RAPPORT FINAL

- COMPTE RENDU DES ESSAIS
- RAPPORT DE SUIVI DES INDICATEURS
- PHOTOS ET VIDEOS

- ANALYSE ET PRECONISATIONS

ESSAIS PILOTE DE BROYAGE DE BIOMASSE FORESTIERE DE GUYANE SUR LES MATERIELS DISPONIBLES EN EUROPE

- BROYEUR FIXE SAALASTI
- BROYEUR FIXE PALLMANN
- BROYEUR MOBILE KOMPTECH
- BROYEUR MOBILE BANDIT

CdF INGÉNIERIE

SOMMAIRE

CHAPITRE 0 – Biomasse forestière de Guyane

CHAPITRE 1 – Les essais SAALASTI sur broyeur fixe SC1218HC chez Smurfit Kappa à BIGANOS

CHAPITRE 2 – Les essais PALLMANN sur broyeur fixe PHT chez Unilin à SEDAN

CHAPITRE 3 – Les essais KOMPTECH sur broyeur mobile AXTOR chez Lyaudet à St-JULIEN-PUY-LAVEZE

CHAPITRE 4 – Les essais BANDIT sur broyeur mobile BEAST 2680 chez Lyaudet à St-JULIEN-PUY-LAVEZE

CHAPITRE 5 – Synthèse - Analyses et préconisations

Table des matières

1. CHAPITRE 1 – ESSAIS SAALASTI 7

1.1. SAALASTI -CARACTERISTIQUES DU BROYEUR FIXE 8

1.2. MODALITES D'APPROVISIONNEMENT ET DEROULEMENT DU TEST 8

1.3. ESSAIS EN CHARGE 9

1.4. ÉCHANTILLONS 10

1.5. PUISSANCE ET ENERGIE 11

1.6. USURE 14

1.7. CAPACITE 15

1.8. SUIVI DES INDICATEURS 16

1.9. OFFRE BUDGETAIRE 17

1.10. CONCLUSION ESSAIS SAALASTI 18

2. CHAPITRE 2 – ESSAIS PALLMANN 20

2.1. PALLMANN - CARACTERISTIQUES DU BROYEUR FIXE 21

2.2. MODALITES D'APPROVISIONNEMENT ET DEROULEMENT DU TEST 23

2.3. ESSAIS EN CHARGE 24

2.4. ÉCHANTILLONS 25

2.5. PUISSANCE ET ENERGIE 40

2.6. USURE 42

2.7. CAPACITE 42

2.8. SUIVI DES INDICATEURS 43

2.9. OFFRE BUDGETAIRE 44

2.10. DRUM CHIPPER PHT – AMELIORATIONS ET/OU MODIFICATIONS A APPORTER 44

2.11. CONCLUSION ESSAIS PALLMAN 52

3. CHAPITRE 3 – ESSAIS KOMPTECH 53

3.1. KOMPTECH - CARACTERISTIQUES DU BROYEUR MOBILE 54

3.2. MODALITES D'APPROVISIONNEMENT ET DEROULEMENT DU TEST 59

3.3. ESSAIS EN CHARGE 60

3.4. ÉCHANTILLONS 63

3.5. PUISSANCE ET ENERGIE 63

3.6. USURE 64

3.7. CAPACITE 66

3.8. SUIVI DES INDICATEURS 67

3.9. ALTERNATIVES 68

3.10. OFFRE BUDGETAIRE 71

3.11. CONCLUSION ESSAIS KOMPTECH 73

4. CHAPITRE 4 – ESSAIS BANDIT 74

4.1. BANDIT - CARACTERISTIQUES DU BROYEUR MOBILE 75

4.2. MODALITES D'APPROVISIONNEMENT ET DEROULEMENT DU TEST 77

4.3. ESSAIS EN CHARGE 78

4.4. ÉCHANTILLONS 80

4.5. PUISSANCE ET ENERGIE 80
4.6. USURE 81
4.7. CAPACITE 85
4.8. SUIVI DES INDICATEURS 86
4.9. OFFRE BUDGETAIRE 87
4.10. CONCLUSION ESSAIS BANDIT 89
5. CHAPITRE 5 - SYNTHESE 91
5.1. PREAMBULE 92
5.2. SYNTHESE COMPARATIVE DES ESSAIS SUR BROYEURS FIXES 93
5.3. SYNTHESE COMPARATIVE DES ESSAIS SUR BROYEURS MOBILES 96
5.4. MAINTENANCE EN GUYANE 99
5.4.1. SAALASTI 99
5.4.2. PALLMANN 99
5.4.3. KOMPTECH 99
5.4.4. BANDIT 100
5.4.5. SYNTHESE 100
5.5. ASPECT CAPEX / OPEX 101
5.5.1. CAPEX 101
5.5.2. OPEX 102
5.6. ANALYSES ET PRECONISATIONS 103
5.6.1. ANALYSES 103

A. LES ESSAIS SUR BROYEURS FIXES 103

B. LES ESSAIS SUR BROYEURS MOBILES 104

5.6.2. PRECONISATIONS 105

TABLES DES ILLUSTRATIONS ET FIGURES

Figure 1 - Grumes testées sur broyeurs SAALASTI 1
Figure 2 - Lot de bois guyanais testé sur broyeur KOMPTECH 4
Figure 3- Lot de bois testés sur broyeur BANDIT 5
Figure 4 -Manutention des grumes 8

ESSAIS SAALASTI
Figure 5 - Détail grume balata 9
Figure 6 - Répartition des tailles de particules 11
Figure 7 - Puissance instantanée moteurs principaux - 1ère partie 12
Figure 8 - Puissance instantanée moteurs principaux - 2ème partie 12
Figure 9 - Puissance instantanée moteurs principaux - 3ème partie 13
Figure 10 - Avant les tests 14
Figure 11 - Après les tests 14

ESSAIS PALLMANN
Figure 12 – Ecorceur en entrée de ligne 21
Figure 13 - Vue générale de l'installation du chargement jusque vers le broyeur 22
Figure 14 - Situation idéale pour le hachoir avec une alimentation petits et moyens rondins 24
Figure 15 – Situation idéale pour le hachoir avec une alimentation gros rondins 25
Figure 16 – Enregistrements prise d'ampérage UNILIN (1) 40
Figure 17 -Enregistrements prise d'ampérage UNILIN (2) 41
Figure 18 - Visualisation des rouleaux d'introduction équipés de picots échangeables en cas d'usure 46
Figure 19 - Visualisation du rotor du hachoir 46
Figure 20 - Schéma d'un rotor à fixation mécanique par vis 47
Figure 21 - Schéma d'un rotor avec fixation par coins de serrage 47
Figure 22 - Système hydraulique pour débloquer les couteaux rotor maintenus par les coins de serrage 48
Figure 23 - Support pour réceptionner le couteau lors du chargement 48
Figure 24 -1 unique groupe hydraulique pour l'ensemble des fonctions de la machine 49
Figure 25 - Ancienne et nouvelle génération de groupe hydraulique 49
Figure 26 - Visualisation de la mise en oeuvre de protections en PEHD entre partie mobile et fixe au niveau de l'introduction 50
Figure 27 - Fixation des vis avec des rondelles Nord-Lock 51
Figure 28 - Nouveau guide latéral pour le capot supérieur 51

ESSAIS KOMPTECH
Figure 29 - Machine KOMPTEHC AXTOR 8012 sur chenilles 54
Figure 30 - Trémie et tambour d'alimentation AXTOR 8012 55

Figure 31 - Accès au rotor via convoyeur arrière 55
Figure 32 - Tambour avec 50% d'outils de coupe jetables 56
Figure 33 - Camion MAN 6 x 4 - 540 CV 56
Figure 34 - Fendeuse du camion Chippo 57
Figure 35 -Préparation avant essais 57
Figure 36 - Plaquettes de coupes jetables 58
Figure 37 - Système de remplacement des plaquettes de coupe 58
Figure 38 - Résultats du broyage 59
Figure 39 - Compteur Essai 2 60
Figure 40 - Compteur Essai 3 61
Figure 41 – Compteur Essai 4 62
Figure 42 - Plaquette avec gros arrachement 65
Figure 43 - Plaquettes sans arrachement particulier 65
Figure 44 - Rotor CHIPPO classique 68
Figure 45 - Rotor CHIPPO version AXTOR 69
Figure 46 - CHIPPO 5010 avec commande depuis la cabine du camion 69
Figure 47 - CHIPPO 5010 avec commande depuis la cabine de la grue 69
Figure 48- CHIPPO 8010 avec moteur autonome CAT de 780 CV 70
Figure 49 - CHIPPO avec chargement par goulotte 70
Figure 50 - CHIPPO avec chargement par convoyeur 70

ESSAIS BANDIT
Figure 51 – Broyeur BANDIT BEAST 2680 (1) 75
Figure 52 –Broyeur BANDIT BEAST 2680 (2) 76
Figure 53 - Tableau de bord broyeur BANDIT BEAST 77
Figure 54 - Couteau neuf (changé avant les essais) 82
Figure 55 -Rotor côté couteau arraché en début de l'essai 5 Ebène 82
Figure 56 - Couteau arraché en début de l'essai 5 Ebène 83
Figure 57 - Couteaux après démontage (1) 83
Figure 58- Couteaux après démontage (2) 84
Figure 59- Couteaux après démontage (3) 84

CHAPITRE 0

Biomasse forestière de Guyane

Préambule

Les essais SAALASTI sur broyeur fixe SC1218HC (SC pour SAALASTI CRUSH et HF pour Horizontal Cut) ont eu lieu chez Smurfit Kappa à BIGANOS en Gironde – Comptoir du Pin- le 20 janvier 2015 à 14:00.

Les essais PALLMANN sur broyeur fixe PALLMANN PHT 850 x 1 250 ont eu lieu chez Unilin à SEDAN - ZI Bazeilles- dans les Ardennes – le 10 février 2015 à 10:00.

Les essais KOMPTECH sur broyeur mobile Axtor ont eu lieu sur la plateforme Lyaudet INGEN'R à Saint-Julien-Puy-Lavèze dans le Puy de Dôme – le 12 février 2015 à 10:30.

Les essais BANDIT sur broyeur mobile Beast 2680 ont eu lieu sur la plateforme Lyaudet INGEN'R à Saint-Julien-Puy-Lavèze dans le Puy de Dôme – le 10 septembre 2015 à 10:00.

Biomasse forestière de Guyane

Les 4 essences de bois testés lors des essais **SAALASTI** sont :

-	Angélique	ρ(sec)=	760 kg/m^3	(9 grumes)
-	Ebène	ρ(sec)=	1 150 kg/m^3	(3 grumes)
-	Saint Martin rouge	ρ(sec)=	850 kg/m^3	(2 grumes)
-	Balata	ρ(sec)=	1 000 kg/m^3	(1 grume)

Le volume total est de 14.444 m^3 et le poids total est de 15.528 t.

Figure 1 - Grumes testées sur broyeurs SAALASTI

Les caractéristiques des bois testés sont listées dans le tableau suivant :

contener SEGU 732807-4 à l'attention de SMURFIT Kappa						
bille de bois d'œuvre tropical	l (cm)	D(cm)	V (m3)	Mv sec (kg/m3)	Mv vert (kg/m3)	Tonnage Max.
angélique 1	500	58	1,321	760	1000	1,321
angélique 2	400	45	0,636	760	1000	0,636
angélique 3	500	47	0,867	760	1000	0,867
angélique 4	400	40	0,503	760	1000	0,503
angélique 5	450	52	0,956	760	1000	0,956
angélique 6	450	60	1,272	760	1000	1,272
angélique 7	450	60	1,272	760	1000	1,272
angélique 8	500	63	1,559	760	1000	1,559
angélique 9	500	50	0,982	760	1000	0,982
saint martin rouge 1	500	60	1,414	850	1200	1,696
saint martin rouge 2	400	49	0,754	850	1200	0,905
balata 1	500	42	0,693	1100	1300	0,901
ébène 1	400	50	0,785	1100	1200	0,942
ébène 2	400	43	0,581	1100	1200	0,697
ébène 3	450	49	0,849	1100	1200	1,018
TOTAUX			**14,444**			**15,5281**

Les grumes ont une longueur comprise entre 5 et 6 mètres.
Les sections des troncs varient de 400 mm à 700 mm.

Les 4 essences de bois testés lors des essais **PALLMANN** sont :

- Angélique : 10 grumes
- Ebène : 2 grumes
- Saint Martin rouge : 1 grume
- Balata : 1 grume
- Wacapou : 1 grume

Le volume total est de 12.916 m^3 et le poids total est de 14.054 t.

Les caractéristiques des bois testés sont listées dans le tableau suivant :

contener SEGU 733045-1 à l'attention de UNILIN SAS						
bille de bois d'œuvre tropical	l (cm)	D(cm)	V (m3)	Mv sec (kg/m3)	Mv vert (kg/m3)	Tonnage Max.
angélique 1	500	54	1,145	760	1000	1,145
angélique 2	500	53	1,103	760	1000	1,103
angélique 3	450	45	0,716	760	1000	0,716
angélique 4	400	40	0,503	760	1000	0,503
angélique 5	500	50	0,982	760	1000	0,982
angélique 6	500	36	0,509	760	1000	0,509
angélique 7	500	36	0,509	760	1000	0,509
angélique 8	500	56	1,232	760	1000	1,232
angélique 9	400	45	0,636	760	1000	0,636
angélique 10	400	48	0,724	760	1000	0,724
saint martin rouge 1	400	60	1,131	850	1200	1,357
wacapou 1	500	36	0,509	920	1200	0,611
balata 1	500	65	1,659	1100	1300	2,157
ébène 1	400	40	0,503	1100	1200	0,603
ébène 2	400	58	1,057	1100	1200	1,268
TOTAUX			**12,916**			**14,05388**

Pour les essais de débit, un tronc d'angélique et un tronc de balata ont été utilisés.

Dimensions du rondin d'angélique :
480 mm (diamètre d'un des côtés) x 4300 mm x 530 mm (diamètre de l'autre côté du rondin)
Poids : 810 kg

Dimensions du rondin de balata :
630 mm (diamètre d'un des côtés) x 5000 mm x 770 mm (diamètre de l'autre côté du rondin)
Poids : 2100 kg.

Les 4 essences de bois testés lors des essais **KOMPTECH** sont :

- Angélique : 11 grumes
- Ebène : 2 grumes
- Saint Martin rouge : 2 grumes
- Balata : 1 grume

Le volume total est de 13.027 m^3 et le poids total est de 14.125 t.

Figure 2 - Lot de bois guyanais testé sur broyeur KOMPTECH

Les caractéristiques des bois testés sont listées dans le tableau suivant :

Test du 12 février 2015 à St-Julien-Puy-Lavèze						
Bille de bois d'œuvre tropical	l (cm)	D (cm)	V (m^3)	Mv sec (kg/m^3)	Mv vert (kg/m^3)	Tonnage Max.
angélique 1	400	45	0.636	760	1000	0.636
angélique 2	400	46	0.665	760	1000	0.665
angélique 3	450	44	0.684	760	1000	0.684
angélique 4	450	46	0.748	760	1000	0.748
angélique 5	450	46	0.748	760	1000	0.748
angélique 6	450	49	0.849	760	1000	0.849
angélique 7	500	50	0.982	760	1000	0.982
angélique 8	450	45	0.716	760	1000	0.716
angélique 9	450	46	0.748	760	1000	0.748
angélique 10	450	50	0.884	760	1000	0.884
angélique 11	400	36	0.407	760	1000	0.407
saint martin rouge 1	400	52	0.849	850	1200	1.019
saint martin rouge 2	400	70	1.539	850	1200	1.847
balata 1	400	58	1.057	1100	1300	1.374
ébène 1	500	52	1.062	1100	1200	1.274
ébène 2	400	38	0.454	1100	1200	0.544
TOTAUX			**13.027**			14.12465

Les 4 essences de bois testés lors des essais **BANDIT** sont :

- Angélique : 10 grumes
- Ebène : 3 grumes
- Saint Martin rouge : 2 grumes
- Balata : 1 grume
- Wacapou : 1 grume

Figure 3- Lot de bois testés sur broyeur BANDIT

Le volume total est de 13.06 m^3 et le poids total est de 14.24 t.

Les caractéristiques des bois testés sont listées dans le tableau suivant :

contener ECMU 250531-8 à l'attention de LYAUDET INGEN'R						
bille de bois d'œuvre tropical	l (cm)	D(cm)	V (m3)	Mv sec (kg/m3)	Mv vert (kg/m3)	Tonnage Max.
angélique 1	400	52	0,849	760	1000	0,849
angélique 2	400	54	0,916	760	1000	0,916
angélique 3	400	35	0,385	760	1000	0,385
angélique 4	400	52	0,849	760	1000	0,849
angélique 5	400	54	0,916	760	1000	0,916
angélique 6	400	58	1,057	760	1000	1,057
angélique 7	500	50	0,982	760	1000	0,982
angélique 8	400	30	0,283	760	1000	0,283
angélique 9	500	43	0,726	760	1000	0,726
angélique 10	500	38	0,567	760	1000	0,567
saint martin rouge 1	400	52	0,849	850	1200	1,019
saint martin rouge 2	400	60	1,131	850	1200	1,357
wacapou 1	450	40	0,565	920	1200	0,679
balata 1	500	42	0,693	1100	1300	0,901
ébène 1	450	42	0,623	1100	1200	0,748
ébène 2	500	38	0,567	1100	1200	0,680
ébène 3	500	53	1,103	1100	1200	1,324
TOTAUX			**13,063**			**14,2385**

En résumé, on peut caractériser les contenus en bois de la manière suivante :

- Analogues entre containers, quelques que soient les différences non significatives de tonnages et d'essences, pour une comparabilité suffisante des essais de broyage, au regard de l'économie de projet,

- Suffisamment diversifiés en types d'essences au regard des possibilités offertes par le contexte.

Au final, ces échantillons sont représentatifs, autant que faire se peut, des bois "durs" des forêts locales.

1. CHAPITRE 1 – Essais SAALASTI

Broyeur fixe SC1218HC

chez Smurfit Kappa à BIGANOS en Gironde

le 20 janvier 2015

ANNEXE 1-1 - Reportage photos
ANNEXE 1-2 - Vidéos
ANNEXE 1-3 - Spécifications techniques et coûts de maintenance

1.1. SAALASTI -Caractéristiques du broyeur fixe

Le type de broyeur utilisé pour les essais est un SAALASTI SC1218HC mis en exploitation en 2010.

La vitesse d'alimentation du tapis du broyeur est de 0,25 cm/s et la position d'attente du rouleau supérieur est à 350 mm de haut.

1.2. Modalités d'approvisionnement et déroulement du test

Une grue munie d'une pince dépose les grumes sur le tapis.

Figure 4 -Manutention des grumes

Un 1er lot de 4 grumes de bois d'Angélique petit diamètre a été déposé sur le tapis, puis un 2nd lot de de 5 grumes d'angélique gros diamètre et enfin un 3ème lot constitué de l'ensemble des autres essences de bois en respectant un ordre croissant de dureté.

Le chargement nécessite un homme. Selon le volume à traiter par jour, il est préférable de prévoir une 2ème personne pour assurer le volet administratif.
L'arrêt des moteurs est suivi par un quart d'heure d'inertie.

Le niveau de qualification requis pour les techniciens correspond à une demi-journée de formation (assurée par SAALASTI).

Le changement des couteaux requiert une heure à 2 personnes, à partir de l'arrêt des moteurs.
La fréquence de changement des couteaux reste à préciser en fonction des essais réalisés sur le bois d'eucalyptus, conditions plus défavorables que celles des bois guyanais.

La fraction non végétale du bois d'eucalyptus est de l'ordre de 3 à 4% (matières inorganiques) avec des pointes supérieures à 10%.
Les fibres d'eucalyptus sont tendres et longues, propices au blocage par coincement qui provoque une usure mécanique accélérée et notamment au niveau des couteaux ; ce qui impose un à deux changements par jour d'exploitation.
Ce bois est donc considéré comme celui le plus exigeant pour les broyeurs.
Les bois exotiques guyanais bien que beaucoup plus durs et denses, se montrent finalement plus aisément broyables par le matériel Saalasti.

1.3. Essais en charge

Dans le but de limiter le risque de dégâts sur le broyeur et afin de s'assurer que le broyage est réalisé correctement, les essais SAALASTI ont été séquencés en 3 phases : du bois le plus tendre et de petit diamètre au bois le plus dur et de sections importantes.

La 1ère phase de test est réalisée avec du bois d'angélique, petites sections
La 2nde phase de test est réalisée avec du bois d'angélique, grosses sections
La 3ème phase de test est réalisée avec du bois dur comprenant 1 grume de balata, 3 grumes d'ébène, et 2 grumes de Saint-Martin.

Sur une fenêtre de temps de quelques minutes, il est difficile de définir à quel moment a été broyé quel type de grume, et il est quasi impossible de déterminer exactement à quelle essence correspond le pic d'intensité.
Cependant, d'après les photos prises avant les tests, ce pic a de forte chance de correspondre au balata (rond bleu) car un des grumes était bien plus large que les autres (voir photo ci-dessous).

