



elbé Technologies SARL  
2, rue Alphonse Matter  
88100 Saint-Dié-des Vosges

Tél.: 06.10.22.71.23  
e-mail: [contact@elbe-technologies.fr](mailto:contact@elbe-technologies.fr)

RCS Epinal  
Siret : 511 490 146 000 20  
TVAI : FR96 511 490 146

Rapport technique #1

## **Valorisation matière du bois issu du mobilier professionnel en bois composite**

Etude selon l'offre acceptée: PR1810-0025

**DOCUMENT CONFIDENTIEL**



VALDELIA  
Mme Florence De MENGIN FONDRAGON  
93 rue du Lac, 31670 Labège

Date du document : 29 janvier 2019

Rédacteur : Laurent BEDEL, Ph.D.

## 1. Contexte

Elbe technologies a travaillé sur le projet Profidea pour lequel la valorisation des déchets bois ex-ameublement (DEA) a été étudiée. Dans ce projet, le focus a été mis sur la dépollution de la ressource DEA (diminution du taux d'azote) et diverses voies de valorisation des matériaux « dépollués » ont été étudiées dont la filière bois composite.

D'autre part, Valdelia a fait réaliser une étude d'opportunité de recyclage des déchets d'ameublement à la Guadeloupe. Cette étude a mis en avant le potentiel économique de produits en bois composites (WPC), notamment dans la filière extrusion à destination des secteurs du BTP et éventuellement de cuves rotomoulées.

Afin de pouvoir inciter des industriels locaux à investir dans une filière bois composite issus de la valorisation des déchets d'ameublement (panneaux de particules et mdf), il est important de pouvoir leur présenter des produits « démonstrateurs » réalisés de façon industrielle afin de pouvoir appréhender leur performances au regard de produits conventionnels ainsi que leur rentabilité.

Dans ce contexte, Valdelia a confié à elbé technologie la réalisation d'une étude de prototypage de composites WPC à base de DEA mis en forme par extrusion moulage et rotomoulage (moulage rotationnel).

Ce rapport détaille les phases de préparation du bois et de compoudage du bois avec les matières plastiques retenues.

## 2. Travail réalisé

### 2.1 Phase 1 : Caractérisation et préparation de la matière bois

Valdelia a fourni, via la société Nantet, 4 big-bags de déchets de bois broyé grossièrement, prélevés directement de ses centres de collecte, sans sélection préalable pour être les plus représentatifs possible des gisements disponibles.



Figure 1 : Bois DEA décheté fourni via la société Nantet

Le cahier des charges était : broyage de l'ordre du centimètre, taux d'humidité de 10-12% et exempt de métal.

La Figure 1 présente une photo représentative de l'aspect des DEA fournis.

Sur ce matériau nous avons mesuré la densité apparente, le taux d'humidité et la distribution granulométrique.

Le taux d'humidité mesuré est de **15,91 %**  
 La densité apparente mesurée est de **214 g/L**

La distribution massique est portée dans le Tableau 1 et la Figure 2. Le diamètre médian **D50 se situe vers 2mm.**

<b>% par fraction</b>	<b>mm</b>	<b>% Accumulés</b>
1,1 %		
3,0 %	<10,0	98,9 %
4,8 %	<8,0	95,9 %
5,9 %	<6,3	91,1 %
14,5 %	<5,0	85,3 %
19,1 %	<3,15	70,8 %
27,8 %	<2,0	51,7 %
17,2 %	<1,0	23,9 %
6,7 %	<0,5	6,7 %

Tableau 1 : répartition des fractions massiques en fonction des tailles de particules du DEA déchiqueté

