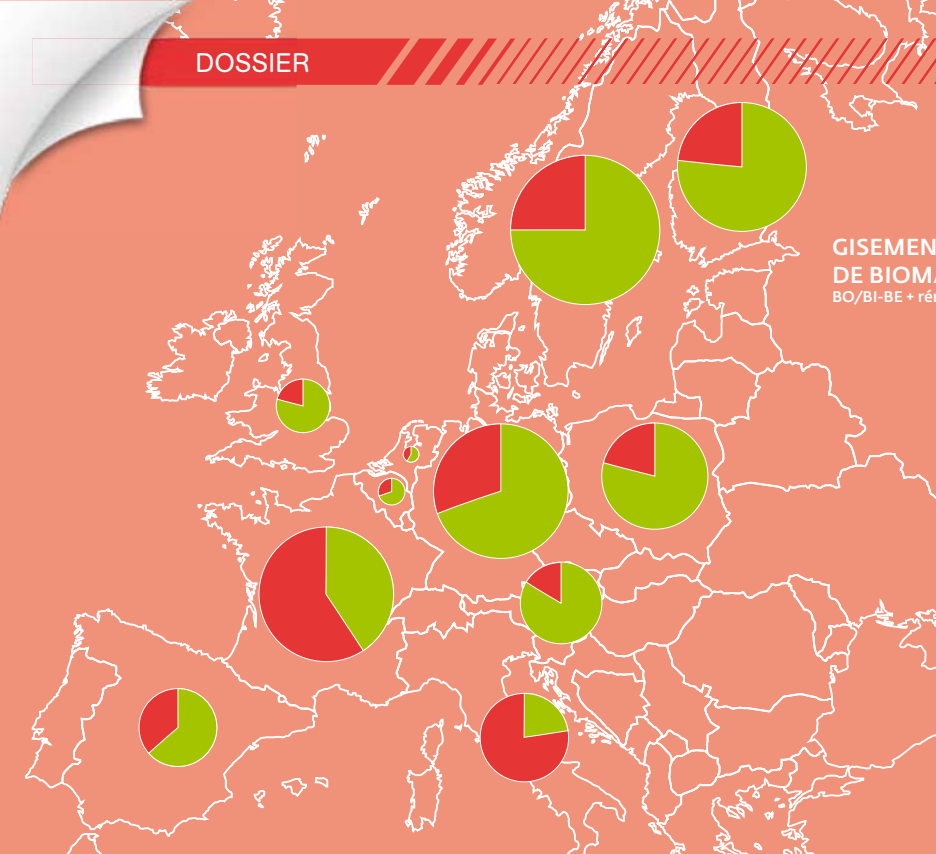




VALORISATION

des bois feuillus en granulés bois

La forêt Française occupe un peu moins d'un tiers du territoire métropolitain. Elle est constituée pour plus de moitié, de feuillus qui représentent la majorité des volumes sur pieds disponibles, soit plus de 1 500 millions de m³.

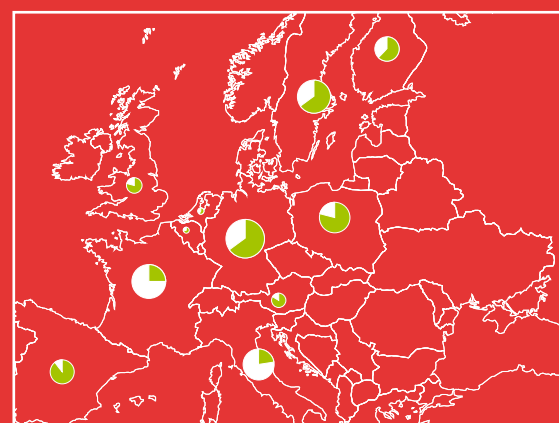
Dans un contexte actuel où la disponibilité de la ressource est de plus en plus limitée pour la production de granulés bois, il est intéressant d'étudier ce potentiel important de nouvelles matières premières.

De plus, du fait de la moindre valorisation de ces ressources, celles-ci peuvent être économiquement intéressantes dans cette période où la course à l'approvisionnement de qualité est d'autant plus difficile et coûteuse.

Enfin, il existe peu de retour sur expérience au niveau de la granulation du bois feuillus et jusqu'à présent, seules quelques essences ont été utilisées.

Il est donc important de valider l'utilisation industrielle de ce type de ressource en mélange pour la production de granulés bois respectant les marques (NF, DIN+...) et normes en vigueur.

L'étude va porter sur une quinzaine d'essences de feuillus représentatives du marché français.