Figure 5 - Détail grume balata

Les tests en broyage se sont déroulés sur une trentaine de minutes. Le temps de broyage effectif est de 8 minutes 30 secondes pour une masse broyée de 16,4 tonnes.
Aucun problème majeur n'est survenu durant les tests.
Le broyage a pu se réaliser en continu ; les grumes étant chargées les unes derrières les autres.

1.4. Échantillons

L'homogénéité est déterminée par un contrôle visuel.
L'hygrométrie est mesurée sur place.

Des échantillons ont été récupérés afin d'analyser la granulométrie, l'hygrométrie.
La granulométrie et la teneur en matière inorganique ont été analysées pour chaque essence de bois à l'exception de Saint Martin rouge.

Pour la granulométrie et la concentration en matière inorganique (obtenue par combustion), un échantillon d'environ 15 litres est expédié au laboratoire SAALASTI en Finlande)

Bois d'angélique :

- Humidité : 35,42 %
- Granulométrie :

After Crushing	>Ø100mm	>Ø63mm	>Ø45mm	>Ø32mm	>Ø16mm	>Ø8mm	>Ø3mm	>Ø1mm	>Ø0mm	Sum
Weight [g]	0	0	47	55	280	820	1020	313	161	2696
Weight [%]	0,00 %	0,00 %	1,74 %	2,04 %	10,39 %	30,42 %	37,83 %	11,61 %	5,97 %	100,0 %

- Teneur en matière inorganique : 0,4 %

Bois d'ébène :

- Humidité : 22,31 %
- Granulométrie :

After Crushing	>Ø100mm	>Ø63mm	>Ø45mm	>Ø32mm	>Ø16mm	>Ø8mm	>Ø3mm	>Ø1mm	>Ø0mm	Sum
Weight [g]	0	0	38	120	933	1186	461	120	45	2903
Weight [%]	0,00 %	0,00 %	1,31 %	4,13 %	32,14 %	40,85 %	15,88 %	4,13 %	1,55 %	100,0 %

- Teneur en matière inorganique : 0,7 %

Bois balata :

- Humidité : 27,36 %
- Granulométrie :

After Crushing	>Ø100mm	>Ø63mm	>Ø45mm	>Ø32mm	>Ø16mm	>Ø8mm	>Ø3mm	>Ø1mm	>Ø0mm	Sum
Weight [g]	0	0	35	326	977	930	336	340	31	2975
Weight [%]	0,00 %	0,00 %	1,18 %	10,96 %	32,84 %	31,26 %	11,29 %	11,43 %	1,04 %	100,0 %

- Teneur en matière inorganique : 0,8 %

La granulométrie obtenue est conforme au P63 pour toutes les essences échantillonnées, voire inférieure.

Le transport et le mode de stockage a permis des tests de bois très sec. De ce fait, la granulométrie est plus petite que si les tests avaient été effectués avec du bois vert.
En particulier, la répartition sur les fines (<3mm) est bien moins importante avec du bois vert.

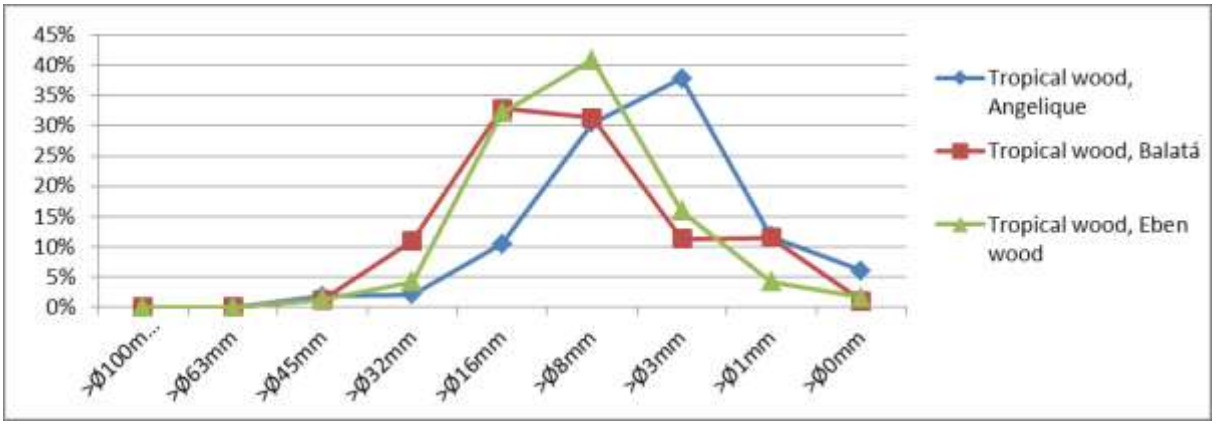


Figure 6 - Répartition des tailles de particules

Bois de Saint-Martin rouge

Avec une seule grume de Saint-Martin disponible, aucun échantillon de cette seule essence n'a été récupéré.
Après observation des sacs d'échantillon, il a été constaté que le Saint-Martin a été mélangé avec la(es) grume(s) précédente(s) ou suivante(s).
Par conséquent, aucune analyse ciblée (granulométrie, humidité) sur cette essence n'a pu être fournie.

1.5. Puissance et énergie

Les courbes de puissances ont été enregistrées sur l'ensemble des tests du matériel SAALASTI.
Les courbes ci-dessous ont été découpées par tranches de 4 minutes, correspondant aux différentes séquences des tests.

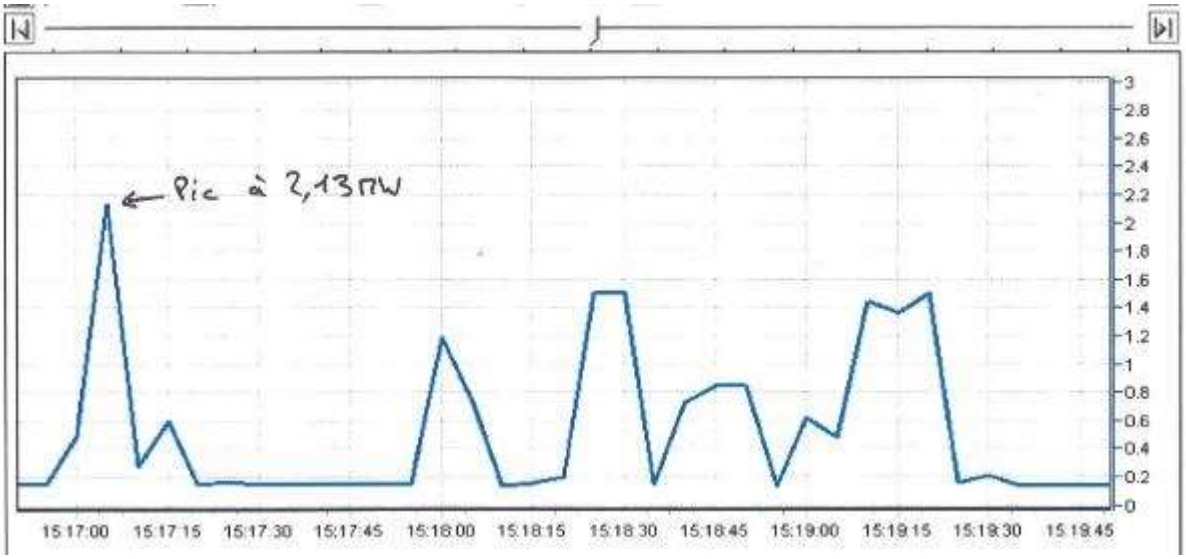


Figure 7 - Puissance instantanée moteurs principaux - 1ère partie

Puissance moyenne = 700 kW
Pic de puissance = 2,13 MW
Énergie consommée = 47 kWh

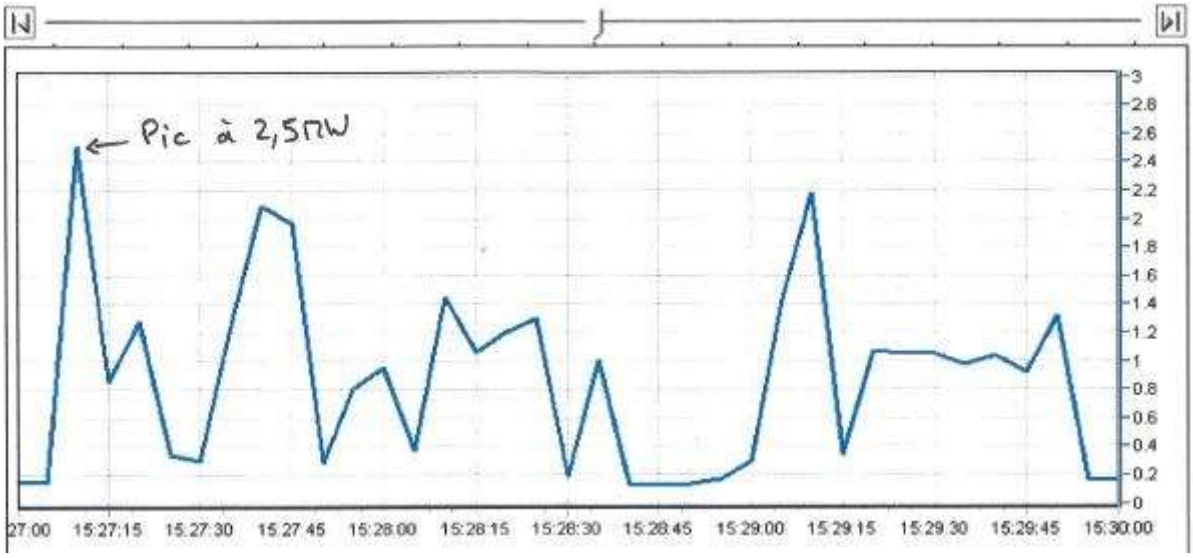


Figure 8 - Puissance instantanée moteurs principaux - 2ème partie

Puissance moyenne = 1 MW
Pic de puissance = 2,5 MW
Énergie consommée = 67 kWh

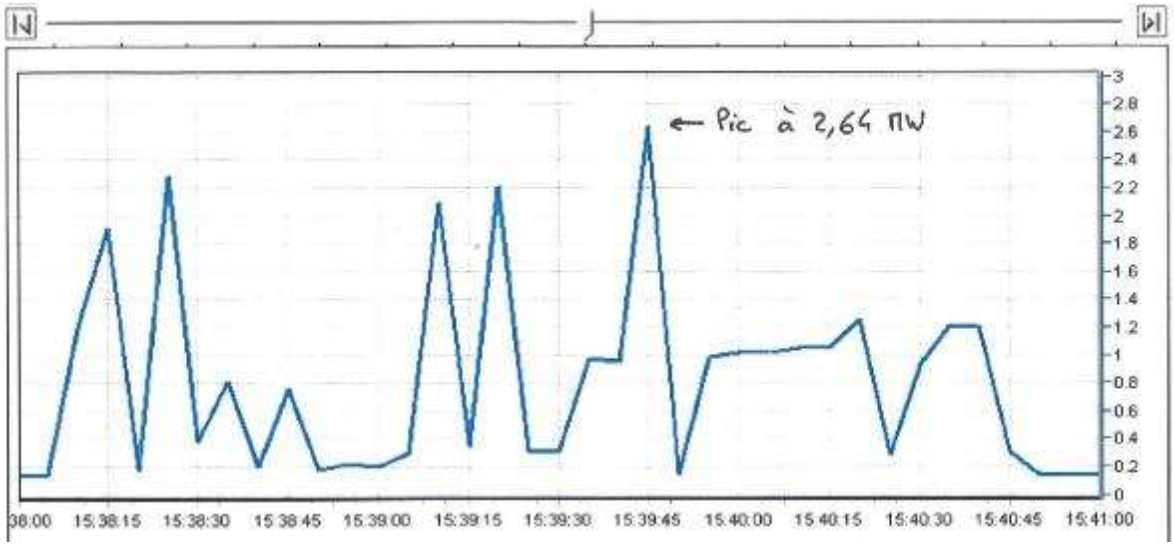


Figure 9 - Puissance instantanée moteurs principaux - 3ème partie

Puissance moyenne = 1,1 MW
Pic de puissance = 2,64 MW
Énergie consommée = 73 kWh

Sur l'ensemble des tests, la consommation énergétique a été de 11,4 kWh/tonne (AR), soit 15,9 kWh/tonne sèche.
Ces résultats sont cohérents si on compare la consommation du même broyeur sur des bois tendres européens (12,5 kWh / tonne sèche).

La puissance instantanée maximale enregistrée est un peu inférieure à 2 fois la puissance nominale du broyeur (1,4 MW).
La puissance, ainsi que l'inertie du rotor pour broyer l'ensemble des bois durs testés sont suffisantes et ainsi démontrées.

En outre, la puissance moyenne relevée est toujours inférieure à la puissance nominale du broyeur (entre 0,5 et 0,8 Pnominale), qui correspond à la plage de fonctionnement optimale.

La tension d'alimentation sur les moteurs principaux est de 3 200 V (intensité nominale est de 155,8 A/moteur soit une puissance nominale de 710 kW par moteur).

La puissance nominale du « rotor » est donc de 2 x 710 kW = 1,42 MW.

Durant le broyage, la puissance peut monter jusqu'à 2 x Pnominale, soit 2,84 MW pendant 2 secondes, puis le programme du broyeur réduit la vitesse d'alimentation des grumes.
L'intensité limite (en pointe très ponctuelle) dépend de chaque installation (transformateur électrique).
Dans tous les cas, il est possible de monter jusqu'à au moins 4 x Pnominale, car c'est la puissance minimale pour le démarrage des moteurs.

1.6. Usure

L'état du broyeur SAALASTI a été inspecté visuellement avant et après les tests.
Les outils de coupe ont été changés et mesurés avant les tests, et une nouvelle mesure a été effectuée après les essais.

Vu le faible tonnage broyé lors de ces tests, aucun signe d'usure n'a été pu être constaté sur les pièces d'usure (y compris sur les outils de coupe, voir photos ci-dessous).

Figure 10 - Avant les tests

Figure 11 - Après les tests

Le tranchant des lames se situe à environ 33 mm de la clampe de serrage avant et après les tests.

D'après le taux de matière inorganique contenu dans le bois analysé (< 1%), l'usure des outils de coupes serait comparable à l'usure sur des bois de type européens.

Néanmoins, il est difficile de fournir des estimations chiffrées (en tonnes sèches / lame de coupe) sur la base de ces tests.

1.7. Capacité

La capacité moyenne atteinte pendant les tests du matériel SAALASTI est de 115 tonnes (As Received)/heure.
En prenant en compte l'humidité moyenne des échantillons (28,5%), la capacité atteinte durant les essais est de 82,2 tonnes (sèches)/heure.

Le débit instantané maximum relevé sur la balance placée sur le convoyeur de sortie est de l'ordre de 250 tonnes (AR)/ heure (178 tonnes sèches/heures).

Le tapis d'approvisionnement dispose d'une longueur de 7.50 m et les modules mesurent 2.50 m. Il y la possibilité d'ajouter le nombre de modules souhaité.

Dans ces conditions, le débit semble essentiellement lié aux modalités d'approvisionnement et au diamètre de la grume.

En revanche, la dureté des grumes a une influence sur la consommation électrique et sur l'usure des couteaux à terme.
Pour l'aspect électrique, ceci est visible en termes de pics au travers de leur amplitude et sur la puissance moyenne appelée et par suite sur l'énergie consommée.

1.8. Suivi des indicateurs

Les principaux indicateurs renseignés lors des essais pilote SAALASTI sont présentés dans le tableau suivant :

Indicateurs	Notation	Observations
TECHNIQUE		
Type de bois traitable	+	Qualité + représentative Quantité - insuffisante
Fixe / mobile	+	fixe
Alimentation thermique / électrique	+	électrique
Dimensions (H, L, l)	+	2 662 x 5 570 x 5 295 (broyeur testé)
Poids	+	45 000 kg
Couteaux	+	x4
Puissance (kW)	+	1 000 kW
Capacité	+ +	
Rendement horaire (t/h)	+ +	82.2 t/h
Productivité	+ +	
Usure constatée des pièces après broyage	+ +	Non significatif
Qualité du produit en sortie : - granulométrie (dimension de particules), - homogénéité	+ +	
Dispositifs de sécurité	+	
Outils disponibles et facilité de changement	+	
Entretien (et outils nécessaires)	+	
Options :		
Pré-broyage		En option
ECONOMIQUE		
Temps passé homme	+	
Niveau de qualification requis	+	
Consommation énergétique	+	
Equilibre CAPEX/OPEX	+	s/couvert volume à traiter suffisant
SAV Guyane		Saaalsti
Montant de l'investissement	+	s/couvert volume à traiter suffisant

<u>Symbolisation de la notation des critères</u> :

+ + optimisé
+ adapté
= moyen
- peu adapté
- - pas adapté

1.9. Offre budgétaire

Suite à l'analyse des résultats des essais réalisés sur broyeur Saalasti SC1218HC, il est préconisé un broyeur de type SAALASTI CRUSH 1212 HF, plus adapté aux besoins potentiels des clients de Guyane.

Les caractéristiques principales du broyeur préconisé sont les suivantes :

Broyeur:	2) Saalasti Crush 1212 HF	
Rotor:	4	Couteaux de broyeur
Moteur:	1000	[kW]
Capacité:	50000	[BDT/an]
Matériel:	Chêne	[Principalement]
Taille:	P63	ISO-17225-1_2014

Le bois dur tropical enregistre 50 t/h (BD) = 125 m^3 volume/h
La conception permet le broyage de rondins jusqu'au diamètre 450 mm (possibilité jusqu'au diamètre 700 mm).

Les caractéristiques techniques détaillées sont fournis en annexe 1-3.

Offre de prix du broyeur Saalasti crush 1212 HF:

Saalasti Crush 1212 HF Dual motor drive 1,00 pcs	:	418 245,00 €
Biomass Feeder 12250 mm (SC 1212 HF) 1,00 pcs	:	175 906,00 €
Metal Detector 1,00 pcs	:	11 078,00 €
Automation 1,00 pcs	:	66 834,00 €
Multilube Central Lubrication System 1,00 pcs	:	8 681,00 €
Special embedded steel structures 1,00 pcs	:	4 498,00 €
Special embedded steel structures of the Saalasti Chipper 1212 H		
Special tools 1,00 pcs	:	8 380,00 €
Total weight: 37000.00 Kg		
Products total	**:**	**693 622,00 €**

Coûts de maintenance estimés lors du traitement du mélange de matériaux

Material spec:	Pourcentage	[BDT/an]
Bois rond, eucalyptus et bois dur	100 %	50000
Bois rond, bois tendre	0 %	0
Fagots d'eucalyptus Ø800mm max	0 %	0
Fagot maritime, frais, Ø800mm max	0 %	0
Fagot nordique, stocké, Ø800mm max	0 %	0
Branches vrac	0 %	0
Souches tranchées, Lmax=2000mm	0 %	0
Souches pré-tranchées, Lmax=1000mm	0 %	0
Matériel vrac spécial	0 %	0
Total	100 %	50000

Calcul des coûts de maintenance basé sur des pièces d'usure sélectionnées :

1) K52-407 Ensemble_de_couteaux_de_broyeur	BDT/pièce	Pièces	BDT/ changement	Prix	Prix de reconstruction	Quantités de reconstruction	[€/BDT]
Contre-lames (1ère rangée)	1714	4	6857	374			0,22
Contre-lames (2e rangée)	1714	4	6857	287			0,17
Plaque d'usure de la plaque d'enclume	11771	1	11771	1520			0,13
Ensemble de criblage, soudage de réparation	120714	1	120714	4023	3440		0,03
Couteau de broyeur	76	4	306	158	10	7	0,43
Porte-couteau	13714	4	54857	1146			0,08
Attache-couteau	6857	4	27429	368			0,05
						Total	1,11

Merci de noter que les coûts du travail de la maintenance de routine n'ont pas été pris en compte dans les calculs. Cependant, merci de prendre en compte les estimations de temps de travail selon les spécifications ci-dessous.	Temps de travail [h/changement] avec des groupes de 2 hommes	Heures/ an
Temps de travail pour changer la grille de criblage	4	2
Temps de travail pour changer la plaque d'usure de la plaque d'enclume	3,5	15
Temps de travail pour changer l'ensemble des contre-lames	3	22
Temps de travail pour changer l'ensemble des couteaux de broyeur	1	164
	Total	202

1.10. Conclusion Essais SAALASTI

L'installation mise à disposition pour les essais, s'est avérée vraiment adaptée.

En effet, il a été possible de la préparer et de la configurer pour les essais, notamment en changeant les couteaux, mais aussi en effectuant les essais en dehors de l'exploitation habituelle du site et donc en effectuant l'ensemble des essais à suivre en pratiquant par regroupements des grumes et en choisissant leur chronologie de passage. L'introduction des grumes guyanaise a été effectuée directement en entrée du second broyeur de la ligne.

Ainsi, le broyage a été effectué en continu.