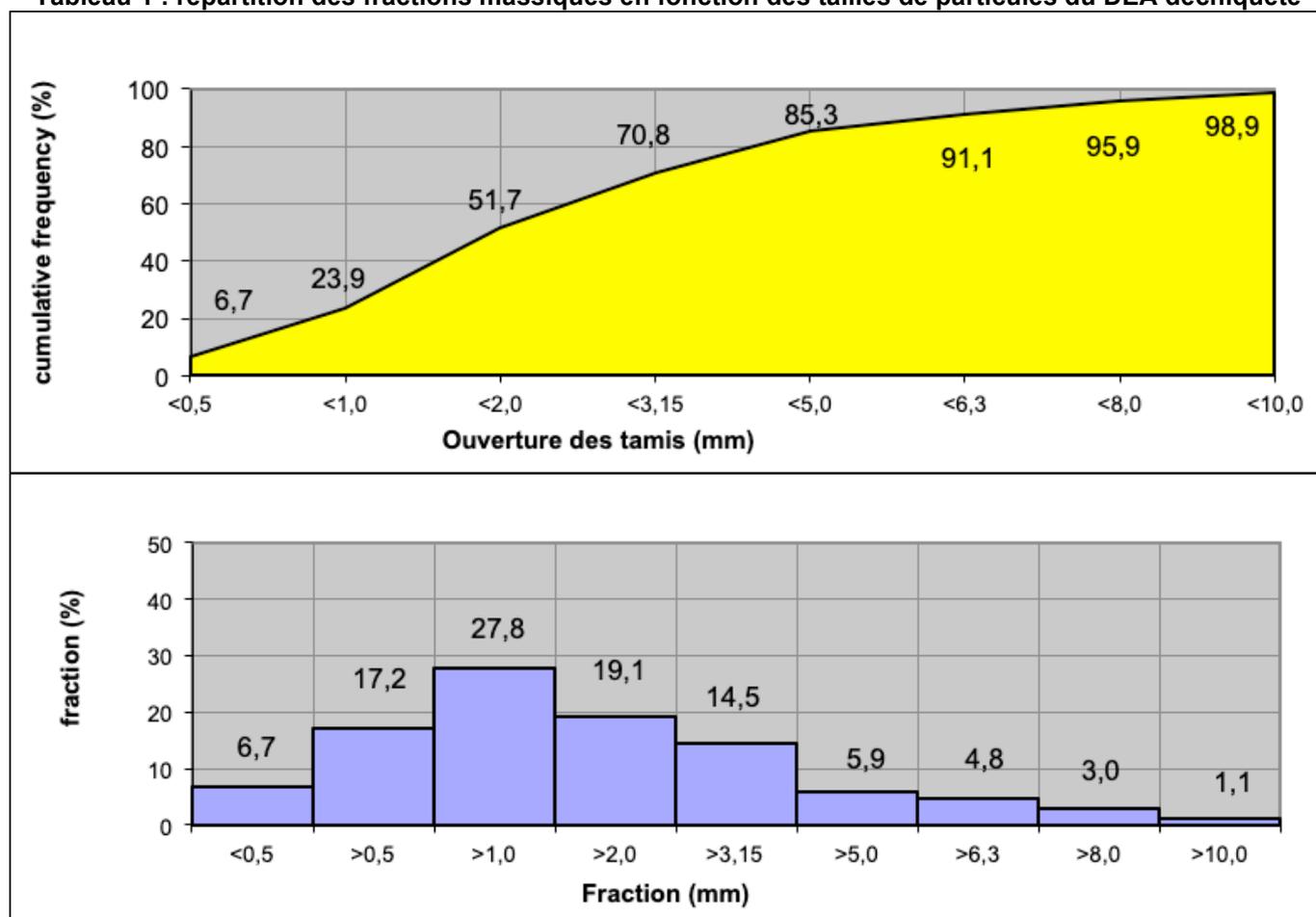
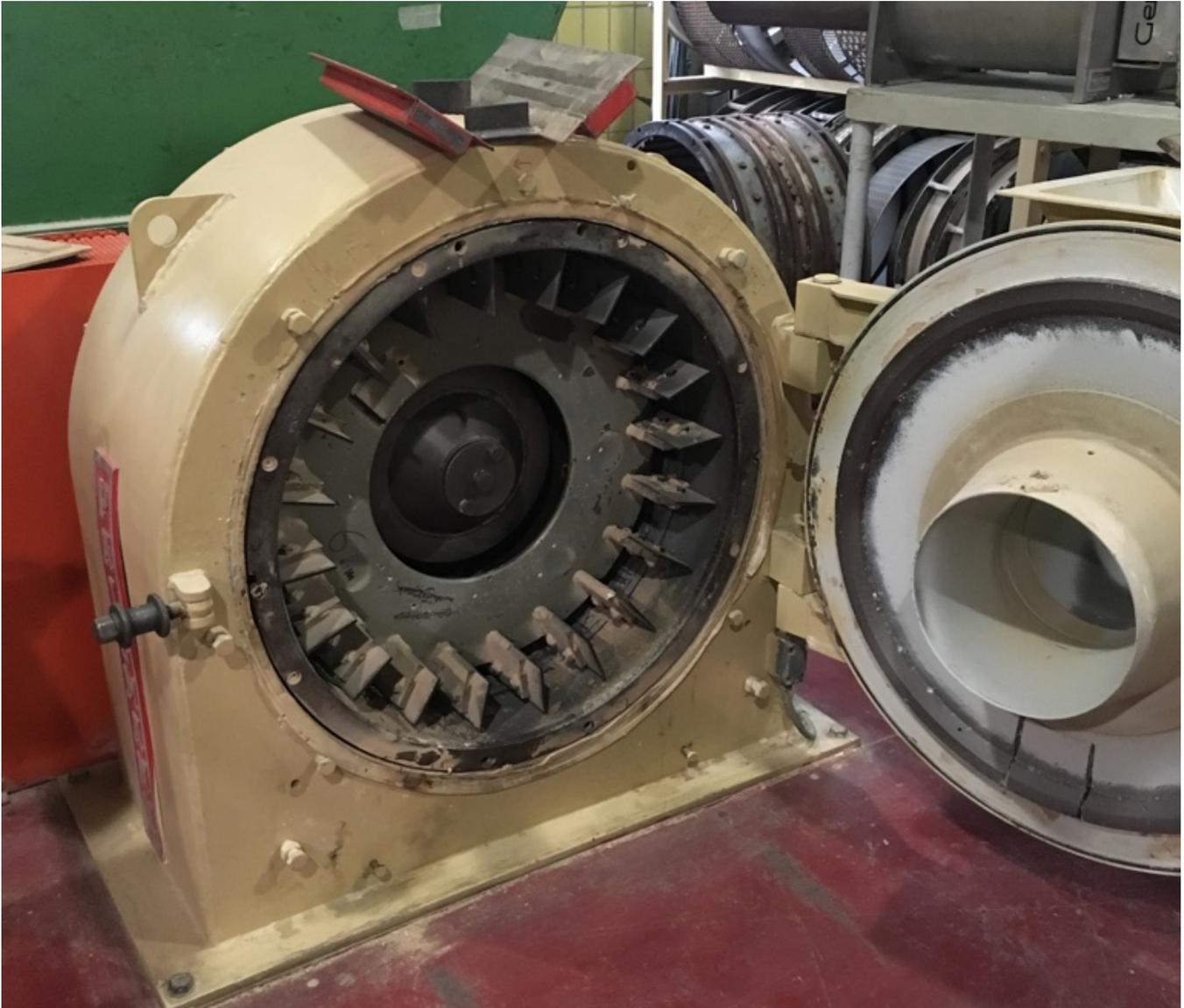