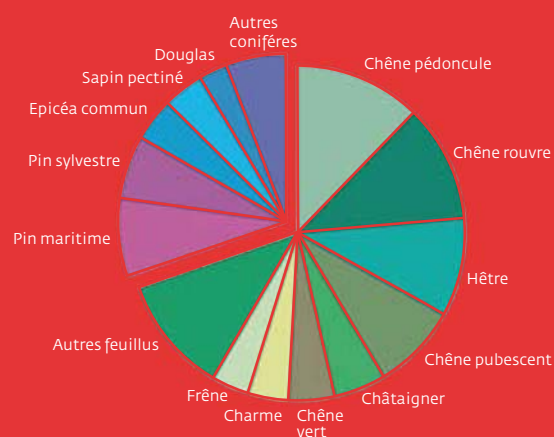


GISEMENT DISPONIBLE DE BIOMASSE
BO/BI-BE + rémanents + souche

CONIFERES
FEUILLUS

50
25
10
en Mts

ESSENCE	SUPERFICIE DES FORÊTS DÉDIÉES À LA PRODUCTION BOIS (MILLIERS D'HA)	VOLUME SUR PIED (MILLIONS DE M ³)
Chêne pédonculé	1850	275
Chêne rouvre	1690	280
Hêtre	1390	260
Chêne pubescent	1250	93
Châtaignier	740	118
Chêne vert	650	24
Charme	580	90
Frêne	540	80
Autres feuillus	1690	272
Total feuillus	10380	1502
Pin maritime	1100	179
Pin sylvestre	910	143
Epicéa commun	630	190
Sapin pectiné	580	178
Douglas	400	88
Autres conifères	860	127
Total conifères	4470	905
Momentanément déboisé	120	-
TOTAL	14970	2407



Objectif

L'objectif de cette étude est double. En premier lieu, il va s'agir de mettre au point des procédés innovants (mélange, Additivation) afin de produire un granulé bois feuillus aux caractéristiques thermochimiques compatibles aux labels de qualité et normes en vigueur. En deuxième lieu, il va s'agir d'optimiser le procédé de granulation afin d'obtenir, avec des feuillus, des débits de production comparables à des bois résineux.

Ainsi, les principaux thèmes abordés dans cette étude auront pour objectif de comprendre et répondre aux problématiques de la production de granulé de bois feuillus :

► **Difficulté à la granulation** : Ces bois sont globalement plus durs que les bois résineux. Ils engendrent donc des efforts mécaniques plus importants lors des phases de broyage / granulation. Les conséquences directes de cette friction mécanique est la surconsommation énergétique et l'usure prématurée des matériels de production. L'objectif de l'étude est donc de déterminer les caractéristiques de granulation de chaque essence en identifiant les paramètres optimums de production (taux de compression filière, humidité du produit) afin d'obtenir un régime stabilisé de la presse. Des additifs de granulation seront ensuite mis au point dans le but d'augmenter le rendement de production tout en améliorant la tenue des granulés.

► **Production de fines importante** : La dureté accrue des bois feuillus engendre, lors de la phase de broyage, une production de fines importante. L'étude va permettre de qualifier la quantité et la qualité de ces fines

ainsi que leur impact sur les paramètres thermochimiques et la combustion des granulés.

► **Caractéristiques en combustion variables** : les retours d'expériences sur la combustion des granulés de bois feuillus sont variables. Ces expériences montrent notamment des problèmes de fusibilité des cendres (formation de mâchefer), des problèmes d'émissions de particules fines ainsi que d'autres problèmes de combustion plus généraux. L'objectif, sur ce point, va être de qualifier in-situ la combustion, essence par essence, de ces bois feuillus dans des chaudières et poêles domestiques.

Echantillons

Les échantillons des différentes essences ont été sélectionnés sur un même massif. Cette méthode de sélection permet d'éviter la variabilité des caractéristiques des matières premières en fonction des conditions pédoclimatiques des terroirs.

Ainsi le prélèvement des échantillons a été réalisé sur des bois en provenance du sud Massif Central, plus exactement en Aveyron.

Les essences retenues sont :

Chêne | Peuplier | Merisier | Châtaignier | Tremble |
Noyer | Frêne | Acacia | Noisetier | Hêtre | Bouleau |
Charme | Platane

Chaque échantillon a été prélevé sous forme de billon avec écorce et possédant une humidité comprise entre 40% et 50%.

MATÉRIEL & MÉTHODES

1 Préparation des échantillons

Chaque échantillon a été écorcé, pré-broyé, séché puis broyé finement.

2 Caractérisation des matières premières

Les différentes analyses (physiques et thermochimiques) ont été effectuées selon les normes actuellement en vigueur. Les principales analyses retenues sont :

- Physiques : masse volumique, granulométrie après affinage
- Thermiques : Pouvoirs calorifiques, Taux de cendres à 550°C, Humidité, fusibilité des cendres
- Chimiques : analyses élémentaires (CHNS), analyses des éléments majeurs et mineurs.