La capacité moyenne atteinte pendant les tests est de 115 tonnes (AR)/heure.
Avec une humidité moyenne des échantillons de 28,5 %, la capacité atteinte lors des essais est de 82,2 tonnes (sèches)/heure.

Le débit instantané maximum est de l'ordre de 250 tonnes (AR)/ heure (178 tonnes sèches/heures).
Dans les conditions du test, le débit semble essentiellement lié aux modalités d'approvisionnement et au diamètre de la grume, tandis que la dureté des bois, elle, ne semble pas impacter le débit.

Sur l'ensemble des tests, la consommation énergétique a été de 11,4 kWh/tonne (AR), soit 15,9 kWh/tonne sèche (référence bois tendres européens : 12,5 kWh / tonne sèche.
L'adéquation de la puissance, ainsi que celle de l'inertie du rotor pour broyer l'ensemble des bois durs testés ont été ainsi démontrées.

En outre, les bois exotiques guyanais, beaucoup plus durs et denses que le bois d'eucalyptus considéré comme le plus exigeant pour les broyeurs, se montrent finalement plus aisément broyables par le matériel Saalasti.

La puissance moyenne relevée est toujours inférieure à la puissance nominale du broyeur (entre 0,5 et 0,8 Pnominale).

D'après le taux de matière inorganique contenu dans le bois analysé (< 1%), l'usure des outils de coupes serait comparable à l'usure sur des bois de type européen, bien qu'il soit difficile de chiffrer en tonnes sèches / lame de coupe, eu égard au volume de bois restreint disponible pour ces essais.

Ceci étant, les bois les plus durs (ébène et balata) ressortent avec un pourcentage de matière inorganique respectivement de 0.7% et 0.8% pour un résultat inférieur 0.4% concernant l'angélique.

Dans cette perspective, l'installation présentée nous a fourni une information pertinente sur l'aspect usure des couteaux.

Malgré l'implantation d'un pré-broyage en ligne pour permettre le broyage de souches en plus de grumes, la fréquence de changement des couteaux sur le second broyeur de cette ligne, a quand même été augmentée par rapport à celle obtenue avec la ligne simple utilisée uniquement pour les grumes.

Ceci est d'autant plus important que le rendement cadence de la nouvelle ligne pré-broyage/broyage est inférieur à celui de la ligne broyeur simple pour grumes.

- Ligne pré-broyeur-broyeur souches-grumes : 1 000 t/j et 1 changement de couteaux par jour.
- Ligne simple broyeur souches : 1 250 t/j et 1 changement de couteaux tous les 2 jours.

Ce résultat montre que l'usure des couteaux est concernée par la dureté du bois à broyer, et qu'il faut rester prudent sur la consommation des couteaux pour l'exploitation d'un broyeur en Guyane avec des grumes dures.

2. CHAPITRE 2 – Essais PALLMANN

Broyeur fixe PHT

chez Unilin à SEDAN dans les Ardennes

le 10 février 2015

ANNEXE 2-1 - Reportage photos
ANNEXE 2-2 - Vidéos
ANNEXE 2-3 - Spécifications techniques

2.1. PALLMANN - Caractéristiques du broyeur fixe

Le type de broyeur utilisé pour les essais est un PALLMANN PHT 850 x 1 250 mis en service en 1998.

Le rotor est de type 4 couteaux à fixation mécanique et le diamètre du rotor est de 2 000 mm.
La vitesse de rotation du rotor est de 270 à 300 tr/mn.
La puissance installée du moteur est de 900 kW.
La machine dispose de 7 rouleaux supérieurs et de 7 rouleaux inférieurs.
La puissance installée des rouleaux d'introduction est de 18.5 kW (sans freins).

L'alimentation en bois est de type couloir vibrant.
La longueur de coupe est de 25 à 30 mm.

La grille présente une dimension de 80 x 80.

La tension du réseau est de 10 000 volts.

Figure 12 – Ecorceur en entrée de ligne

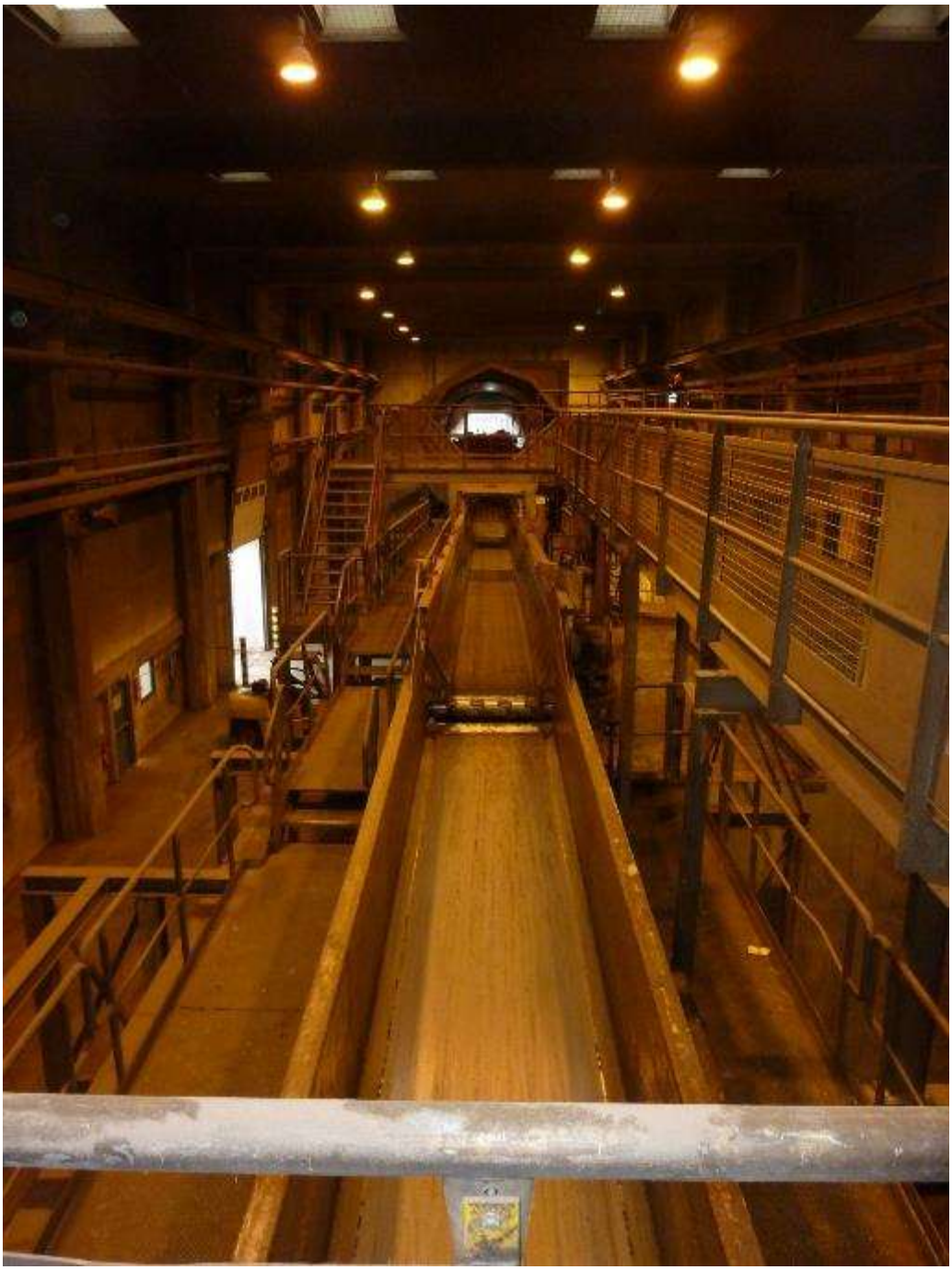


Figure 13 - Vue générale de l'installation du chargement jusque vers le broyeur

2.2. Modalités d'approvisionnement et déroulement du test

Les rondins traités chez Unilin sont majoritairement des bois durs (hêtre, chêne, etc.) avec un diamètre maximal de 500 mm et une longueur maximale de 6000 mm.
Les couteaux sont remplacés quotidiennement après 2500 t de matière passée.

Lors des essais du matériel PALLMANN chez Unilin le 10 février 2015, les conditions climatiques sont caractérisées par une température de 17°C à l'intérieur du bâtiment et une pression atmosphérique de 1032 mbar.

Préparation de la machine pour les essais et méthodologie :

- Un check-up préalable du hachoir est réalisé.
- Les couteaux rotor et le couteau stator sont en bon état (fraichement affutés). Pour information, les couteaux sont changés quotidiennement (essentiellement passage de bois durs (hêtres, chênes) et de résineux.
- Un enregistrement de la puissance absorbée pendant le broyage est effectué, avec le bois exotique et le bois habituel, afin de disposer d'un comparatif.
- Pour connaitre le débit momentané, les rondins sont numérotés, pesés et chronométrés lors du passage dans le hachoir.
- La grille actuellement en place est une grille de 80 x 80 mm, ce qui correspond à un résultat de plaquettes entre 20 et 40 mm.
- Après les essais, un sac de plaquettes est analysé afin de mesurer le taux d'humidité, la répartition granulométrique et la densité. Voir chapitre 16.

2.3. Essais en charge

Le passage des rondins dans le hachoir a nécessité environ 20 secondes par rondin en moyenne.

Barre gabarit d'entrée

Sur les figures 3 et 4 ci-dessous, le capot supérieur mobile avec les rouleaux d'introduction est pratiquement à l'horizontale ou quasi parallèle aux rouleaux d'introduction inférieurs.

Il n'y a plus un cône d'entrée, mais pratiquement un canal d'entrée vers le rotor du hachoir.

Ce cas de figure s'est présenté chez UNILIN lors des essais. Comme le hachoir UNILIN n'est pas équipé de picots ni de motoréducteurs au niveau des rouleaux d'introduction avec freins, les troncs (hypothèse de configuration de la figure 14) ne sont pas assez retenus et, de ce fait, même en cas de déclenchement de surintensité du moteur principal, ils continuent à avancer et peuvent provoquer une disjonction (cas avéré lors des essais).

A ce phénomène s'ajoute l'usure des dents sur les segments des rouleaux d'introduction, légèrement arrondies, qui permet également le dérapage des rondins, surtout dans ce cas de bois très durs.

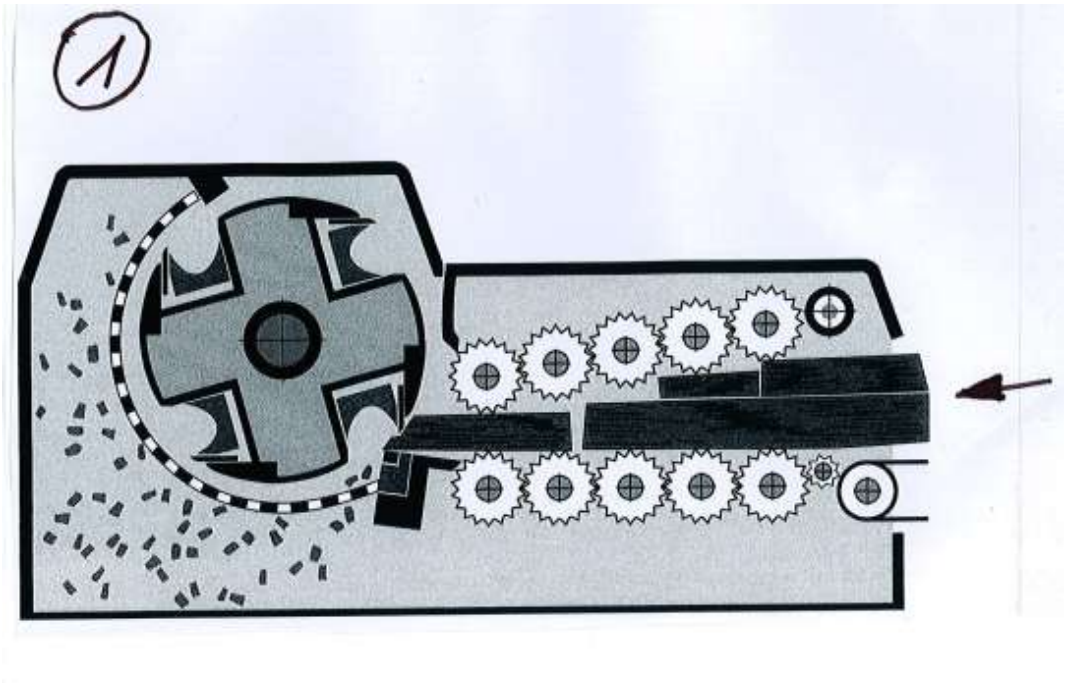


Figure 14 - Situation idéale pour le hachoir avec une alimentation petits et moyens rondins

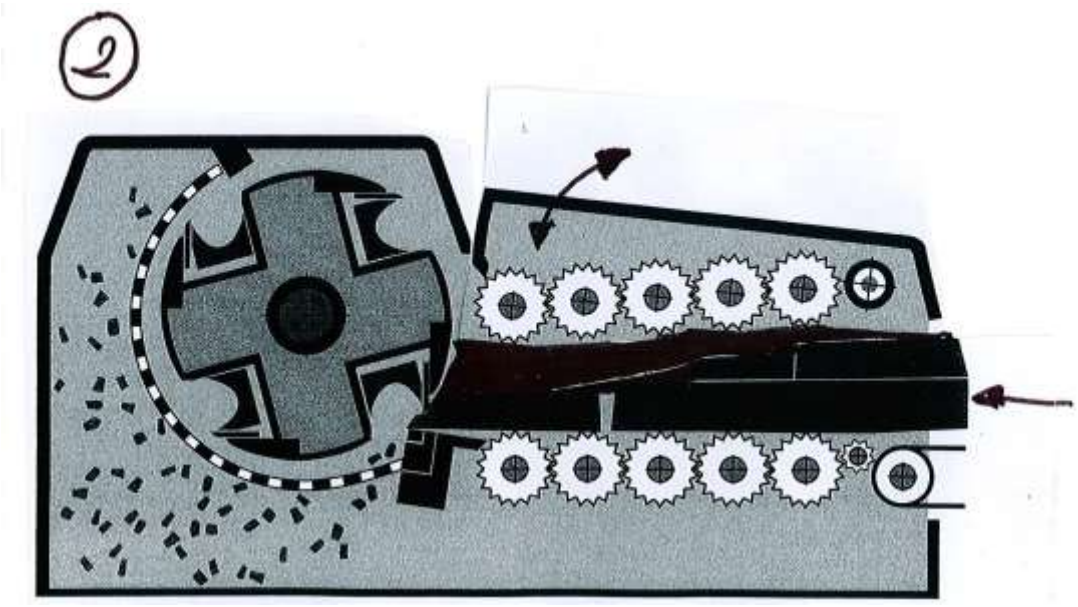


Figure 15 – Situation idéale pour le hachoir avec une alimentation gros rondins

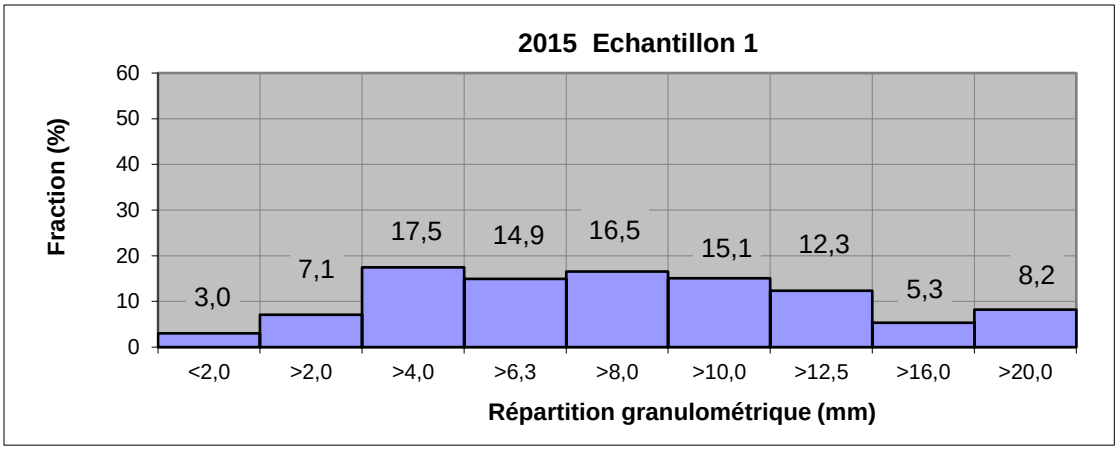
En outre, chez UNILIN, le groupe hydraulique est d'ancienne génération (1998).

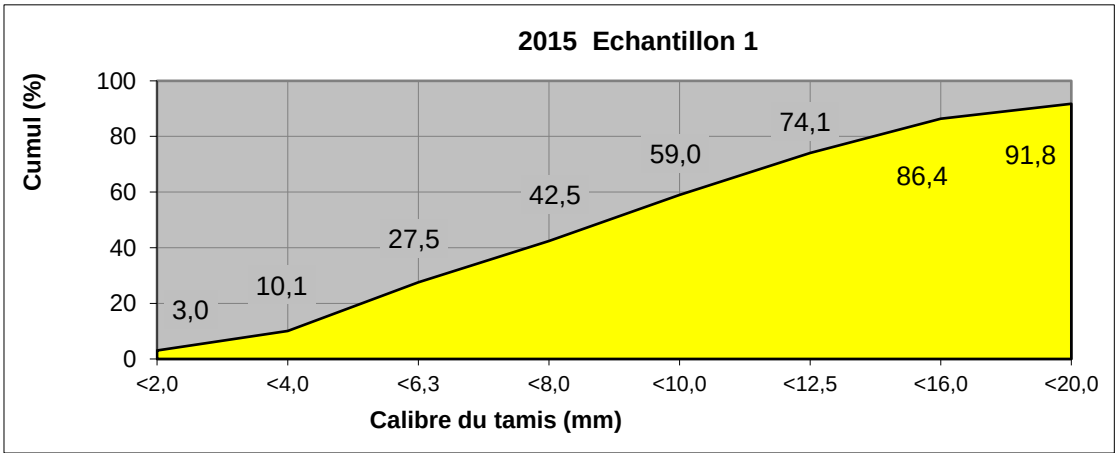
2.4. Échantillons

Les 1ers éléments des résultats des analyses granulométriques des différents échantillons prélevés lors des essais du matériel PALLMANN chez UNILIN à Sedan, ainsi que la densité apparente et le taux d'humidité pour chaque type de bois, sont précisés dans les tableaux ci-après.