Figure 2 : Distribution granulométrique des DEA déchiquetés

Le bois ainsi caractérisé, a été micronisé à l'aide d'un broyeur à impact de type Pallmann PSKM\_8\_460.



**Figure 3 : Broyeur Pallmann PSKM\_8\_460**

Le bois introduit dans le broyeur est projeté par le flux d'air contre les parois latérales dotées de rainures (Figure 3). Le choc des particules de bois contre ces rainures induit leur éclatement et, par conséquent, leur réduction de taille. La sélection de la taille désirée est obtenue au moyen de grilles annulaires entravant la sortie de la ligne de broyage.



Figure 4 : Chargement et dispositif d'alimentation du broyeur PSKM

Le bois est transvasé des big-bags au broyeur via une unité de transfert régulant le débit d'introduction par un jeu de vis sans fin (Figure 4). Le flux de bois à broyer est alors déversé en continu dans la trémie d'alimentation du broyeur.

Bien que nous ayons doté la ligne de broyage de plaques aimantées pour piéger d'éventuels corps métalliques, alors que le bois DEA fourni était réputé exempt de métal, certaines pièces en métal sont toutefois passées dans le broyeur (Figure 5). Pour poursuivre les essais nous avons dû procéder à un tri manuel supplémentaire en amont de l'introduction dans le broyeur, ce qui a ralenti très fortement le déroulement des essais.



Figure 5 : Exemples de pièces métalliques trouvées sur les plaques aimantées du broyeur (à G) et lors du tri manuel (à D)

En cas d'industrialisation de cette voie de valorisation des DEA, l'expurgation de tout métal sera crucial : nous conseillons de doter la ligne de déchiquetage de trains d'aimants supplémentaires et veiller à la présence de visserie en inox (non magnétique).

Nous avons également constaté la présence d'une « poussière magnétique » venant s'agglutiner sur la surface des aimants. Cette poussière réduit fortement l'efficacité des aimants (écranage magnétique). Il serait judicieux de vérifier sur l'installation de déchiquetage si une telle poussière est présente pour expliquer le défaut d'élimination des corps métalliques.