3 Broyage des matières premières et caractérisation produit

Les échantillons ont tout d'abord subi un pré-broyage à l'aide d'un broyeur à couteau NHS 580 d'une puissance de 80cv. Ils ont ensuite subi un deuxième broyage dans un broyeur affineur à marteaux afin d'obtenir des particules inférieures à 2mm.

Chaque broyage a été qualifié en termes de puissance et de granulométrie en sortie broyeur.

Les échantillons ont ensuite été tamisés de manière à retenir 3 types de granulométrie :

- Particules supérieures à 500µm
- Particules comprises entre 200 et 500µm
- Particules inférieures à 200 µm.

Chaque granulométrie correspond à un sous-échantillon ; l'ensemble des 3 sous-échantillons étant considéré comme un groupe.

4 Séchage

Les différents lots ont été séchés par séchage indirect à basse température afin de conserver au mieux les caractéristiques de la matière première.

5 Granulation et caractérisation produit

Les broyats sont passés en granulation sur une presse Kahl. Toutes les informations de granulation sont suivies et enregistrées à l'aide d'un monitoring branché sur la presse. Ce système permet d'observer la puissance instantanée, les températures filières et granulé et ainsi de trouver un régime stabilisé pour chacune des matières en fonction du taux de compaction de la filière.

En sortie de granulation, les produits sont qualifiés avec le taux de fines, la durabilité, la dureté ainsi que l'humidité des granulés.



6 Combustion et caractérisation produit

Les granulés passent ensuite en combustion sur 2 chaudières domestiques connectées à un centre d'acquisition permettant de mesurer les émissions atmosphériques en continu ainsi que la puissance dégagée.



En fin de combustion, les cendres sont qualifiées selon leur zone : foyer, dépôt échangeurs et fumées. Au niveau du foyer, les cendres sont identifiées en fonction de leur quantité, leur masse volumique et leur granulométrie ; ce dernier paramètre nous permettant de mesurer leur tendance à l'agglomération (formation de mâchefer)



RÉSULTATS

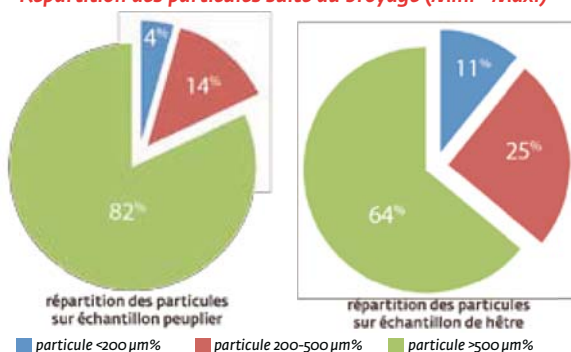
Caractérisations

► PHYSIQUE

La densité des rondins de feuillus est plus importante que celles des résineux, de l'ordre de 20%.

La granulométrie, suite aux différentes phases de broyage, donne des pourcentages de fines pouvant aller jusqu'à 10% de particules inférieures à 200 µm, part bien plus importante que pour les ressources résineux. Ces particules très fines ont été analysées thermiquement et chimiquement afin de les qualifier.

Répartition des particules suite au broyage (Mini - Maxi)



► THERMIQUES

Les résultats montrent des taux de C et H relativement homogènes entre les différentes essences feuillus et proches des valeurs des résineux. Cette observation est corrélée avec les valeurs de pouvoirs calorifiques qui sont légèrement inférieures à celles des résineux.

Les taux de cendres sont très variés selon les essences. En effet, l'essence la moins chargée possède un taux de 0,12% contre 3% pour celle qui possède le taux de cendres le plus important. D'une manière générale, la plupart des ressources de bois feuillus possèdent des taux de cendres se situant entre 0,5 et 1%.

Certains échantillons ont montrés des températures de déformations des cendres élevées, même parfois supérieures aux essences de résineux. D'autres, à l'inverse, possèdent des températures de déformations très basses (<900°C) qui risquent d'occasionner des problèmes de formation de mâchefer pendant la combustion.