ESSAI N° 1

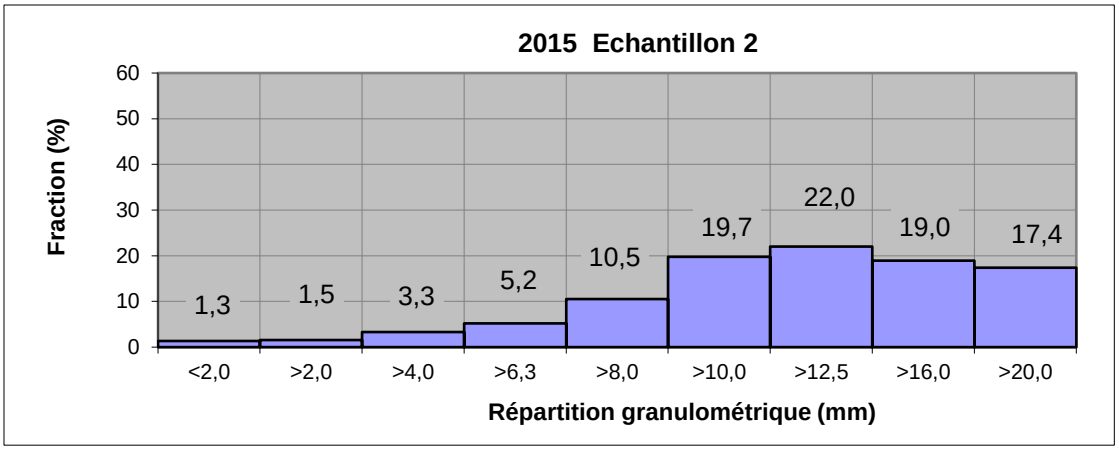
Date: 20/02/2015	**Machine:**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis:			
Matériel:	**Echantillon 1**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité:	185.6 g		
Opérateur: *D. Falk*	Temps:	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	15.3 g	**8.2 %**		
>16,0	9.9 g	**5.3 %**	<20,0	**91.8 %**
>12,5	22.9 g	**12.3 %**	<16,0	**86.4 %**
>10,0	28.0 g	**15.1 %**	<12,5	**74.1 %**
>8,0	30.7 g	**16.5 %**	<10,0	**59.0 %**
>6,3	27.7 g	**14.9 %**	<8,0	**42.5 %**
>4,0	32.4 g	**17.5 %**	<6,3	**27.5 %**
>2,0	13.1 g	**7.1 %**	<4,0	**10.1 %**
<2,0	5.6 g	**3.0 %**	<2,0	**3.0 %**
Total:	185.60	100.00		
Test N°	**Echantillon 1**			
(10 Ø) / Matériel recyclé				
u- Humidité	**49.24%**			
Densité (g/l):	Env. 364 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u= 62,04%			
Capacité (kg/h):	0 kg/h			
Capacité (kg/h B.D.)	0 kg/h			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			

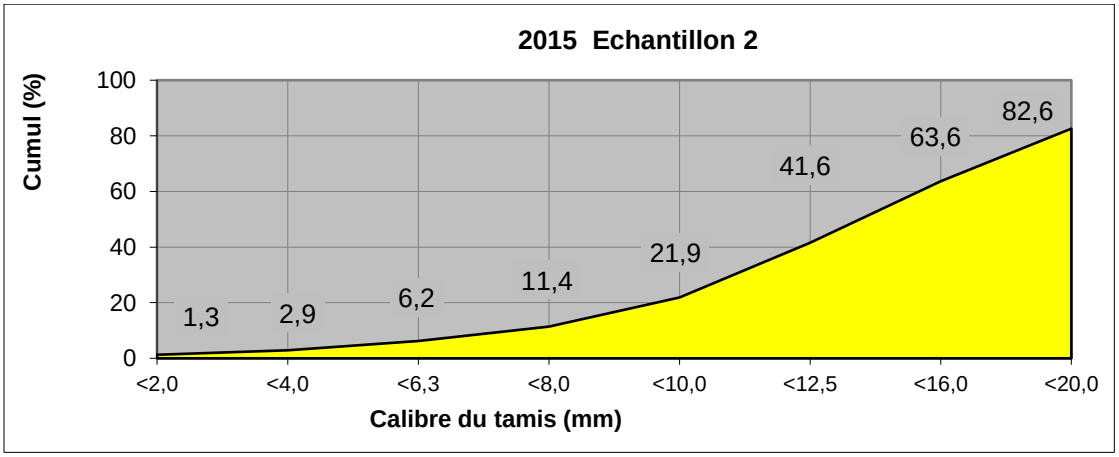

2015 Echantillon 1
Fraction (%)
60
50
40
30
20
10
0
3,0
7,1
17,5
14,9
16,5
15,1
12,3
5,3
8,2
<2,0
>2,0
>4,0
>6,3
>8,0
>10,0
>12,5
>16,0
>20,0
Répartition granulométrique (mm)


2015 Echantillon 1
Cumul (%)
100
80
60
40
20
0
3,0
10,1
27,5
42,5
59,0
74,1
86,4
91,8
<2,0
<4,0
<6,3
<8,0
<10,0
<12,5
<16,0
<20,0
Calibre du tamis (mm)

ESSAI N° 2

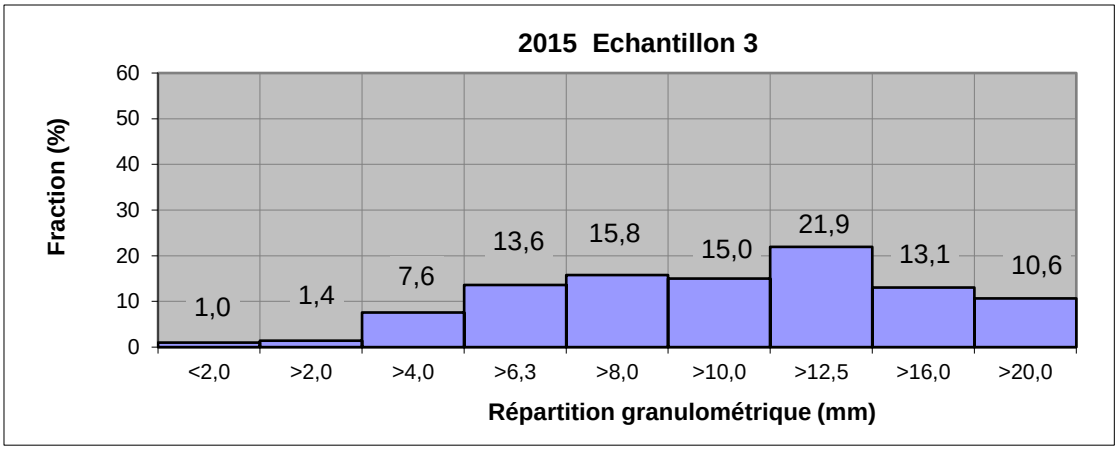
Date: 20/02/2015	**Machine:**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis			
Matériel:	**Echantillon 2**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité	189.4 g		
Opérateur: D .Falk	Temps	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	33.0 g	**17.4 %**		
>16,0	35.9 g	**19.0 %**	<20,0	**82.6 %**
>12,5	41.7 g	**22.0 %**	<16,0	**63.6 %**
>10,0	37.4 g	**19.7 %**	<12,5	**41.6 %**
>8,0	19.9 g	**10.5 %**	<10,0	**21.9 %**
>6,3	9.8 g	**5.2 %**	<8,0	**11.4 %**
>4,0	6.3 g	**3.3 %**	<6,3	**6.2 %**
>2,0	2.9 g	**1.5 %**	<4,0	**2.9 %**
<2,0	2.5 g	**1.3 %**	<2,0	**1.3 %**
Total	189.40	100.00		
Test N°	**Echantillon 2**			
(10 Ø) / Matériel recyclé				
u- Humidité:	**56.88%**			
Densité (g/l):	environ 364 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u= 64,46%			
Capacité (kg/h):	Quantité insuffisante			
Capacité (kg/h B.D.)	NR			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			

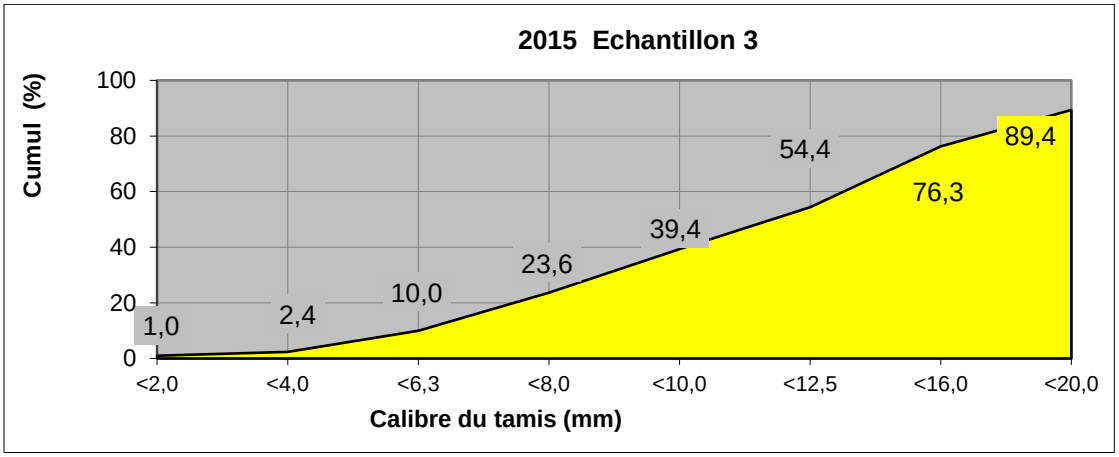

2015 Echantillon 2
Fraction (%)
60
50
40
30
20
10
0
1,3
1,5
3,3
5,2
10,5
19,7
22,0
19,0
17,4
<2,0
>2,0
>4,0
>6,3
>8,0
>10,0
>12,5
>16,0
>20,0
Répartition granulométrique (mm)


2015 Echantillon 2
Cumul (%)
100
80
60
40
20
0
1,3
2,9
6,2
11,4
21,9
41,6
63,6
82,6
<2,0
<4,0
<6,3
<8,0
<10,0
<12,5
<16,0
<20,0
Calibre du tamis (mm)

ESSAI N° 3

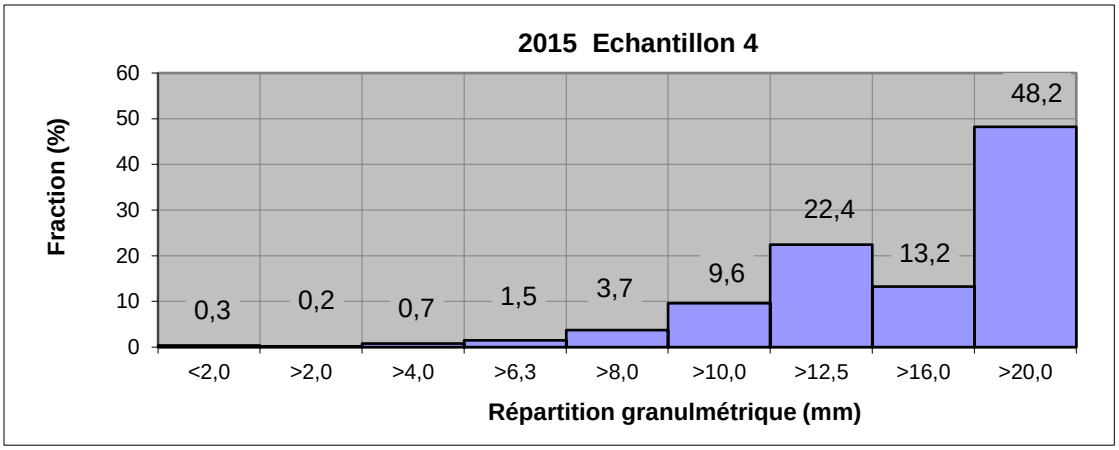
Date 20/02/2015	**Machine**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis			
Matériel:	**Echantillon 3**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité:	236.7 g		
Opérateur: *D.Falk*	Temps	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	25.2 g	**10.6 %**		
>16,0	30.9 g	**13.1 %**	<20,0	**89.4 %**
>12,5	51.9 g	**21.9 %**	<16,0	**76.3 %**
>10,0	35.5 g	**15.0 %**	<12,5	**54.4 %**
>8,0	37.3 g	**15.8 %**	<10,0	**39.4 %**
>6,3	32.2 g	**13.6 %**	<8,0	**23.6 %**
>4,0	18.0 g	**7.6 %**	<6,3	**10.0 %**
>2,0	3.4 g	**1.4 %**	<4,0	**2.4 %**
<2,0	2.3 g	**1.0 %**	<2,0	**1.0 %**
Total	236.70	100.00		
Test N°.:	**Echantillon 3**			
(10 Ø) / Matériel recyclé				
u- Humidité	**31.57%**			
Densité (g/l):	401 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u= 62,78%			
Capacité (kg/h):	Quantité insuffisante			
Capacité (kg/h B.D.)	NR			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			

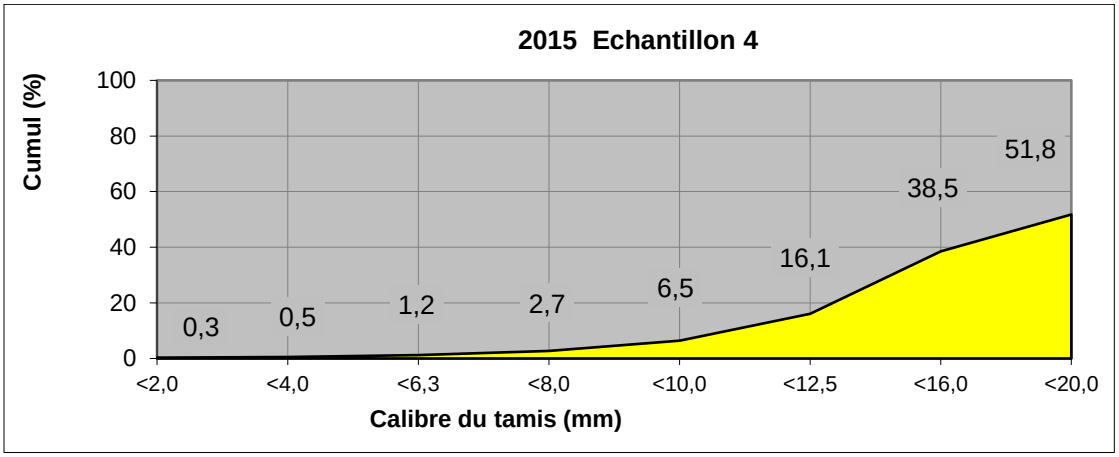

2015 Echantillon 3
Fraction (%)
60
50
40
30
20
10
0
1,0
1,4
7,6
13,6
15,8
15,0
21,9
13,1
10,6
<2,0
>2,0
>4,0
>6,3
>8,0
>10,0
>12,5
>16,0
>20,0
Répartition granulométrique (mm)


2015 Echantillon 3
Cumul (%)
100
80
60
40
20
0
1,0
2,4
10,0
23,6
39,4
54,4
76,3
89,4
<2,0
<4,0
<6,3
<8,0
<10,0
<12,5
<16,0
<20,0
Calibre du tamis (mm)

ESSAI N° 4

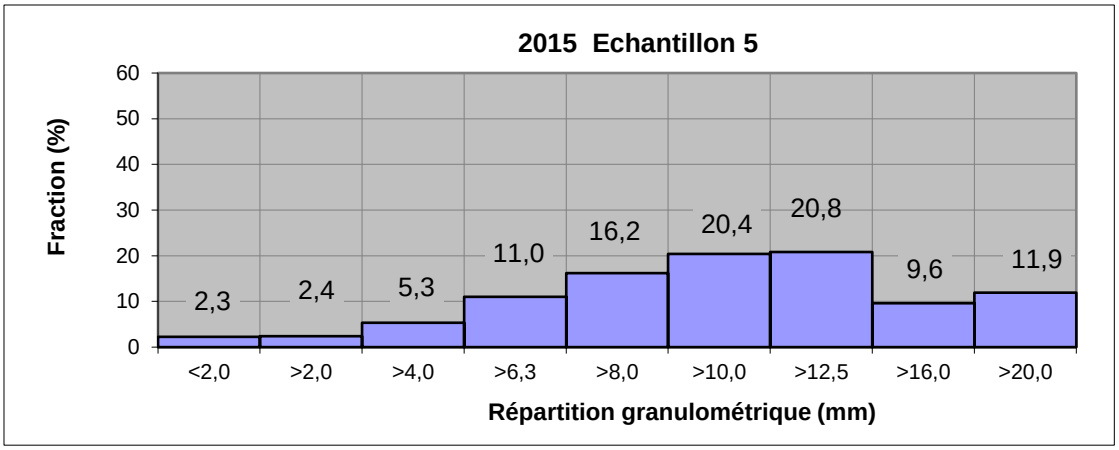
Date 20/02/2015	**Machine**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis			
Matériel:	**Echantillon 4**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité:	240.1 g		
Opérateur: D.Falk	Temps	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	115.8 g	**48.2 %**		
>16,0	31.8 g	**13.2 %**	<20,0	**51.8 %**
>12,5	53.9 g	**22.4 %**	<16,0	**38.5 %**
>10,0	23.1 g	**9.6 %**	<12,5	**16.1 %**
>8,0	9.0 g	**3.7 %**	<10,0	**6.5 %**
>6,3	3.5 g	**1.5 %**	<8,0	**2.7 %**
>4,0	1.8 g	**0.7 %**	<6,3	**1.2 %**
>2,0	0.4 g	**0.2 %**	<4,0	**0.5 %**
<2,0	0.8 g	**0.3 %**	<2,0	**0.3 %**
Total	240.10	100.00		
Test N°.:	**Echantillon 4**			
(10 Ø) / Matériel recyclé:				
u- Humidité	**32.10%**			
Densité (g/l):	374 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u= 26,13%			
Capacité (kg/h):	Quantité insuffisante			
Capacité (kg/h B.D.)	NR			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			

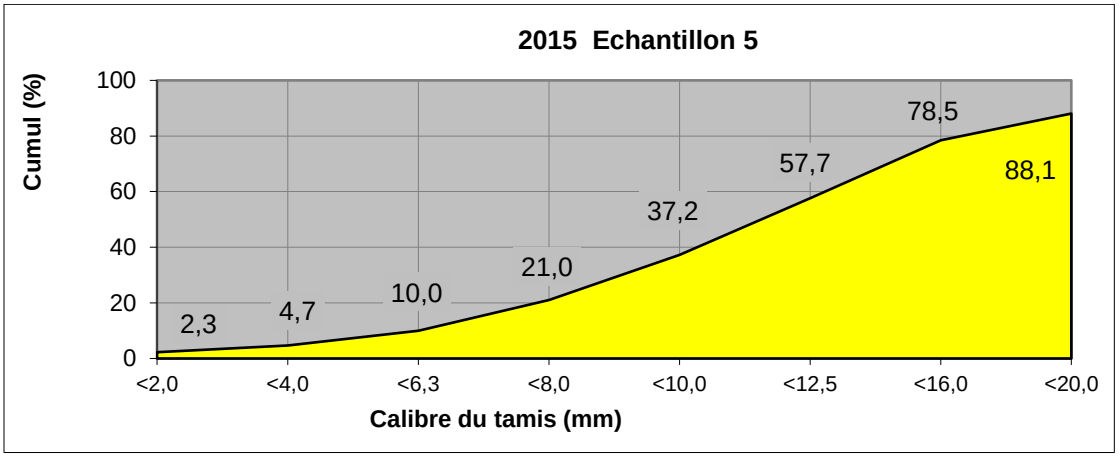

2015 Echantillon 4
Fraction (%)
60
50
40
30
20
10
0
0,3
0,2
0,7
1,5
3,7
9,6
22,4
13,2
48,2
<2,0
>2,0
>4,0
>6,3
>8,0
>10,0
>12,5
>16,0
>20,0
Répartition granulmétrique (mm)


2015 Echantillon 4
Cumul (%)
100
80
60
40
20
0
0,3
0,5
1,2
2,7
6,5
16,1
38,5
51,8
<2,0
<4,0
<6,3
<8,0
<10,0
<12,5
<16,0
<20,0
Calibre du tamis (mm)

ESSAI N° 5

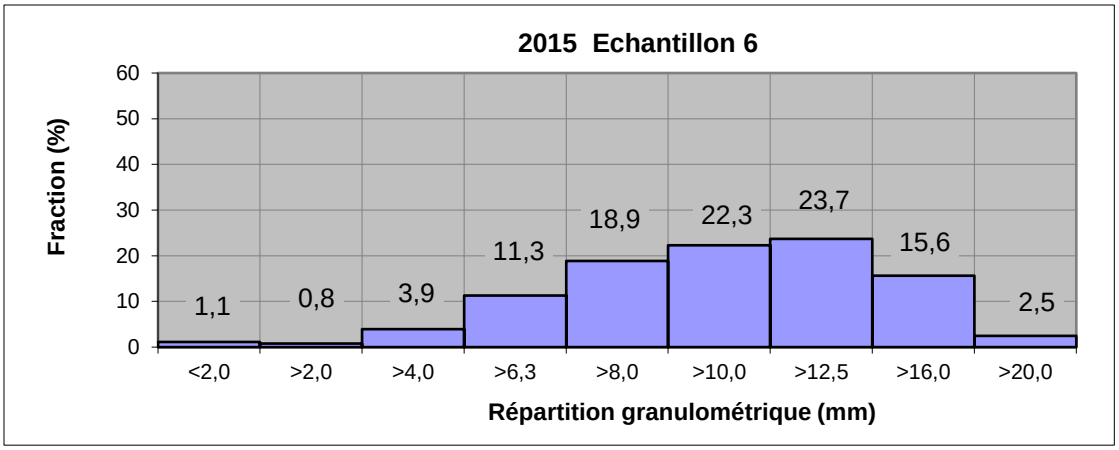
Date 20/02/2015	**Machine**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis			
Matériel:	**Echantillon 5**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité:	145.0 g		
Opérateur: D.Falk	Temps	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	17.3 g	**11.9 %**		
>16,0	13.9 g	**9.6 %**	<20,0	**88.1 %**
>12,5	30.2 g	**20.8 %**	<16,0	**78.5 %**
>10,0	29.6 g	**20.4 %**	<12,5	**57.7 %**
>8,0	23.5 g	**16.2 %**	<10,0	**37.2 %**
>6,3	16.0 g	**11.0 %**	<8,0	**21.0 %**
>4,0	7.7 g	**5.3 %**	<6,3	**10.0 %**
>2,0	3.5 g	**2.4 %**	<4,0	**4.7 %**
<2,0	3.3 g	**2.3 %**	<2,0	**2.3 %**
Total	145.00	100.00		
Test N°.:	**Echantillon 5**			
(10 Ø) / recycled Matériel:				
u- Humidité	**42.02%**			
Densité(g/l):	364 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u= 77,22%			
Capacité (kg/h):	Quantité insuffisante			
Capacité (kg/h B.D.)	NR			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			