Le broyat a été récupéré en sacs au lancement de l'essai, puis directement en big-bags (Figure 6).

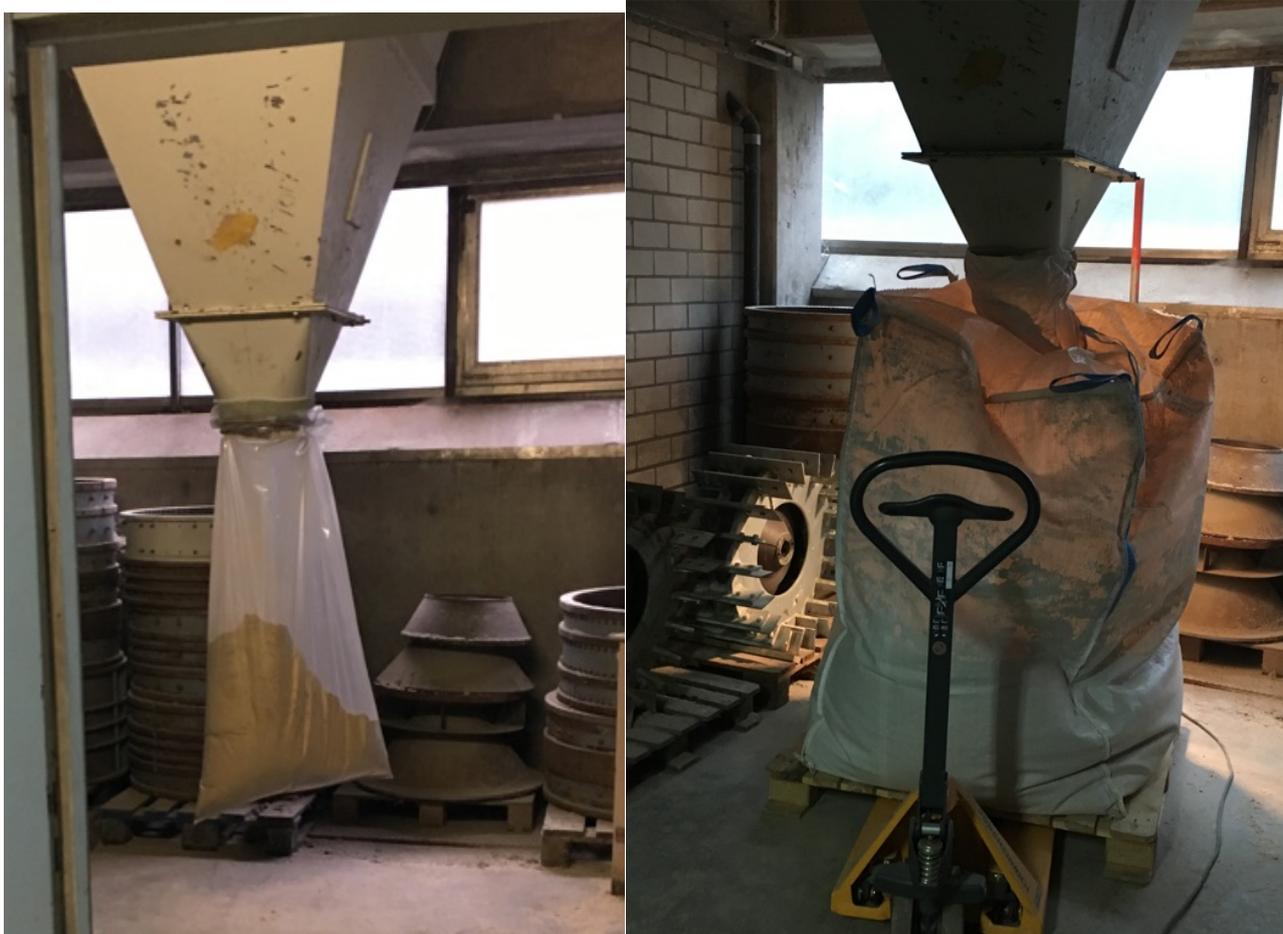


Figure 6 : Dispositif de récupération du bois micronisé en sac (à G) puis en Big-bag (à D)

Sur ce matériau broyé nous avons mesuré la densité apparente, le taux d'humidité et la distribution granulométrique.

Le taux d'humidité mesuré est de **13,67 %**  
La densité apparente mesurée est de **213 g/L**

La distribution massique est portée dans le Tableau 2 et la Figure 7. Le diamètre médian **D50 se situe vers 400 µm**.