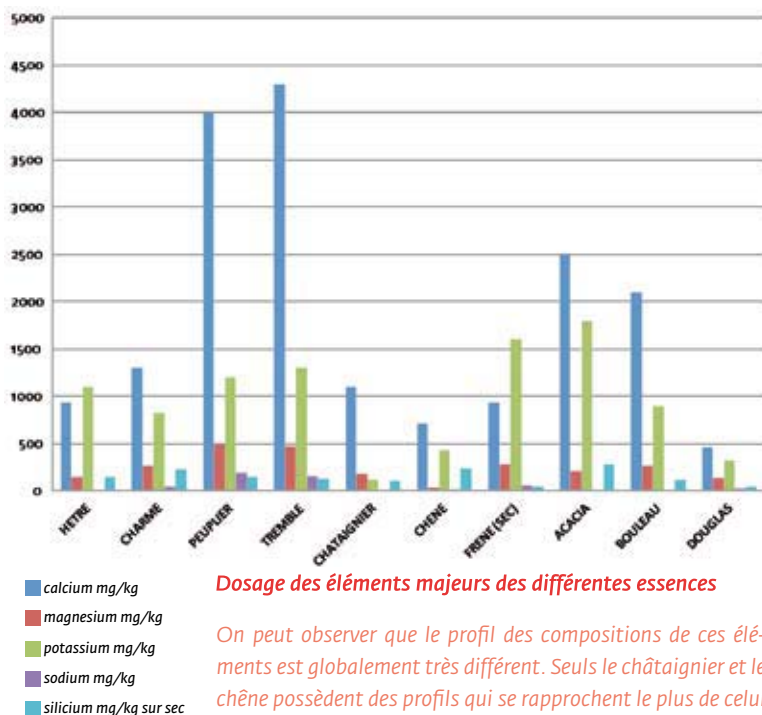
RÉSULTATS

► CHIMIQUES

Globalement, l'analyse chimique des échantillons est bonne. Les valeurs normalisées de l'EN-14961-2 sont respectées sur l'analyse de la matière première.

Les valeurs pour les métaux lourds et l'analyse élémentaire (CHNS) sont similaires à celles obtenues sur les résineux.

En revanche, il existe de fortes variations sur l'analyse des inorganiques qui peuvent expliquer les différences tant sur la phase de granulation que sur la phase de combustion.



Dosage des éléments majeurs des différentes essences

On peut observer que le profil des compositions de ces éléments est globalement très différent. Seuls le châtaignier et le chêne possèdent des profils qui se rapprochent le plus de celui des résineux.

Broyage

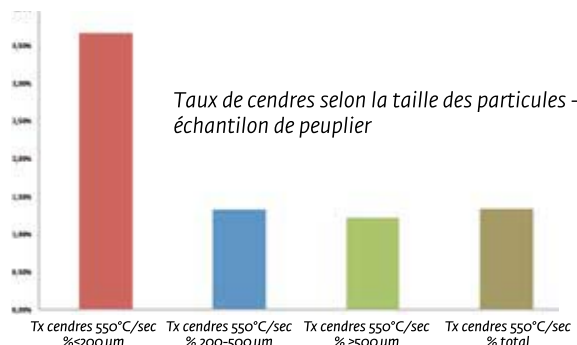
Lors de cette phase, il a été quantifié la quantité d'énergie consommée et la qualité des produits.

Pour les phases de broyage, il est à noter que les feuillus sont plus durs donc plus difficiles à passer, principalement dans la phase de pré-broyage (broyeur à couteaux).

La consommation énergétique a été en moyenne supérieure de 20% par rapport aux résineux.

Les produits ont été qualifiés suite à l'affinage et on a relevé les granulométries présentées sur les figures P41.

La qualité de ces différentes granulométries a été identifiée en étudiant les cendres de ces fractions.



Taux de cendres selon la taille des particules (Maxi-Mini)

Comme nous pouvons le constater sur cette figure, les particules de granulométries inférieures à 200µm ont des taux de cendres bien supérieurs aux granulométries plus grossières (de 40 à 170% de plus) tandis que les particules de granulométrie supérieure à 200µm ont des taux de cendres très proches du taux de cendres global.

Une étude sur la composition chimique de ces fines particules est en cours.

NB : Pour la phase de séchage, étant donné les taux de cendres plus élevés que pour le résineux, il est important d'adapter sa technologie de séchage pour éviter au maximum de charger en minéraux la matière à sécher.

Granulation

Les essais de granulation ont donné des résultats très variables selon les essences.

Globalement, il a été observé une perte de rendement de l'ordre de 30 à 40 % sur les divers essais avec de très grosses difficultés à granuler certaines essences (robinier, charme, noyer...).

La difficulté est principalement d'obtenir des résultats constants tout au long de l'essai. En effet, les essences de feuillus étant plus riches en minéraux, posent plus de problèmes de frictions et donc d'échauffement et de dégradation du matériel...

La première phase de l'étude devrait être finalisée pour le salon du bois énergie, du 22 au 25 mars 2012, où vous pouvez nous retrouver sur le stand (hall A – Stand n°51).

Conclusion intermédiaire

Les bois feuillus ont des caractéristiques proches de celles des résineux mais demandent des travaux de recherche poussés afin d'obtenir des productions de qualité et surtout constantes dans le temps. On peut noter des différences importantes sur la composition chimique qui joue un rôle sur la granulation des matières mais aussi, très certainement, sur la combustion des granulés.

Plusieurs hypothèses sont avancées et différentes pistes de travail ont déjà été identifiées. Elles seront développées dans la suite du programme ●

MATHIEU CAMPARGUE
RAGT ENERGIE
WWW.RAGT-ENERGIE.FR