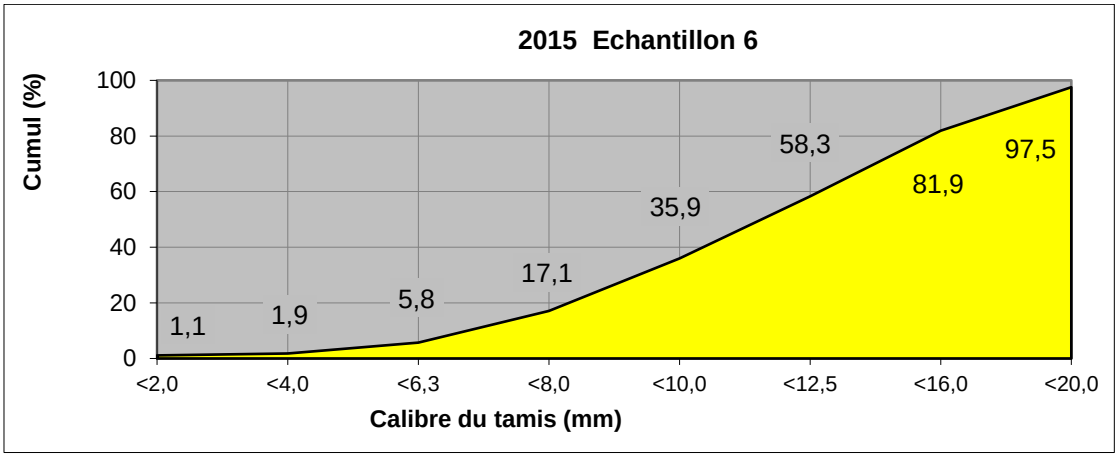

2015 Echantillon 5
Fraction (%)
60
50
40
30
20
10
0
2,3
2,4
5,3
11,0
16,2
20,4
20,8
9,6
11,9
<2,0
>2,0
>4,0
>6,3
>8,0
>10,0
>12,5
>16,0
>20,0
Répartition granulométrique (mm)


2015 Echantillon 5
Cumul (%)
100
80
60
40
20
0
2,3
4,7
10,0
21,0
37,2
57,7
78,5
88,1
<2,0
<4,0
<6,3
<8,0
<10,0
<12,5
<16,0
<20,0
Calibre du tamis (mm)

ESSAI N° 6

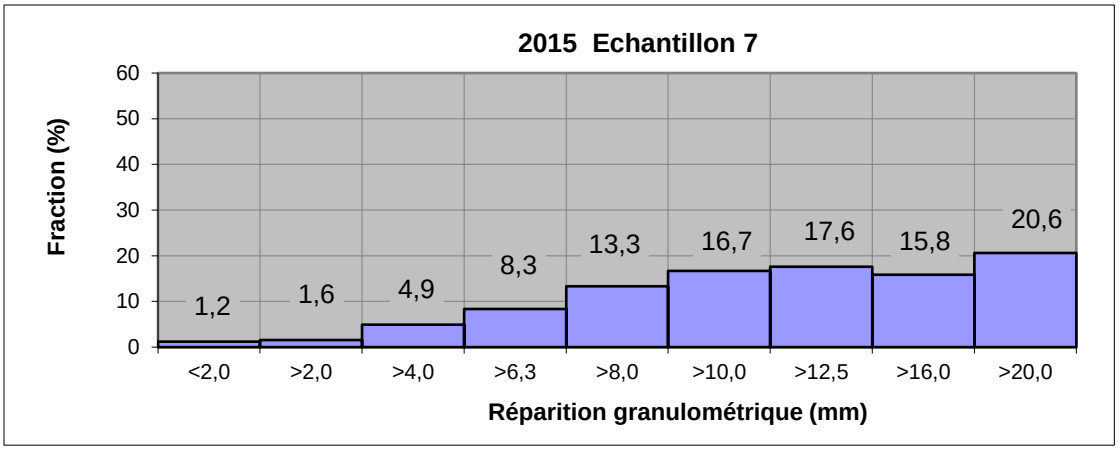
Date 20/02/2015	**Machine**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis			
Matériel:	**Echantillon 6**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité:	199.8 g		
Opérateur: D.Falk	Temps	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	4.9 g	**2.5 %**		
>16,0	31.2 g	**15.6 %**	<20,0	**97.5 %**
>12,5	47.3 g	**23.7 %**	<16,0	**81.9 %**
>10,0	44.6 g	**22.3 %**	<12,5	**58.3 %**
>8,0	37.7 g	**18.9 %**	<10,0	**35.9 %**
>6,3	22.6 g	**11.3 %**	<8,0	**17.1 %**
>4,0	7.8 g	**3.9 %**	<6,3	**5.8 %**
>2,0	1.5 g	**0.8 %**	<4,0	**1.9 %**
<2,0	2.2 g	**1.1 %**	<2,0	**1.1 %**
Total	199.80	100.00		
Test N°.:	**Echantillon 6**			
(10 Ø) / Matériel recyclé				
Humidité	**50.06%**			
Densité (g/l):	301 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u= 39,92%			
Capacité (kg/h):	Quantité insuffisante			
Capacité (kg/h B.D.)	NR			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			

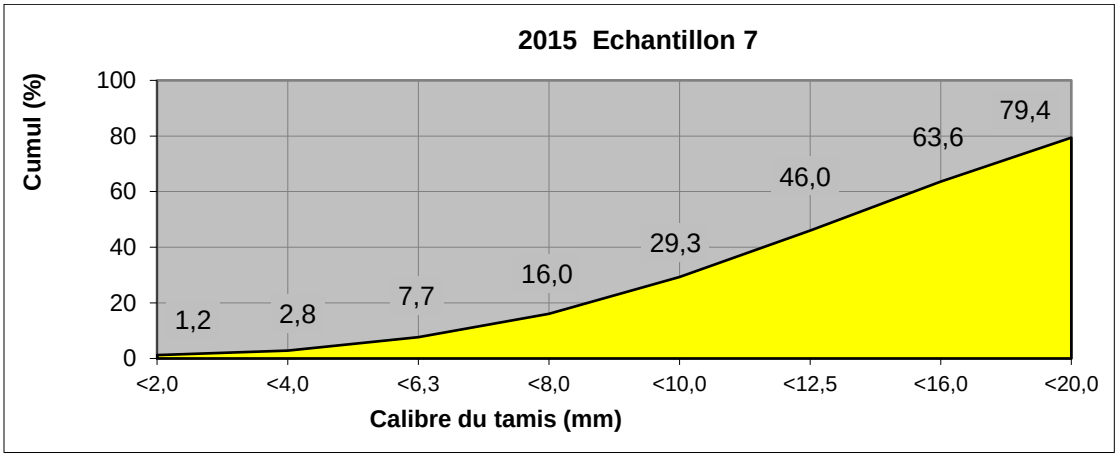

2015 Echantillon 6
Fraction (%)
60
50
40
30
20
10
0
1,1
0,8
3,9
11,3
18,9
22,3
23,7
15,6
2,5
<2,0
>2,0
>4,0
>6,3
>8,0
>10,0
>12,5
>16,0
>20,0
Répartition granulométrique (mm)


2015 Echantillon 6
Cumul (%)
100
80
60
40
20
0
1,1
1,9
5,8
17,1
35,9
58,3
81,9
97,5
<2,0
<4,0
<6,3
<8,0
<10,0
<12,5
<16,0
<20,0
Calibre du tamis (mm)

ESSAI N° 7

Date 20/02/2015	**Machine**	**PHT 850 x 1250**		
	Tamis			
Matériel:	**Echantillon 7**			
Tamis	Tamis vibrant		**Tamis**	
	Quantité:	235.1 g		
Opérateur: D.Falk	Temps	10 min		
mm		***par fraction***	***mm***	***cumul***
>20,0	48.4 g	**20.6 %**		
>16,0	37.2 g	**15.8 %**	<20,0	**79.4 %**
>12,5	41.3 g	**17.6 %**	<16,0	**63.6 %**
>10,0	39.2 g	**16.7 %**	<12,5	**46.0 %**
>8,0	31.3 g	**13.3 %**	<10,0	**29.3 %**
>6,3	19.6 g	**8.3 %**	<8,0	**16.0 %**
>4,0	11.5 g	**4.9 %**	<6,3	**7.7 %**
>2,0	3.7 g	**1.6 %**	<4,0	**2.8 %**
<2,0	2.9 g	**1.2 %**	<2,0	**1.2 %**
Total	235.10	100.00		
Test N°:	**Echantillon 7**			
(10 Ø) / Matériel recyclé				
Humidité	**20.96%**			
Densité (g/l):	369 g/l			
Remarque:	Avec le mesureur d'humidité : u=39,82%			
Capacité (kg/h):	Quantité insuffisante			
Capacité (kg/h B.D.)	NR			
Ampere:				
Consommation d'énergie (kWh/t B.D.):	**NR**			





Un tableau reprenant les données (type de bois et granulométrie) par essai n'est malheureusement pas réalisable. En effet, le système d'alimentation avec « l'écorceur » ne permet pas d'alimenter "type de bois par type de bois" ; les rondins arrivent pêle-mêle à l'entrée de l'écorceur, retrouvent un reliquat des essences exploitées par Unilin, et ressortent ainsi de l'écorceur dans une chronologie différente de l'entrée et incluant en plus la présence de rondins transcendants aux essais Guyane.

Néanmoins, un expert pourra juger visuellement les essences de bois contenues dans les sachets disponibles chez CdF INGENIERIE.

2.5. Puissance et énergie

Les enregistrements de la prise d'ampérage réalisés par la société UNILIN sont fournis dans les diagrammes suivants :

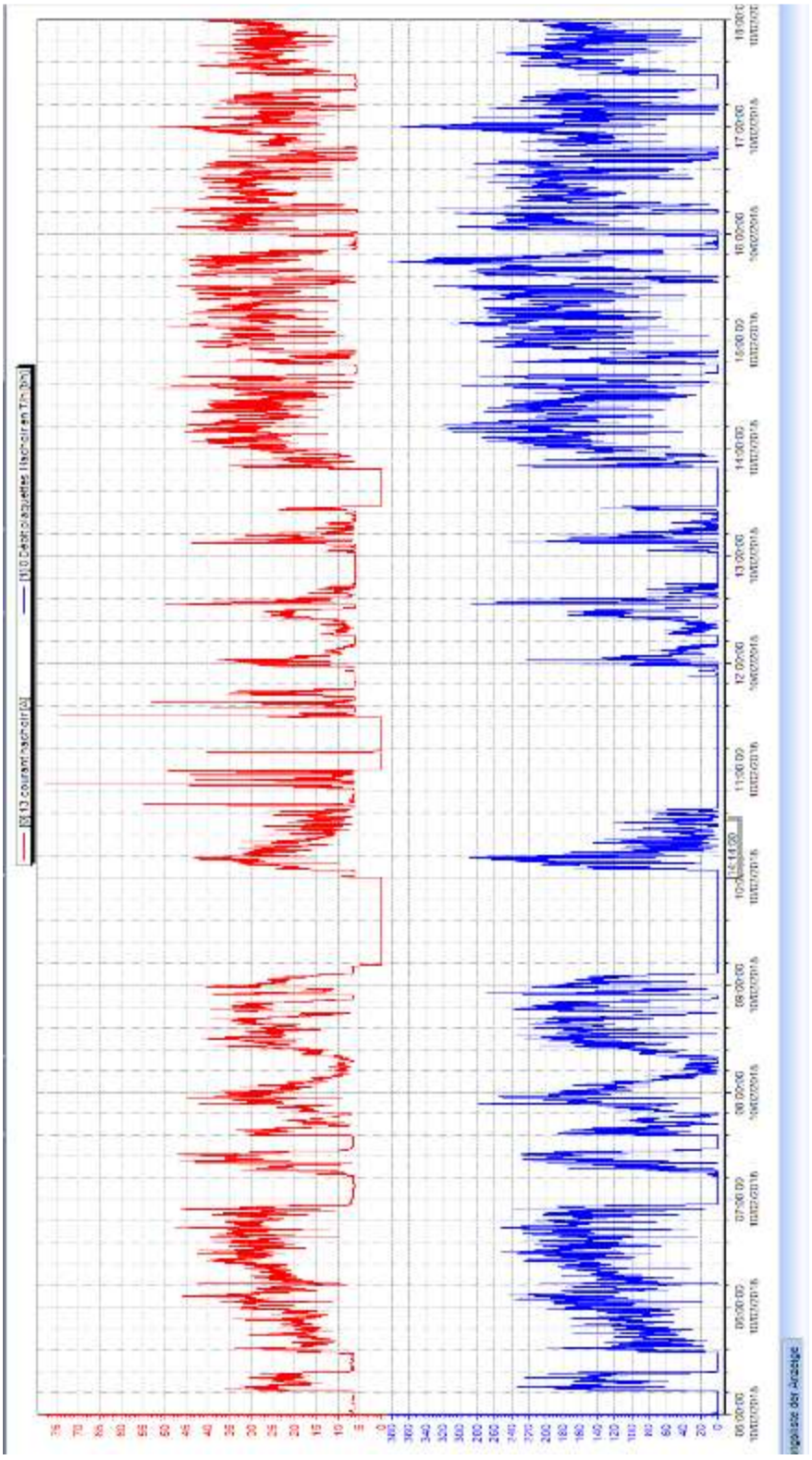


Figure 16 – Enregistrements prise d'ampérage UNILIN (1)

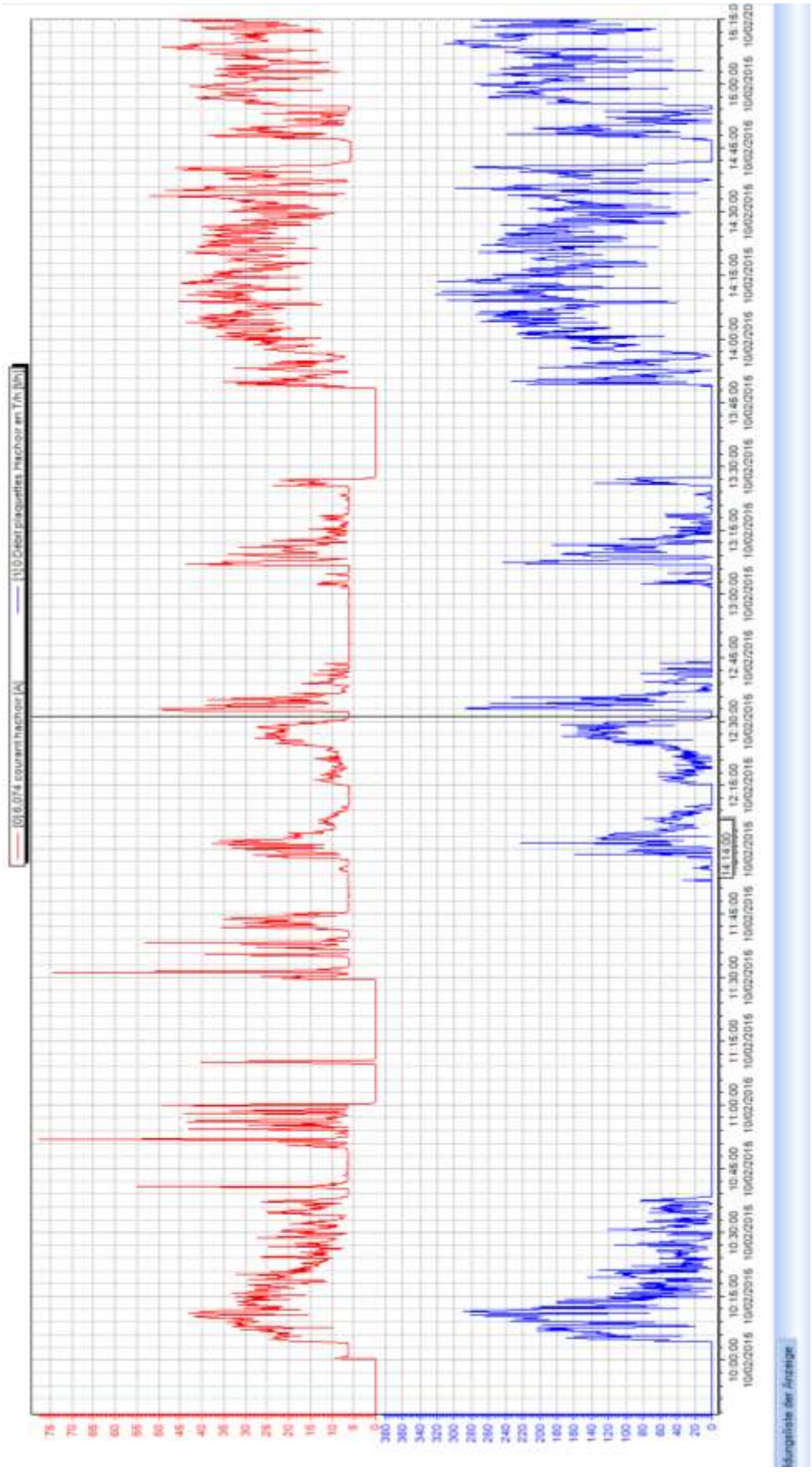


Figure 17 -Enregistrements prise d'ampérage UNILIN (2)

2.6. Usure

La pesée des couteaux avant et après broyage était prévue afin de vérifier le niveau d'usure des couteaux.

Compte-tenu du volume restreint de grumes disponibles pour l'essai du matériel PALLMANN, cette vérification n'a pas été pertinente.

En fin d'essai, il n'a pas été constaté d'usure marquée des outils de coupe.

Il est à noter que l'exploitation propre à Unilin ainsi que le système d'alimentation du broyeur n'ont pas permis le passage séparé des grumes d'essai par rapport aux grumes d'Unilin et même n'ont pas permis de s'assurer de la chronologie de passage des grumes d'essai : l'écorceur ne délivre pas les grumes à sa sortie dans la chronologie de réception de celles-ci à son entrée.

2.7. Capacité

Les deux rondins mesurés, voir au chapitre 2 Angélique et Balata, permettent de fournir les éléments chiffrés suivants :

- Débit momentané pour l'Angélique : 145 t/h
- Débit momentané pour le Balata : 378 t/h

Les différences importantes de débit momentané sont simplement dues à la différence de densité du bois.

Le rondin d'Angélique pèse 0,8 tonnes ; il est passé dans le hachoir en 20 secondes, soit : 0,8 tonnes x 3600 secondes = 144 t/h ;

Le rondin de Balata pèse 2,1 tonnes ; il est passé dans le hachoir en 20 secondes, soit : 2,1 tonnes x 3600 secondes = 378 t/h ;

Ce résultat aurait pu être affiné en mesurant exactement le temps de passage des deux rondins.
En effet, la grume de Balata étant plus longue, plus dense et plus volumineuse, elle devrait avoir un temps de passage plus long mais le mix produit entrant ne permettait pas d'obtenir ces mesures.

2.8. Suivi des indicateurs

Les principaux indicateurs renseignés lors des essais pilote PALLMANN sont présentés dans le tableau suivant :

Indicateurs	Notation	Observations
TECHNIQUE		
Type de bois traitable	+	Qualité + représentative Quantité - insuffisante
Fixe / mobile	+	Fixe
Alimentation thermique / électrique	+	Electrique
Dimensions (H, L, l)	+	4 180 x 7 355 x 4 730 (broyeur préconisé)
Poids	+	39 000 kg
Couteaux	+	X 4
Puissance (kW)	+	900 kW
Capacité	+ +	
Rendement horaire (t/h)	=	Problème d'alimentation écorceur et entrée
Productivité	+	Potentiellement ++
Usure constatée des pièces après broyage	+ +	Non significative
Qualité du produit en sortie : - granulométrie (dimension de particules), - homogénéité	+	
Dispositifs de sécurité	-	Bourrage en entrée Courroies usagées : Arrêts par surtensions
Outils disponibles et facilité de changement	+	
Entretien (et outils nécessaires)	+	
Options :		
Pré-broyage		NC
ECONOMIQUE		
Temps passé homme	=	
Niveau de qualification requis	=	
Consommation énergétique	=	
Equilibre CAPEX/OPEX	=	Si volume suffisant
SAV Guyane		Diadema
Montant de l'investissement	= -	Coût élevé Rapport qualité prix à vérifier mais qualité très élevée

Symbolisation de la notation des critères :

+ + optimisé
+ adapté
= moyen
- peu adapté
- - pas adapté

2.9. Offre budgétaire

L'offre budgétaire de PALLMANN datée du 25 mars 2015 pour une installation de broyage fixe PHT comprend :

1 Hachoir à tambour "ORIGINAL PALLMANN" de dernière génération, de type PHT 850 x 1250 avec deux moteurs de 500 kW chacun

1 Convoyeur à double vis en forme d'auge

1 Equipement électrique, comprenant :
Armoire de commande pour le hachoir
Armoire de commande pour les moteurs principaux du hachoir (2x500 kW)

Poste de commande
Montage du poste de commande

Coffret de commande local hachoir
Set de boites à bornes
Set d'interrupteurs de réparation
Montage de l'interrupteur de réparation

Software de commande Siemens S7, step 7
Licence
Visualisation
Mise en route de l'équipement
Formation
Accompagnement en production
Documentation
Kit d'installation électrique

Le montant de l'ensemble de ces équipements s'élève à 906 320,-€ hors options, avec supervision du montage et de la mise en service-**, mais hors emballage et transport.**

L'ensemble construction, l'ingénierie des bâtiments, l'insonorisation, la conformité ATEX, le montage, le transport, notamment, ne sont pas inclus dans l'offre budgétaire.