Le débit moyen mesuré lors de cet essai était de **552 kg/h** pour un débit théorique de 690 kg/h.

<i>% par fraction</i>	<i>mm</i>	<i>% Accumulés</i>
0,0 %		
1,0 %	<1,5	100,0 %
7,0 %	<1,0	99,0 %
13,0 %	<0,8	92,0 %
15,0 %	<0,6	79,0 %
12,0 %	<0,5	64,0 %
16,0 %	<0,4	52,0 %
15,0 %	<0,3	36,0 %
11,0 %	<0,2	21,0 %
5,0 %	<0,1	10,0 %
5,0 %	<0,063	5,0 %

Tableau 2 : répartition des fractions massiques en fonction des tailles de particules du DEA micronisé

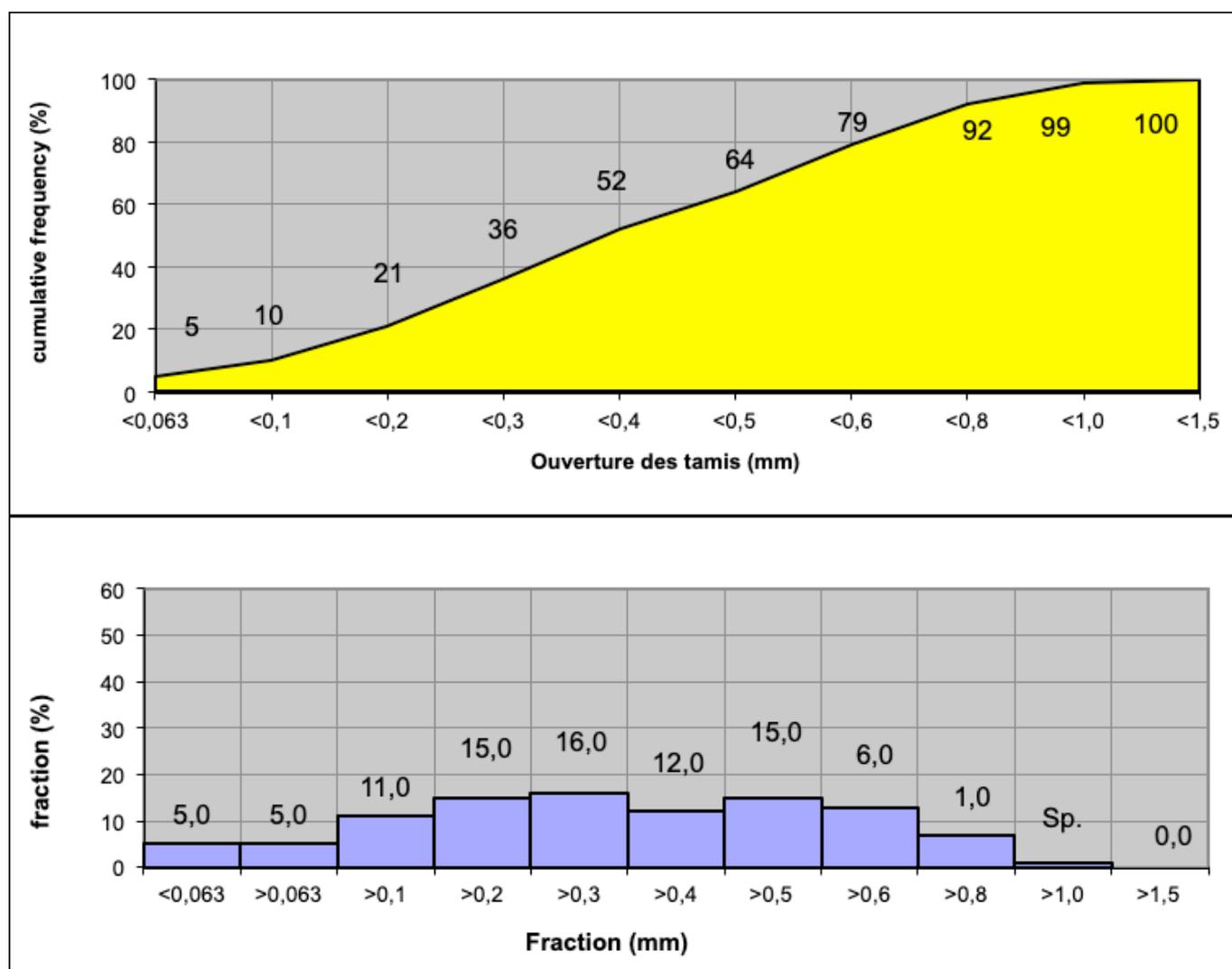


Figure 7 : Distribution granulométrique des DEA micronisés

La distribution granulométrique est large, allant jusque 800 µm, avec une D50 autour de 400 µm. Nous aurions pu réduire la granulométrie en réduisant les ouvertures des grilles du broyeur. Toutefois, une telle réduction aurait conduit à une augmentation significative des particules les plus fines causant un