L'offre complète PALLMANN est fournie en annexe 2-3.

2.10. Drum chipper PHT – Améliorations et/ou modifications à apporter

Aujourd'hui, un unique cylindre et un groupe hydraulique permettent le réglage du capot supérieur en commandant la régulation de la force ou la facilité d'ouverture dépendant de la taille des rondins, d'où un meilleur réglage du capot supérieur.

Plus ce réglage ira vers la difficulté d'ouverture et plus le capot supérieur avec les rouleaux d'introduction, appuiera sur le bois et par conséquent, plus il appuiera, plus les rondins seront maintenus.

Ceci peut être commandé grâce à ce nouveau groupe hydraulique, ce qui n'est pas le cas chez UNILIN actuellement.

En résumé, les trois points à mettre en place pour ce projet sont :

- Les rouleaux d'introduction avec picots
- Les rouleaux d'introduction équipés avec des moteurs à freins qui stoppent immédiatement lors de sur-ampérages
- Le système hydraulique pour régulation de la force exercée sur les bois.

Les avantages identifiés sur le projet Guyane par rapport au broyeur UNILIN sont :

- longueur de plaquettes plus importante, donc moins de coupe

- grille nettement supérieure à celle d'UNILIN, donc évacuation de la matière plus aisée et plus rapide

- broyeur de nouvelle génération avec, en place un équipement spécialement étudié pour ce cas de figure.

Pour le projet Guyane, le broyeur sera également équipé d'une bande d'alimentation et non d'un couloir vibrant comme chez UNILIN, ce qui améliore l'alimentation tronc par tronc et non une présentation par paquets car le couloir vibrant fait office de goulot d'étranglement.

Par ailleurs, des courroies mal tendues diminuent la force de coupe, ce qui a également contribué aux problèmes rencontrés chez UNILIN lors des essais.

Afin de travailler dans les meilleures conditions, il y a lieu de définir un diamètre maximal idéal des troncs, qui, pour cette taille de machine (850 x 1 250 mm) se situe aux alentours de 500 mm.

Tous les troncs de diamètre nettement supérieur devront être préalablement fendus.

Les modifications ou améliorations à apporter au hachoir pour le projet Guyane sont décrites ci-dessous:

Figure 18 - Visualisation des rouleaux d'introduction équipés de picots échangeables en cas d'usure

Ces picots retiendront mieux les rondins en cas de déclenchement de surcharge du moteur principal. Lors des essais chez UNILIN, les bois n'ont pas correctement été retenus lors du déclenchement de surcharge du moteur principal pour des raisons de rouleaux d'introduction standard avec segments qui ne sont pas aussi performants pour retenir les rondins.

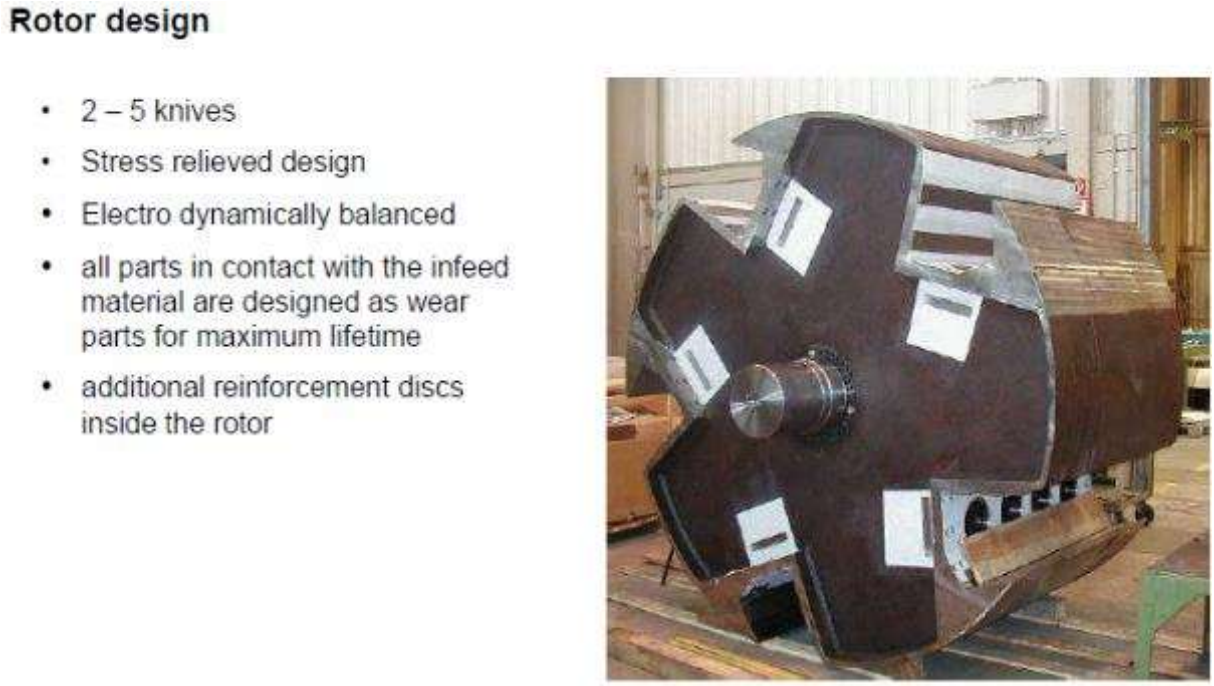


Figure 19 - Visualisation du rotor du hachoir

Rotor du hachoir, prévu pour une fixation des couteaux par coins de serrage avec déblocage hydraulique.

Dans le cas de la Guyane, un rotor à deux couteaux réduira fortement le temps de remplacement des couteaux.

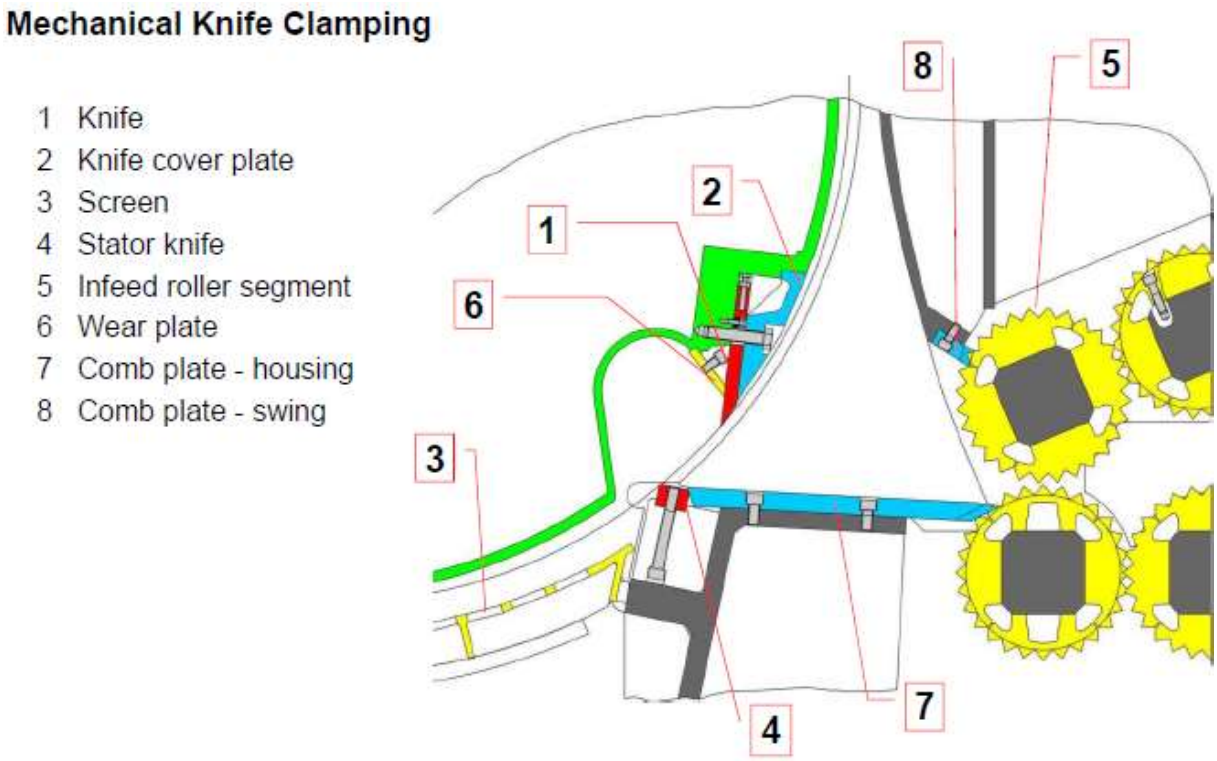


Figure 20 - Schéma d'un rotor à fixation mécanique par vis

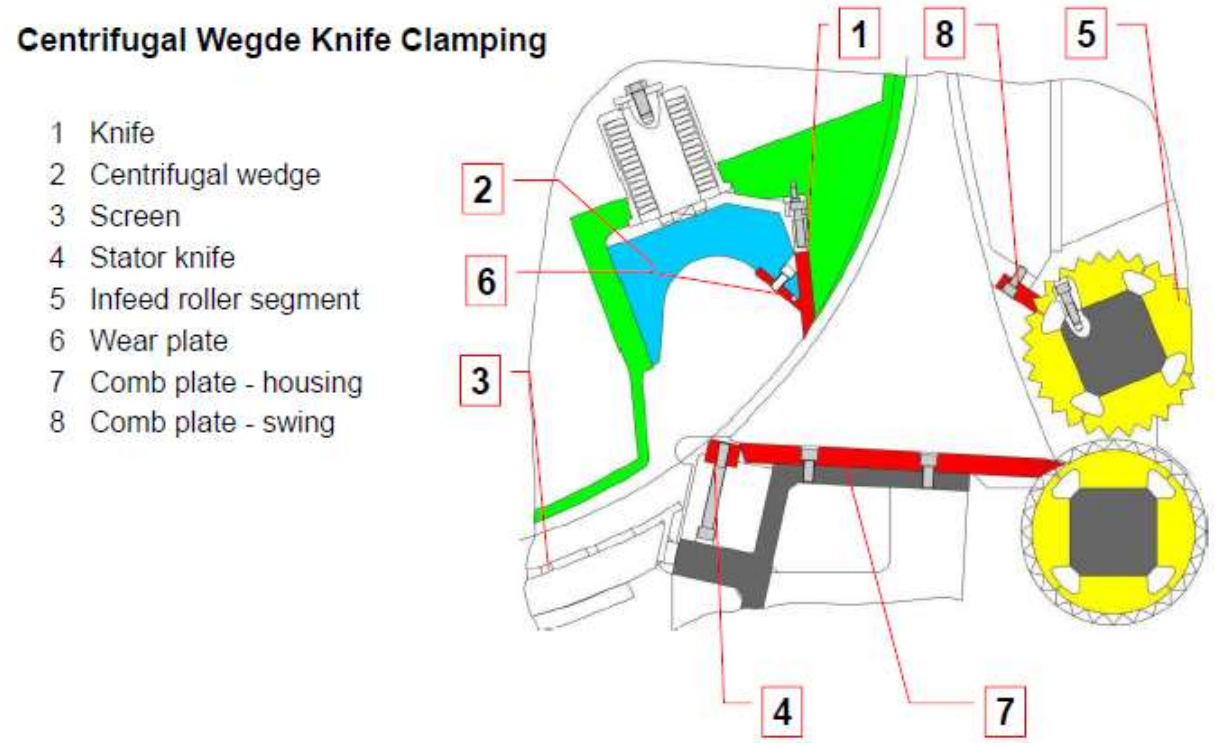


Figure 21 - Schéma d'un rotor avec fixation par coins de serrage

Hydraulic for Centrifugal Wedge Knife Clamping

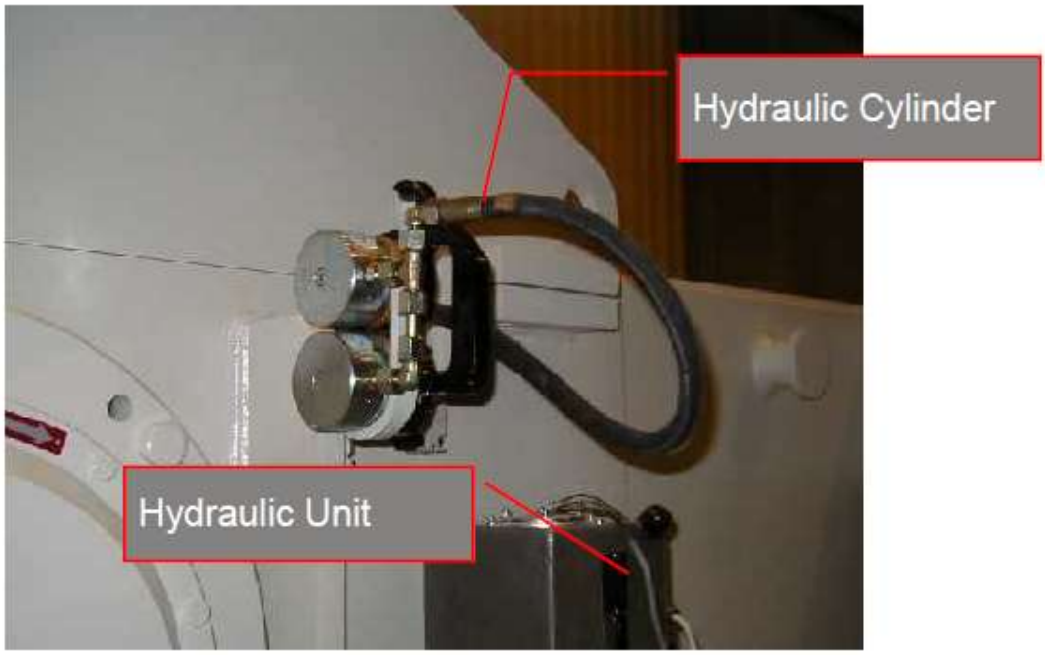


Figure 22 - Système hydraulique pour débloquer les couteaux rotor maintenus par les coins de serrage

Knife support

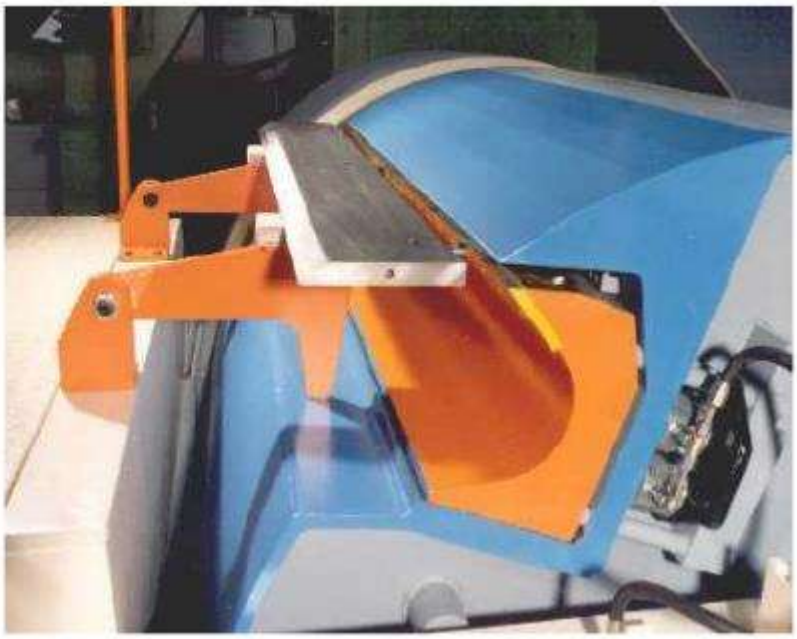


Figure 23 - Support pour réceptionner le couteau lors du chargement

Improvements - Separate Central Hydraulic Unit

- Modular design, all hydraulic chipper functions combined in one unit:
  - swing
  - hood
  - stator knife change
  - centrifugal wedge clamping
  - acceleration drive
- Stand alone unit, no exposure to vibrations of the chipper
- Easy access during operation for adjustment and maintenance

Figure 24 -1 unique groupe hydraulique pour l'ensemble des fonctions de la machine

Improvements - Separate Central Hydraulic Unit

Figure 25 - Ancienne et nouvelle génération de groupe hydraulique

Le " New Design" dissocie complètement le groupe de la machine, ce qui évite toutes les transmissions de vibrations.

Figure 26 - Visualisation de la mise en oeuvre de protections en PEHD entre partie mobile et fixe au niveau de l'introduction

L'objectif est d'éviter toute perte de matière et surtout garder un environnement propre autour de la machine et éviter les usures prématurées entre les pièces en mouvement.

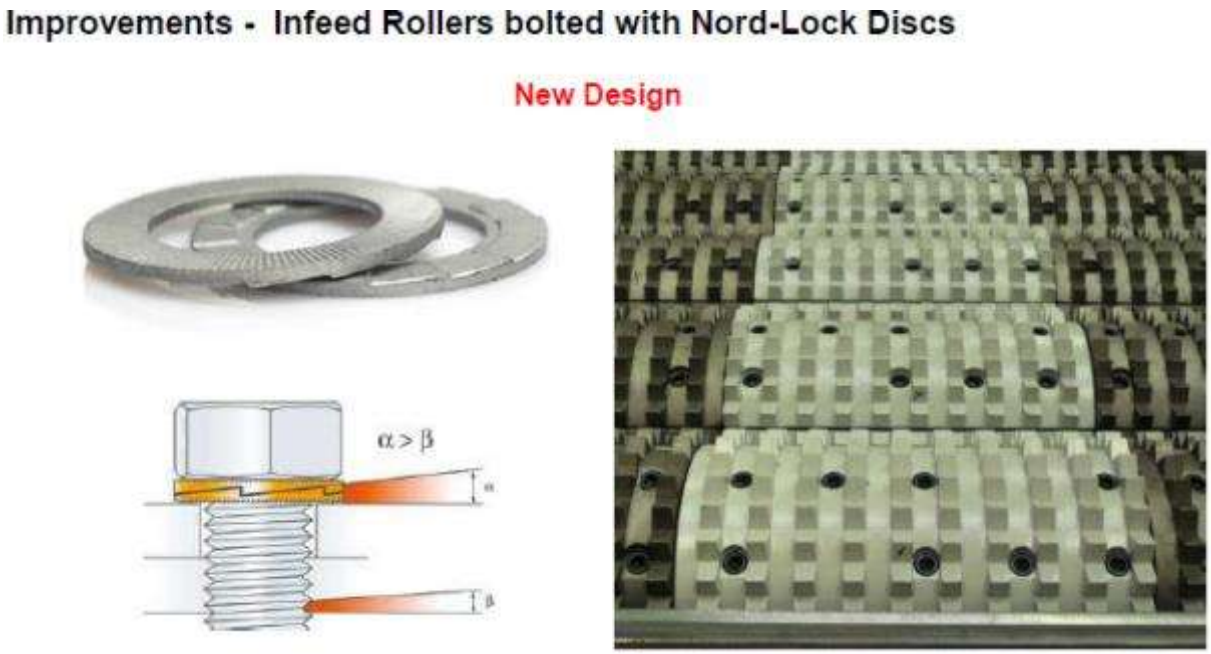


Figure 27 - Fixation des vis avec des rondelles Nord-Lock

Les rondelles Nord-Locks évitent l'encollage de ces vis et empêchent le desserrage pendant le broyage.

Figure 28 - Nouveau guide latéral pour le capot supérieur

En plus des préconisations visualisées dans la présentation ci-dessus, le constructeur recommande vivement d'utiliser des motoréducteurs aux niveaux des rouleaux d'introduction équipés de freins moteurs, dans l'optique de bien maintenir les rondins lors de surcharges.

2.11. Conclusion Essais PALLMAN

L'essai du broyeur Pallmann chez Unilin n'a pas pu être réalisé dans des conditions optimales.

En effet, l'essai n'a pas pu être réalisé hors contexte d'exploitation du site.
Pour mémoire des reliquats de bois d'exploitation d'Unilin se sont intercalés avec les grumes de Guyane et donc le repérage des grumes pour les 7 échantillons était impossible.

Pour ce qui concerne le matériel, le broyeur date de 1998 et est implanté sur une ligne de production qui a été développée par Unilin et n'a pas bénéficié des améliorations préconisées par Pallmann depuis son démarrage.

Une difficulté particulière s'est avérée importante en cours d'essai : le broyeur a déclenché à plusieurs reprises sur surintensités. Celles-ci, selon les opérateurs, ne seraient pas dues à la dureté des bois mais au patinage induit sur les quelques 21 courroies de transmissions pour les entraînements.
Le réglage et l'état des courroies n'ont pas pu être vérifiés avant l'essai.

Sur les enregistrements présentés au chapitre 7, il est visible que l'intensité est montée au-dessus des 70 ampères plusieurs fois.

Pour ce qui concerne la capacité de l'installation lors de l'essai, elle ne peut être correctement appréhendée car la cinématique de la ligne n'a pas permis d'isoler le passage de grumes guyanaises par rapport aux grumes de l'implantation de la société UNILIN.

En revanche, au-delà de ces difficultés bien identifiées lors de l'essai, après analyse, Pallmann a proposé à Unilin des travaux de maintenance et d'améliorations et a défini les améliorations préconisées pour son matériel à vocation d'exploitation en Guyane.
Le volet améliorations préconisées par PALLMANN et coûts des installations sont intégrés dans l'offre complète technique et commerciale fournie en annexe 2-3.

3. CHAPITRE 3 – Essais KOMPTECH

Broyeur mobile AXTOR

Sur la plateforme de Lyaudet à St-JEAN-PUY-LAVEZE dans le Puy de Dôme

le 12 février 2015

ANNEXE 3-1 - Reportage photos
ANNEXE 3-2 - Vidéos
ANNEXE 3-3 - -non applicable-

3.1. KOMPTECH - Caractéristiques du broyeur mobile

Les essais sont réalisés avec un broyeur KOMPTECH AXTOR 8012 sur chenilles.

Figure 29 - Machine KOMPTEHC AXTOR 8012 sur chenilles

N° de série : 254003
Année : 2014
Nombre d'heures : 143
Caractéristiques techniques :
Moteur : CAT type C18 TIER II
Puissance : 780 CV
Nombre d'outils de série : 36 couteaux jetables (18 dans la configuration de démo)
Machine équipée d'une grille de : 100 mm
Largeur du rotor : 1 630 mm
Diamètre du rotor : 1 200 mm
Vitesse de rotation du rotor : 400 tr/mn
1 barre de contre coupe parallèle au rotor, avec réglage hydraulique,
Trémie d'alimentation avec rallonge avant rabattable hydrauliquement
Largeur : 2 100 mm
Longueur : 4 500 + 1 500 mm
Tapis d'alimentation, largeur : 1 530 mm
Hauteur de chargement : 2 800 mm sans les ridelles

2 tambours supérieurs horizontaux
1 tambour inférieur horizontal
2 tambours verticaux

Convoyeur d'évacuation avec bande à chevrons
(possibilité de basculer à l'horizontal avec échelle amovible pour accéder au compartiment du rotor).
Largeur de convoyeur : 1 600 mm
Hauteur d'évacuation : 4 700 mm

Figure 30 - Trémie et tambour d'alimentation AXTOR 8012

Figure 31 - Accès au rotor via convoyeur arrière

Figure 32 - Tambour avec 50% d'outils de coupe jetables

Présente sur site, principalement pour le chargement des grumes :
Une déchiqueteuse sur camion KOMPTECH CHIPPO 5010CD

Figure 33 - Camion MAN 6 x 4 - 540 CV

L'entrainement de la déchiqueteuse est réalisé directement par le moteur du camion via un boitier de transmission spécifique.

Largeur du rotor : 1 000 mm
Diamètre du rotor : 1 050 mm
Vitesse de rotation du rotor : 440 tr/mn
La déchiqueteuse était équipée d'une fendeuse de bûches pouvant recevoir des troncs d'un diamètre maxi de 1 300 mm.
Puissance maxi sur la fendeuse : 40T à 200 bars

Figure 34 - Fendeuse du camion Chippo

Les essais ont eu lieu avec des outils de déchiquetage neufs.
Pour augmenter l'agressivité du rotor et la puissance de coupe, la moitié des outils a été démontée.
Les embases ont été protégées avec une plaque de fermeture.

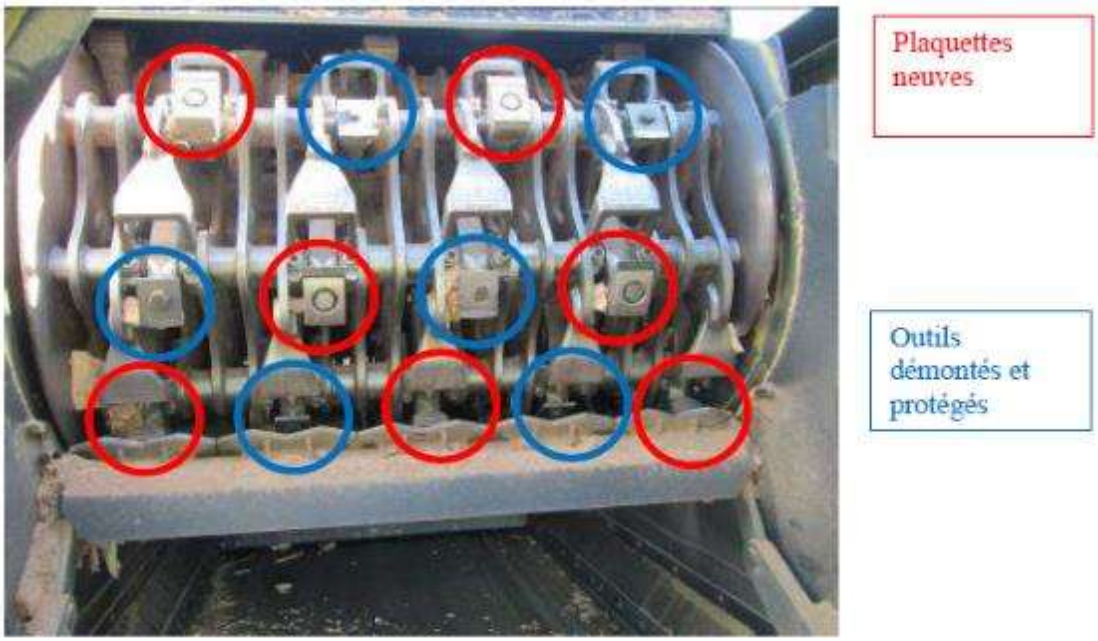


Figure 35 -Préparation avant essais

Cette disposition particulière n'est possible que sur un rotor de type AXTOR. Ce principe existe aussi sur un camion CHIPPO, indisponible lors des essais du 12 février 2015.

La machine est équipée de plaquettes de coupe jetables d'une durée de vie de l'ordre de 10h généralement.
Le remplacement de la plaquette se fait par le desserrage et resserrage d'un seul boulon. Le temps de remplacement d'un jeu de 36 et de l'ordre de 30 mn.

Figure 36 - Plaquettes de coupes jetables

Figure 37 - Système de remplacement des plaquettes de coupe

Aucune autre adaptation n'a été faite sur la machine. Elle est équipée d'une grille de 100 x 100 mm.

3.2. Modalités d'approvisionnement et déroulement du test

Les essais du matériel KOMPTECH ont démarré avec le bois le plus tendre, puis de plus en plus dur. En fin d'essai un gisement de bois propre au site a aussi été déchiqueté.
Le compteur journalier équipant la machine, indique le temps de travail et la consommation de carburant ; celui-ci a été mis à zéro après chaque essence de bois.
Pour chaque essence de bois, le temps a été relevé à partir de l'impact du rotor sur le bois jusqu'au vidage complet du tapis de sortie.

La consommation de carburant affichée est celle liée au temps de fonctionnement du moteur durant cette phase et non pas uniquement au déchiquetage proprement dit.
Afin de séparer les plaquettes des différentes essences déchiquetées, la machine a été déplacée légèrement à chaque fois pour distinguer 4 tas.

Il est constaté que plus le bois est dur, plus la dispersion granulométrique est importante pour les plaquettes obtenues.
La machine est équipée d'un système de régulation de la vitesse d'alimentation en fonction de la charge sur le rotor, mais aussi d'un sous régime rotor pour éviter tout blocage de celui-ci ou du moteur. L'alimentation est stoppée automatiquement lorsque le rotor perd du régime afin de lui permettre de reprendre sa vitesse. La vitesse d'alimentation étant moins importante sur les bois durs, la section de coupe est également moins importante.

Figure 38 - Résultats du broyage

3.3. Essais en charge

ESSAI 1 - Bois : ANGELIQUE
11 grumes.
Volume total : 8.067 m3
Poids total : 8.067 T
Temps de fonctionnement moteur : 36 mn
Temps de déchiquetage : 8’ 02 sec.
Consommation globale : 11 l
Consommation spécifique : 1.36 l/t

Durant cette phase, un morceau de bois s’est coincé sous un tapis, ce qui a nécessité un fonctionnement plus long du moteur.
Le chrono avait été neutralisé le temps de la réparation.
Lors de ce premier essai KOMPTECH, les réglages ont été modifiés au fur et à mesure pour s’adapter à la dureté du bois. La machine était initialement réglée de manière plutôt restrictive, le rendement obtenu serait en réalité plus élevé sur cette essence de bois.

ESSAI 2 - Bois : SAINT MARTIN ROUGE
2 grumes.
Volume total : 2.388 m^3
Poids total : 2.866 T
Temps de fonctionnement moteur : 12 mn
Temps de déchiquetage : 3’04 sec.
Consommation globale : 4 l
Consommation spécifique : 1.40- l/t

Figure 39 - Compteur Essai 2

ESSAI 3 - Bois : EBENE VERT
2 grumes.
Volume total : 1.516 m^3
Poids total : 1.818 T
Temps de fonctionnement moteur : 6 mn
Temps de déchiquetage : 3’47 sec.
Consommation globale : 8 l
Consommation spécifique : 4.40 l/t

Figure 40 - Compteur Essai 3

ESSAI 4 - Bois : BALATA
1 grume.
Volume total : 1.057 m^3
Poids total : 1.374 T
Temps de fonctionnement moteur : pas d'affichage
Temps de déchiquetage : 1'41 sec.
Consommation globale : pas d'affichage < 2l
Consommation spécifique : 1.46 l/t

Figure 41 – Compteur Essai 4

L'approche de consommation brute spécifique est un exercice théorique peu exploitable au regard des quantités broyées par espèce, des réglages effectués lors du passage des 11 grumes d'angélique et enfin du test sur la grume de Balata (pas de consommation à vide entre grume).

3.4. Échantillons

Un échantillonnage des 4 essais a été effectué afin de réaliser une analyse granulométrique

	Ebène Vert		Balata		Saint Martin Rouge		Angélique	
longueur	poids (kg)	%	poids (kg)	%	poids (kg)	%	poids (kg)	%
> 50 mm	0.55	21.9%	0.587	20.0%	0.155	4.6%	0.592	20.3%
50 - 30 mm	0.036	1.4%	0.106	3.6%	0.278	8.3%	0.295	10.1%
30 - 20 mm	1.316	52.3%	1.35	46.1%	2.561	76.3%	1.784	61.2%
20 - 10 mm	0.57	22.6%	0.616	21.0%	0.214	6.4%	0.156	5.3%
10 - 3 mm	0.043	1.7%	0.214	7.3%	0.117	3.5%	0.067	2.3%
3 - 0 mm	0.002	0.1%	0.055	1.9%	0.03	0.9%	0.022	0.8%
TOTAL	2.517	100%	2.928	100.0%	3.355	100.0%	2.916	100.0%

Ce tableau montre la dispersion granulométrique pour les 4 essais. La granulométrie semble plus petite avec les essences les plus dures. Cette interprétation est sous réserve car les quantités broyées sont trop faibles. Il pourra être noté que pour la granulométrie « 20 – 10 mm », l'Ebène vert (22,6%) et Balata (21%) sont plus représentés que Saint Martin rouge (6.4%) et Angélique (5.3%).

En outre, les blocages pendant les essais du tapis d'entrainement sous le rouleau broyeur ont pu endommager les outils de coupe du rouleau et influencer les résultats.

3.5. Puissance et énergie

La remarque faite au chapitre 5 sur la consommation spécifique brute est également applicable pour l'analyse sur le rendement à l'heure et pour la consommation de carburant, qui sont rapportés sur le tableau ci-dessous. En effet, il est difficile de donner la consommation réelle pour la phase de déchiquetage proprement dite, surtout sur le premier test ou le moteur a tourné un certain temps au ralenti.

Pour l'ensemble des essais du matériel KOMPTECH, il est proposé de considérer 80 % de la consommation globale pour la phase de déchiquetage.
Selon le compteur totalisateur après l'essai 4, la machine a fonctionné 144.30 h et a consommé 6 961 litres de carburant, soit une moyenne de 48.23 litres par heure toutes opérations confondues (majoritairement hors l'essai de broyage des bois guyanais).

Selon le constructeur, le moteur consomme de l'ordre de 70 L/h en pleine charge.

Il est très difficile de valider des valeurs de rendement sur un essai aussi court. La machine dispose de plusieurs paramètres de réglages qui nécessitent un peu d'optimisation sur la durée.

Tableau des Résultats des essais AXTOR 8012 :

Bille de bois d'œuvre tropical	Temps de fonctionnement moteur (mn)	Temps de déchiquetage (mn)	Consommation carburant pour l'essai (L)	Consommation à l'heure pour déchiquetage (80%) (L/h)	Rendement horaire (m3/h)	Rendement horaire (t/h)
angélique 1	36	8.02	11	65.84	60.35	60.35
angélique 2						
angélique 3						
angélique 4						
angélique 5						
angélique 6						
angélique 7						
angélique 8						
angélique 9						
angélique 10						
angélique 11						
saint martin rouge 1	12	3.04	4	63.16	47.13	56.57
saint martin rouge 2						
balata 1	Non Renseigné	1.41	2	68.09	44.98	58.47
ébène 1	6	3.47	8	110.66	26.21	31.44
ébène 2						
TOTAUX	54	15.94	25	75.28		

A noter que le 80% pour la consommation à l'heure pour déchiquetage dans le cas de Balata, n'est considéré que pour la cohérence des calculs du tableau mais pourrait ne pas être appliqué car une seule grume est broyée.

3.6. Usure

En fin d'essai KOMPTECH, le contrôle de la machine présente un certain nombre d'outils plus ou moins ébréchés à certains endroits. Il est difficile de déterminer, après coup si cela est lié à une essence particulière, le contrôle n'ayant été fait qu'à la fin.

Il est peu probable que ces usures soient liées à la présence de corps étrangers dans les grumes ou dans le bois approvisionné sur le site, même si, sur 2 petits impacts, on peut supposer qu'il s'agit d'un impact dû au frottement et non pas de l'arrachement.

On pourrait supposer que c'est la dureté de l'ébène qui en est la cause.
Le constructeur travaille déjà sur une autre qualité de plaquettes de coupe. Un modèle est actuellement en cours de test en Autriche.

Figure 42 - Plaquette avec gros arrachement

Un arrachement est présent sur les 2 plus petits du centre où on peut apercevoir un frottement, ce qui, dans ce cas, laisserait à supposer la présence d'un corps étranger.

Figure 43 - Plaquettes sans arrachement particulier

3.7. Capacité

Bille de bois d'œuvre tropical	***Rendement horaire (t/h)***
angélique 1	*60.35*
angélique 2	
angélique 3	
angélique 4	
angélique 5	
angélique 6	
angélique 7	
angélique 8	
angélique 9	
angélique 10	
angélique 11	
saint martin rouge 1	*56.57*
saint martin rouge 2	
balata 1	*58.47*
ébène 1	*31.44*
ébène 2	
Moyenne	*Environ 56*

Les 4 essais du matériel KOMPTECH ont été réalisés dans le sens croissant de la dureté des essences.

Le rendement apparaît inversement proportionnel à cette dureté mais les quantités de chaque essence ne sont pas identiques. Les résultats sont dépendants de cette dispersion.

Il sera noté que l'essai réalisé en premier sur l'Angélique a subi des réglages en cours de celui-ci ainsi qu'un blocage du tapis sous le rouleau broyeur. Dans ces conditions, le rendement « normal » à considérer est certainement supérieur.

3.8. Suivi des indicateurs

Les principaux indicateurs renseignés lors des essais pilote KOMPTECH sont présentés dans le tableau suivant :

Indicateurs	Notation	Observations
TECHNIQUE		
Type de bois traitable	+	Qualité + représentative Quantité - insuffisante
Fixe / mobile	+	Mobile
Alimentation thermique / électrique	+	Thermique
Dimensions (H, L, l)	+	2 800 x 6 000 x 2 100 Evacuation : H=4 700 (broyeur testé)
Poids	+	
Couteaux	-	18 apparemment fragiles
Puissance (kW)	+	571 kW excepté ébène
Capacité	=	Limite ébène
Rendement horaire (t/h)	=	56 t/h (ébène 31 t/h)
Productivité	=	
Usure constatée des pièces après broyage	-	Couteaux marqués
Qualité du produit en sortie : - granulométrie (dimension de particules), - homogénéité	+	
Dispositifs de sécurité	=	
Outils disponibles et facilité de changement	+	Attention à la fréquence
Entretien (et outils nécessaires)	=	
Options :		
Pré-broyage		NC
ECONOMIQUE		
Temps passé homme	+	
Niveau de qualification requis	+	
Consommation énergétique	=	
Equilibre CAPEX/OPEX	=	Si volume suffisant, mais volume adapté moindre que pour broyeur fixe
SAV Guyane		Mach Deal
Montant de l'investissement	=	

Symbolisation de la notation des critères :

+ + optimisé
+ adapté
= moyen
- peu adapté
- - pas adapté

3.9. ALTERNATIVES

La gamme KOMPTECH propose plusieurs alternatives.

Le modèle AXTOR 6010

Conception quasi identique mais avec une puissance de 580 CV, un rotor de 1 000 mm de diamètre et 1 520 de large avec 32 outils.
Une version à 480 CV sera également présentée au cours de l'année 2015.

La Gamme CHIPPO

Déchiqueteuse sur camion MAN.
Cette machine n'a pas la polyvalence de l'AXTOR, elle est prévue pour le déchiquetage uniquement.

Elle existe en plusieurs configurations :

- Entrainement direct par le moteur du camion via un boitier de transmission spécifique. Plusieurs versions de camion possibles, mais uniquement de marque MAN. TGS 33.540 EURO6, 6x4, 6x4Hydrodrive, 8x4, 8x6 Hydrodrive. Avec commande depuis la cabine du camion ou depuis une cabine séparée sur la grue.

- Entrainement par moteur autonome de 780 CV CAT C18 (comme sur l'AXTOR 8012). L'ensemble est toujours monté sur un camion MAN 8 x 6 ou 10/4, 10/6. Dans l'application spéciale GUYANE, le rotor serait toujours sur la configuration de l'AXTOR. Tous les modèles peuvent être équipés d'un système de chargement via turbine et goulotte d'éjection, ou via convoyeur. Ils peuvent aussi être équipés d'une fendeuse de grumes d'une puissance de 40T.

Figure 44 - Rotor CHIPPO classique

Figure 45 - Rotor CHIPPO version AXTOR

Figure 46 - CHIPPO 5010 avec commande depuis la cabine du camion

Figure 47 - CHIPPO 5010 avec commande depuis la cabine de la grue

Figure 48- CHIPPO 8010 avec moteur autonome CAT de 780 CV

Figure 49 - CHIPPO avec chargement par goulotte

Figure 50 - CHIPPO avec chargement par convoyeur

3.10. Offre budgétaire

Les tableaux ci-dessous présentent les éléments renseignés par KOMPTECH :

Caractéristique du broyeur		
Débit moyen (t/h sec)	34	basé sur un rendement en métropole de 280 m³/h avec une humidité de 35% et une densité de 0,25
Débit max (t/h sec)		
Puissance max (MW)	780 CV / 571 kW	
Puissance mini (MW)		
Puissance moyenne (MW)		
Energie consommée (kWh)		
Energie consommée moyenne (kWh /t AR)		
Energie consommée moyenne (kWh /t sec)		
Energie consommée moyenne (kWh /t sec) - référence bois tendres-		
Consommation (l)		
Consommation (l/h)	60 l/h	en moyenne
Temps de fonctionnement du moteur (min)		

Investissement		
Hachoir (k€)		
Convoyeur (k€)		
Equipement électrique (k€)		
Equipement mécanique (k€)		
Autres, à préciser		
	environ 770 000 €	Prix livré en Guyane avec tous les documents administratif réalisés par le partenaire MACHDEAL à MATOURY

Maintenance (pièces d'usure)	Nombre de pièces	Prix Unitaire	Fréquence de changement - en tonne de bois dur et sec
Contre lames (1ère rangée)	2	1 110	25 500
Contre lames (2ème rangée)			
Plaque d'usure de la plaque d'enclume			
Ensemble de criblage, soudage de réparation	1	3 290	68 000
Couteau de broyeur	36	6.08	270
Porte couteau	36	175	34 000

Attache couteau	36	124	34 000

Maintenance (travail)	Nombre de personnes	Temps (h/changement)
Grille de criblage	1 + engin de levage	0.5
Plaque d'usure de la plaque d'enclume		
Ensemble des contre-lames	1	1
Ensemble des couteaux du broyeur	1	1

NOTA :

L'ensemble de ces éléments correspond à des valeurs d'expériences réalisées sur le déchiquetage de bois en métropole ou en Europe.

3.11. Conclusion Essais KOMPTECH

Pour ce qui concerne un broyeur mobile, la consommation de carburant est liée au temps de fonctionnement du moteur thermique et non pas uniquement au broyage.