risque potentiel pour la santé des opérateurs, donc impliquant, le cas échéant, une unité de filtration de l'air plus coûteuse, et, surtout, un risque d'explosivité accru par la formation d'atmosphère explosible. Là encore, la protection ATEX de l'installation résulterait en un surcoût important, nous semblant incompatible, à ce stade de connaissance, avec la production économiquement viable d'un bois composite.

Hormis les difficultés rencontrées par la présence de métal dans les DEA déchiquetés, le broyage par impact se révèle parfaitement adapté.

## 2.2. Phase 2 : Formulation du composite et essai de production

Disposant de bois DEA micronisé, nous avons procédé à son compoundage avec des matières plastiques pour réaliser des bois composites.

Afin de pouvoir traiter directement un mélange de polymère avec la farine de bois réalisée, nous avons pris le parti d'utiliser un procédé de compoundage à basse température (env. 100°C), l'énergie nécessaire à la fusion du plastique étant apportée par voie mécanique et non pas thermique. La farine de bois présentant une densité très faible (213 g/L), elle constitue un excellent isolant thermique. Le compoundage au moyen d'une extrudeuse, apportant donc l'énergie nécessaire à la fusion des polymères essentiellement par le biais d'un fourreau chauffant, serait très énergivore (ou alors il faudrait disposer d'une ligne spécifique (introduction du bois par vis gaineuse après la fusion des autres composants)).

Nous avons donc utilisé une unité industrielle de type Palltruder PSV250 (Figure 8) dotée d'un dispositif de dosage pondéral 3 voies (Figure 9).



Figure 8 : Unité de compoundage Palltruder 250



Figure 9 : Dispositif de dosage pondéral 3 voies (Colortronic) et système de commande

En plus des deux grades de matériaux destinés à l'extrusion moulage et au rotomoulage, nous avons réalisé deux formulations supplémentaires destinées à l'injection moulage, secteur qui, à nos yeux, présente un débouché important.

Référence formulation	Taux de bois DEA micronisé	Nature et taux de résine plastique	Lubrifiant	Additif
PE60-4	60%	PEHD MFI4, 31%	TPW113, 4%	Bondyram 5108, 5%
PE20-4	20%	PEHD MFI4, 71%	TPW113, 4%	Bondyram 5108, 5%
PP40-100	40%	PP MFI100, 51%	TPW113, 4%	Bondyram 1001, 5%
PP40-55	40%	PP MFI55, 51%	TPW113, 4%	Bondyram 1001, 5%

Tableau 3 : formulations réalisées

Le Tableau 3 résume les formulations ayant pu être produites. Le lubrifiant retenu, le Struktol TPW113, est un mélange d'esters d'acides gras présentant une faible polarité, ce choix est motivé par le recours à un agent de couplage comme additif, destiné à améliorer les performances mécaniques et limiter la reprise d'humidité future du composite. L'agent de couplage est du polyéthylène (5108) ou du polypropylène (1001) rendus polaires par greffage d'anhydride maléique.

Les premiers essais de compoundage se sont révélés infructueux, l'agglomération du polymère avec le bois ne se faisant pas. La raison était un mauvais choix de matrice, présentant une trop grande ouverture de passage matière, empêchant de fait la chauffe du mélange. Nous sommes passé d'une matrice comportant des perforations de 3,4 mm à 2,8 puis 2,5 mm.

Pour éviter la formation de trop de poussières, la grille du granulateur à chaud a été changée pour passer d'une maille de 6 mm à 10 mm.

Par sécurité, nous avons travaillé à un débit de 200 kg/h, soit la capacité minimale de la ligne. Celle ci pouvant produire, pour ce genre de matériau, à un débit compris entre 200 et 500 kg/h, raisonnablement autour de 300 kg/h en moyenne. L'aspect des matériaux obtenus est conforme à nos attentes (Figure 10). Nous préconiserons de travailler avec des matrices comportant moins de trous et ceux-ci présentant un diamètre de 3,2mm pour obtenir des granulés plus proches des granulés standard utilisés en plasturgie.



**Figure 10 : Prise d'échantillon de compound WPC au niveau de la mise en sacs en ligne**

Les 4 grades indiqués dans le Tableau 3 ont ainsi été obtenus. Les deux grades sur base polyéthylènes présentent une densité apparente de 315 g/L, les 2 grades sur base polypropylène présentent une densité apparente de 290 g/L.



**Figure 11 : Granulés de WPC (60%DEA-40% PEHD+additifs)**

Le grade destiné au rotomoulage (PEHD-20% Bois DEA) a ensuite été micronisé sur un microniseur (broyeur) de type Pallmann PLM 800 (Figure 12).



Figure 12 : Ligne de micronisation Pallmann PLM800

Le broyeur PLM800 repose sur le principe d'attrition : c'est à dire que les particules à broyer sont envoyées dans un tourbillon intense d'air, généré par la mise en rotation d'un rotor au centre de contrepales. Les particules s'entrechoquent conduisant ainsi à leur éclatement en particules plus fines, un dispositif de tamis internes permet de sélectionner la finesse des particules acceptable en sortie de ligne. Le choix de cette technologie a été motivé par le fait que le grand volume d'air brassé au cœur du broyeur refroidit la matière en cours de broyage. Dans notre cas, nous nous sommes ainsi assurés de ne pas provoquer la fusion de la phase polymère du composite.



Figure 13: Mise en sacs du composite PE20-4 micronisé

La poudre obtenue est fine et d'apparence homogène (Figure 13). Aucun souci technique n'est apparu pendant l'étape de micronisation.

Sur ce matériau micronisé nous avons mesuré la densité apparente, le taux d'humidité et la distribution granulométrique.

Le taux d'humidité mesuré est de **0,53 %**

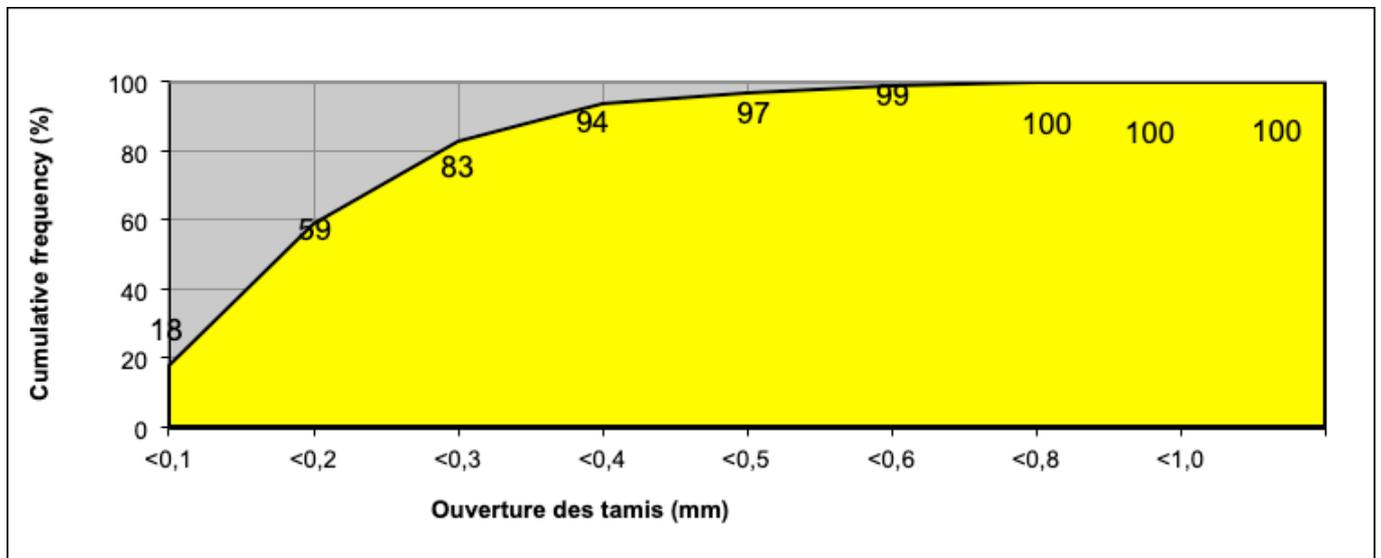
La densité apparente mesurée est de **266 g/L**

La distribution massique est portée dans le Tableau 4 et la Figure 14. Le diamètre médian **D50 se situe vers 200 µm.**

<b>% par fraction</b>	<b>mm</b>	<b>% accumulés</b>
0,0 %		100,0 %
0,0 %	<1,0	100,0 %
1,0 %	<0,8	100,0 %
2,0 %	<0,6	99,0 %
3,0 %	<0,5	97,0 %
11,0 %	<0,4	94,0 %
24,0 %	<0,3	83,0 %
41,0 %	<0,2	59,0 %
18,0 %	<0,1	18,0 %

Tableau 4 : répartition des fractions massiques en fonction des tailles de particules du WPC micronisé

Le débit moyen mesuré lors de cet essai était de **277 kg/h** pour un débit théorique de 346 kg/h.



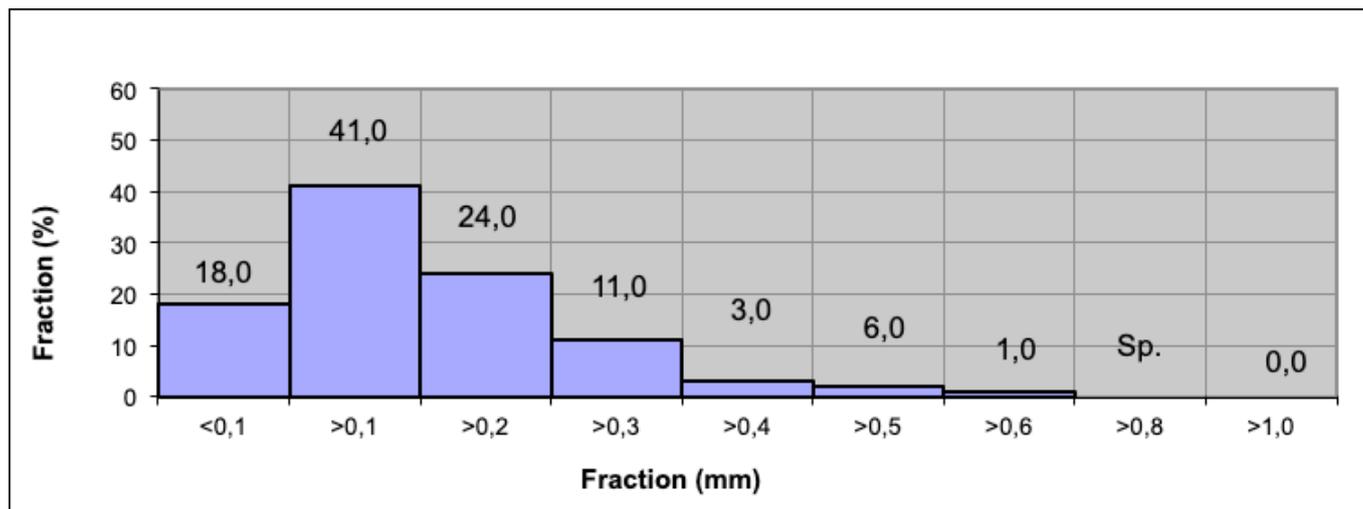


Figure 14 : Distribution granulométrique du WPC PE20-4 micronisé

### 3. Conclusions

Le déchet de DEA reçu a pu être broyé finement au moyen de broyeur à impacts. Si le taux d'humidité et la granulométrie de la matière brute ont permis de conduire les essais de broyage avec succès, la pollution du lot par des pièces métalliques – vis, ressorts... Cf. Figure 5 – a rendu la réalisation de l'essai particulièrement dangereuse.

En vue d'une industrialisation de la valorisation matière des DEA broyés, il sera impératif de s'assurer d'une **absence totale** de particules métalliques dans les lots de matière première.

La farine de bois ex-DEA obtenue a pu être compoundée sous forme de bois composite (WPC) en réalisant 4 grades (types) de matières sous forme de granulés :

- 1 grade Extrusion sur base polyéthylène (PEHD) chargé à 60% en masse de DEA ;
- 1 grade Rotomoulage sur base polyéthylène (PEHD) chargé à 20% en masse de DEA ;
- 2 grades Injection-moulage sur base polypropylène (PP) chargés à 40% en masse de DEA (les deux grades différant de par la fluidité à chaud de la matrice polymère).

Les débits mesurés lors des différentes étapes réalisées (broyage, compoundage et micronisation) peut être relevés de l'ordre de 15 % dans le cas d'une exploitation en continu.

Disposant désormais de matières thermoplastiques, les prochaines étapes seront les essais de mise en forme de celle-ci par rotomoulage, extrusion moulage et injection moulage. Puis viendront les essais de caractérisation des matières/produits obtenus avant de livrer notre analyse technico-économique des procédés mis en œuvre.