La quantité de bois pour l'essai de broyage est trop faible pour objectiver des rendements et des résultats fermes.

Néanmoins, il peut être relevé les éléments suivants :

La dureté des grumes influence la capacité du broyage, de 60.4 t/h pour le rendement obtenu avec l'Angélique il n'est constaté que 31 t/h pour le rendement avec l'Ebène.

En outre ces résultats sont obtenus avec des écarts importants de consommation de carburant, de 65 l/h pour l'Angélique, il est constaté 110 l/h pour l'Ebène (celle-ci semble élevée car le constructeur annonce une consommation à 70 l/h à pleine charge).

Une fois encore ces chiffres doivent être considérés avec prudence mais l'ampleur des écarts existe. Il semble que la consommation de carburant par rapport à des essences européennes soit plus importante dans un pourcentage de l'ordre de 20 à 25 % pour l'Angélique et de 45 à 50 % pour l'Ebène.

Plus le bois est dur, plus la plaquette est petite en moyenne mais avec une dispersion granulométrique plus importante.
La vitesse d'alimentation, et, par voie de conséquence, la section de coupe sont moins importantes sur les bois durs.

En fin d'essai, le contrôle de la machine présente un certain nombre d'outils plus ou moins ébréchés à certains endroits. Ce phénomène doit être interprété : la dureté du bois est liée à ce résultat mais vraisemblablement pas exclusivement car certains outils de coupe ressortent sans une usure comparable à ceux qui présentent les gros arrachements, l'usure des outils est donc significativement variable. Cet aspect a été considéré problématique lors de son constat en fin d'essai et le constructeur en a été avisé et travaille dessus. Des outils usinables sont envisagés mais pour l'instant n'existent que pour le Chippo et pas sur les Axtor.

4. CHAPITRE 4 – Essais BANDIT

Broyeur mobile Beast 2680 chez LYAUDET à SAINT-JEAN-PUY-LAVEZE en Auvergne

le 10 septembre 2015

ANNEXE 1-1 - Reportage photos
ANNEXE 1-2 - Vidéos
ANNEXE 1-3 - Offres budgétaires

4.1. BANDIT - Caractéristiques du broyeur mobile

Le type de broyeur utilisé pour les essais est un BANDIT BEAST 2680 sur remorque.

Figure 51 – Broyeur BANDIT BEAST 2680 (1)

Caractéristiques techniques :

Moteur	:	CUMMINS 6 cylindres
Puissance	:	800 CV
Réservoir carburant GNR	:	925 litres
Réservoir hydraulique	:	555 litres
Nombre d'outils	:	4 couteaux de série (en option 5 ou 10)
Dimensions	:	h x l x L, soit 3.98m x 2.49m x 11.50m
Poids	:	26 tonnes
Vérin de stabilisation	:	de série
Ouverture de travail	:	l x h, soit 152cm x 89cm
Tapis d'alimentation		
Vitesse d'avancement du tapis	:	4 possibilités en m/min : 7.5 ; 13.5 ; 21 ; 31.5
Rotor	:	diamètre ; largeur, soit 106cm ; 160cm

Figure 52 –Broyeur BANDIT BEAST 2680 (2)

4.2. Modalités d'approvisionnement et déroulement du test

Les essais du matériel BANDIT ont démarré avec l'essence la moins dure, Angélique, puis les essences de plus en plus dures, SAINT-MARTIN ROUGE-WACAPOU-BALATA-EBENE.

Le tableau de bord du broyeur n'indiquait qu'une consommation instantanée en US gallons, pas de consommations totalisées.

Figure 53 - Tableau de bord broyeur BANDIT BEAST

La consommation de carburant intrinsèque est composée de celle liée au temps de fonctionnement du moteur au démarrage, au ralenti, au broyage en pointe et au broyage en médian.

Il est constaté que plus le bois est dur, plus la dispersion granulométrique est importante pour les plaquettes obtenues.

La machine est équipée d'un système de protection de l'alimentation en fonction de la charge sur le rotor appelé « no-stress ».

L'alimentation est stoppée automatiquement lorsque le rotor perd du régime afin de lui permettre de reprendre sa vitesse.

Lors de l'essai avec l'essence Ebène, un blocage du rotor est intervenu avec arrachement du couteau le plus à gauche sur le rotor en regardant celui-ci.

Les conséquences de cet incident sont les suivantes :
Blocage mécanique du rotor et donc impossibilité de vérifier l'état des trois autres couteaux et impossibilité de poursuivre les essais avec Ebène et avec les essences européennes sélectionnées par LYAUDET INGEN'R.

4.3. Essais en charge

ESSAI 1 - Bois : ANGELIQUE
10 grumes.
Volume total : 7.530 m3
Poids total : 7.530 T
Temps de fonctionnement moteur : 14mn30 sec
Temps de déchiquetage : 6mn46 sec.
Consommation globale : 9.64 l
Consommation spécifique : **1.28l/t**

Durant cette phase, un blocage d'un tronc en première phase a bloqué le fonctionnement du chargement. Ceci a nécessité un fonctionnement plus long du moteur car le chargement s'est effectué en quatre phases distinctes sans autre arrêt du moteur entre ces phases. La consommation spécifique résultante est donc surévaluée.
Lors de ce premier essai du matériel BANDIT, les réglages ont été modifiés au fur et à mesure pour s'adapter à la dureté du bois. La machine était initialement réglée en vitesse 2 (13.5 m/min) pour le tapis d'alimentation. De manière à prendre en compte la dureté des essences à broyer, la vitesse du tapis d'alimentation a été positionnée en vitesse 1 (7.5 m/min). Lors de cet incident, il a été constaté que les courroies d'entrainement (2x5courroies en parallèle) ont été distendues par échauffement, visible sur le jeu de 5 courroies le plus accessible.

ESSAI 2 - Bois : SAINT MARTIN ROUGE
2 grumes.
Volume total : 1.980 m^3
Poids total : 2.376 T
Temps de fonctionnement moteur : non recensé.
Temps de déchiquetage : 2'36 sec.
Consommation globale : 3.95 l
Consommation spécifique : **1.66 l/t**

ESSAI 3 - Bois : WACAPOU
1 grume.
Volume total : 0.565 m^3
Poids total : 0.679T
Temps de fonctionnement moteur : non recensé
Temps de déchiquetage : 0'34 sec.
Consommation globale : 0.91 l
Consommation spécifique : **1.35 l/t**

ESSAI 4 - Bois : BALATA
1 grume.
Volume total : 0.693 m^3
Poids total : 0.901 T
Temps de fonctionnement moteur : non recensé
Temps de déchiquetage : 1'27 sec.
Consommation globale : 2.33 l
Consommation spécifique **: 2.59 l/t**

ESSAI 5 - Bois : EBENE
3 grumes.
Volume total : 2.293 m^3
Poids total : 2.752 T
Casse en début d'essai 5

L'approche de consommation spécifique est un exercice théorique peu exploitable au regard des quantités broyées par espèce, des réglages effectués lors du passage des 10 grumes d'angélique y compris l'incident, et au regard des prises de temps différentes entre essai 1 et les autres essais. Le chronométrage ayant été effectué manuellement

4.4. Échantillons

Il n'y pas d'échantillonnages pour évaluer la dispersion granulométrique. La grille présentée avec des ajouts horizontaux mis en place par ALM-Bandit agent exclusif en France de Bandit, n'ayant pas permis de produire des plaquettes de tailles constantes.

Des éléments résiduels de forme allongée ont été d'autant plus présents que la dureté du bois augmentait, gage d'une dispersion granulométrique plus importante malgré que la taille des plaquettes constituées, elle, était plus petite avec les essences plus dures (de 10 à 30 mm).

4.5. Puissance et énergie

Les différents résultats présentés, autant pour la consommation spécifique à la tonne au chapitre 5, que pour les items rassemblés dans le tableau ci-après, sont indicatifs mais d'une précision qui reste aléatoire car obtenu avec des actions manuelles.

Pour l'ensemble des essais nous avons appliqué la considération des 80% de la consommation globale arrêtée pour la phase de déchiquetage.

Selon le constructeur, pour des essences non guyanaises, la consommation moyenne est de l'ordre de 65l/h

En tout état de cause, avec des temps d'essai aussi réduits, il est très difficile de valider les résultats ci-après présentés.

Tableau des Résultats des essais BEAST 2680 :

Bille de bois d'œuvre tropical	Temps de fonctionnement moteur (mn)	Temps de déchiquetage (mn)	Consommation carburant pour l'essai (L)	Consommation à l'heure pour déchiquetage (80%) (L/h)	Rendement horaire (m3/h)	Rendement horaire (t/h)
angélique 1	14.50	6.77	9.64	68.35	66.77	66.77
angélique 2						
angélique 3						
angélique 4						
angélique 5						
angélique 6						
angélique 7						
angélique 8						
angélique 9						
angélique 10						
saint martin rouge 1	NR	2.60	3.95	72.92	45.69	54.83
saint martin rouge 2						
wacapou	NR	0.57	0.88	74.54	59.82	71.89
balata 1	NR	1.45	2.33	77.13	28.68	37.28
ébène 1	NR					
ébène 2						
Ebène 3						
TOTAUX	NR	NR	NR	NR	NR	NR

4.6. Usure

Il n'y a pas eu la possibilité de vérifier l'état de 3 couteaux sur 4, et celui qui est visible l'est après son arrachement.

Illustration en photos :

Figure 54 - Couteau neuf (changé avant les essais)

Figure 55 -Rotor côté couteau arraché en début de l'essai 5 Ebène

Figure 56 - Couteau arraché en début de l'essai 5 Ebène

Il est à noter que le couteau en lui-même n'est pas très détérioré bien que son fil soit marqué.

ALM BANDIT a renvoyé des photos des trois autres couteaux après démontage chez ALM Bandit :

Figure 57 - Couteaux après démontage (1)

Figure 58- Couteaux après démontage (2)

Figure 59- Couteaux après démontage (3)

Le rapport de l'incident rédigé par BANDIT et l'analyse des solutions préconisées sont fournies en annexe 4-5.

4.7. Capacité

Bille de bois d'œuvre tropical	*Rendement horaire (t/h)*
angélique 1	*66.77*
angélique 2	
angélique 3	
angélique 4	
angélique 5	
angélique 6	
angélique 7	
angélique 8	
angélique 9	
angélique 10	
saint martin rouge 1	*54.83*
saint martin rouge 2	
Wacapou1	*71.89*
balata 1	*37.28*
ébène 1	*NR*
ébène 2	
èbène3	
Moyenne	*NR*

Les 5 essais BANDIT ont été réalisés dans le sens croissant de la dureté des essences.

Ainsi le rendement t/h devrait apparaître inversement proportionnel à la dureté de l'essence traité. Ce n'est pas le cas pour wacapou mais cet essai est dépendant de son volume de bois disponible, à savoir une seule bille de 0.565 m^3 pour un poids de 0.679t, et bien sûr pour Ebène pour cause d'incident mécanique.

Pour mémoire, le rendement horaire t/h est, hors ébène, de 63.47 pour Bandit contre 59.73 pour KOMPTECH hors ébène.

4.8. Suivi des indicateurs

Les principaux indicateurs renseignés lors des essais pilote sont présentés dans le tableau suivant :

Indicateurs	Notation	Observations
TECHNIQUE		
Type de bois traitable	+	Qualité + représentative quantité - insuffisante
Fixe / mobile	+	Mobile
Alimentation thermique / électrique	+	Thermique
Dimensions (H, L, l)	+	3 980 x 11 500 x 2 490 (broyeur testé)
Poids	+	26 000
Couteaux	-	4 Couteaux intrinsèquement moyens (=) et montage (-) résistance faible
Puissance (kW)	+	586 kW
Capacité	=	
Rendement horaire (t/h)	-	Ebène non dominé
Productivité	-	Ebène non dominé
Usure constatée des pièces après broyage	-	Casse
Qualité du produit en sortie : - granulométrie (dimension de particules), - homogénéité	-	Grille à revoir
Dispositifs de sécurité	- =	Sécurité trop lente sur blocage rotor
Outils disponibles et facilité de changement	+	
Entretien (et outils nécessaires)	+	
Options :		
Pré-broyage		NR
ECONOMIQUE		
Temps passé homme	+	
Niveau de qualification requis	+	
Consommation énergétique	=	
Equilibre CAPEX/OPEX	+	Sous couvert résultat des solutions crédibles proposées par BANDIT
SAV Guyane	=	Mat Pro
Montant de l'investissement	+	Prix compétitif

Symbolisation de la notation des critères :

+ + optimisé
+ adapté
= moyen
- peu adapté
- - pas adapté

4.9. Offre budgétaire

Les tableaux ci-dessous présentent les éléments renseignés par BANDIT :

Caractéristique du broyeur	
Débit moyen (t/h sec)	50
débit max (t/h sec)	80
Puissance max (MW)	800 CV / 586 kW
Puissance mini (MW)	
Puissance moyenne (MW)	
Energie consommée (kWh)	
Energie consommée moyenne (kWh /t AR)	
Energie consommée moyenne (kWh /t sec)	
Energie consommée moyenne (kWh /t sec) - référence bois tendres-	
Consommation (l)	
Consommation (l/h)	55
Temps de fonctionnement du moteur (min)	

Investissement	
Hachoir (k€)	
Convoyeur (k€)	
Equipement électrique (k€)	
Equipement mécanique (k€)	
Autres -à préciser	

Maintenance (pièces d'usure)	Nombre de pièces	Prix Unitaire	Fréquence de changement (en tonne de bois dur et sec)
Contre lames (1ère rangée)			
Contre lames (2ème rangée)	1	318.27	10 000
Plaque d'usure de la plaque d'enclume	NC		
Ensemble de criblage, soudage de réparation	2	2100+1400	50000
Couteau de broyeur (réaffûtables 3 à 4 fois)	5	248	250
Porte couteau			
Attache couteau	20	4.28	1 000

Maintenance (travail)	Nb de personnes	Temps (h/changement)
Grille de criblage	2	0.5
Plaque d'usure de la plaque d'enclume		
Ensemble des contre-lames	2	1
Ensemble des couteaux du broyeur	1	1

Offre de prix :

NATURE	PRIX HT
BROYEUR BANDIT MODELE 3680TRK	552 000.00 €
MOTORISATION CUMMINS 800 CV TIER 2	
MONTAGE SUR CHASSIS CHENILLES CAT	
EMBRAYAGE HYDRAULIQUE	28 200.00 €
VENTILATEUR REVERSIBLE	5 460.00 €
RADIO COMMANDE	
TAPIS D'ALIMENTATION 450 CM DE LONG ET 152 CM DE LARGE	
OUVERTURE DE TRAVAIL 89 X 152 CM	
TAPIS EVACUATION 825 CM	7 080.00 €
ROTOR 5 OU 10 COUTEAUX	18 000.00 €
GARANTIE 1 AN	
TOTAL HT EN EURO	610 740.00 €

NATURE	PRIX HT
BROYEUR BANDIT MODELE 3680XP	508 000.00 €
MOTORISATION CUMMINS 800 CV TIER 2	
MONTAGESEMI- REMORQUE HOMOLOGUEE	40 000.00 €
EMBRAYAGE HYDRAULIQUE	28 200.00 €
VENTILATEUR REVERSIBLE	5 460.00 €
RADIO COMMANDE	
TAPIS D'ALIMENTATION 550 CM DE LONG ET 152 CM DE LARGE	
OUVERTURE DE TRAVAIL 89 X 152 CM	
TAPIS EVACUATION 825 CM	7 080.00 €
ROTOR 5 OU 10 COUTEAUX	18 000.00 €
GARANTIE 1 AN	
TOTAL HT EN EURO	606 740.00 €

4.10. Conclusion Essais BANDIT

Pour ce qui concerne un broyeur mobile, la consommation de carburant est liée au temps de fonctionnement du moteur thermique et non pas uniquement au broyage.

La quantité de bois pour l'essai de broyage est trop faible pour objectiver des rendements et des résultats fermes.

Néanmoins, il peut être relevé les éléments suivants :

La dureté des grumes influence la capacité du broyage, de 65-70 t/h pour le rendement obtenu avec l'Angélique il n'est constaté que 37-40 t/h pour le rendement avec le Balata.

En outre, ces résultats sont obtenus avec des écarts de consommation de carburant, de 65 l/h pour l'Angélique, il est constaté 78 l/h pour le Balata. Il manque la consommation pour l'Ebène qui aurait dû être plus importante.

Une fois encore ces chiffres doivent être considérés avec prudence mais des écarts existent. Il semble que la consommation de carburant par rapport à des essences européennes soit plus importante
Le constructeur annonce que des mesures ont été effectuées sur un broyeur similaire avec une motorisation identique. La méthode de calcul était simple : le plein a été fait, la machine a travaillée pendant X heures et le plein a été fait de nouveau. Il en résulte une consommation moyenne voisine de 65 litres par heures.

Plus le bois est dur, plus la plaquette est petite en moyenne mais avec une dispersion granulométrique plus importante. Le dimensionnement de la grille est à cet égard fondamental.

L'incident machine rencontré en début d'essai 5 avec l'essence Ebène, réputée la plus dure est bien sûr regrettable car ne permet pas de comparaison complète objective.

Néanmoins, il peut être noté les points d'analyse suivants :

- Cet essai a été effectué en septembre 2015 soit après 6 mois de séchage supplémentaires pour les essences guyanaises. Il en résulte que les billes étaient réellement très sèches et compactes, donc plus dures à broyer qu'en février 2015.

- Points négatifs :

  - Le matériel présenté pour l'essai n'était pas le plus approprié pour l'essai :
  - Le rotor ne comportait que 4 couteaux. 5 couteaux auraient été plus adéquats, selon BANDIT.
  - L'avancement du tapis était trop rapide au départ, peut-être à cause d'une confiance trop grande de Bandit. Il est difficile d'interpréter la conséquence de la distension des courroies qui en a résulté.
  - La grille travaillée rapidement pour l'essai n'était pas satisfaisante pour l'obtention de la dimension souhaitée des plaquettes.
  - La conception du montage des couteaux est sous-dimensionnée par rapport à la concurrence (diamètre des boulons de fixation de 16 mm au lieu de 26 mm).

- Points positifs :

  - Le broyeur est de conception mécanique bien rôdée et accessible.
  - La motorisation CUMMINS s'est avérée être d'une puissance satisfaisante.
  - Les couteaux, hors celui qui a été arraché, semblent plus résistants que ceux de l'autre essai de broyeur mobile, mais ceci serait à confirmer avec un volume plus conséquent.
  - L'analyse d'ALM sur la panne du broyeur en cours d'essai et les préconisations qui en résultent apparaissent globalement appropriées.

- Suite à l'incident et au blocage du rotor, ALM Bandit apporte les précisions suivantes, associées à des actions correctives :

  Concernant le blocage du rotor suite à la casse couteau, il s'agissait d'une pièce de métal entre le rotor et la structure.

  Au niveau de la régulation (no stress), la valeur sera abaissée afin d'avoir une régulation plus précoce. De plus, le rotor 5 ou 10 couteaux apporte une plus grande douceur de coupe et donc des impacts moins importants.

  ALM BANDIT souligne que le système de couteaux présent sur la machine est le même que certain broyeurs Bandit (modèle 3680) disposant d'une puissance allant jusqu'à 1 200 cv.

  En ce qui concerne les grilles de calibrage, le rotor 5/10 couteaux est compatible avec les grilles de calibrage classiques offrant une multitude de possibilités et permettant ainsi de gérer au mieux la granulométrie souhaitée.

  Les grilles de calibrage classiques existent en motif :

  - Rond de 2 à 12.5 cm de diamètre (5 grilles)
  - Carré de 2 à 12.5 cm (5 grilles)
  - Losange de 2 à 18 cm (10 grilles)

  En outre, une grande partie de ces grilles peuvent recevoir en option des déflecteurs pour recouper les parties longues.

5. CHAPITRE 5 - SYNTHESE

ANALYSES ET PRECONISATIONS

5.1. Préambule

2 types de broyeurs ont été testés : Fixes et Mobiles :

- Fixes : essai dépendant du site industriel disponible
- Mobiles : essai plus rustique avec moins de surveillance technique possible

Fixes :

- Essai SAALASTI : en pôle avec le meilleur essai en termes de condition et de résultats de l'essai

- Essai PALLMANN : des perspectives intéressantes suite à un essai qui s'est déroulé dans des conditions délicates

Mobiles :

- Essai HANTSCH – KOMPTECH : essai bien préparé, sur le tas, il s'est avéré une résistance mécanique moindre que celle constatée pour les broyeurs fixes lors de l'essai.

- Essai ALM – BANDIT : des qualités non exploitées lors de l'essai car insuffisance de résistance mécanique de la partie introduction et du montage des couteaux du broyeur affecté à l'essai. Le matériel de ce broyeur pour l'essai s'est avéré non adapté au niveau du rotor avec 4 couteaux et de la grille présentée pour l'essai qui ne permettait pas l'obtention de la granulométrie demandée.

5.2. Synthèse comparative des essais sur broyeurs fixes

ESSAI	SALAASTI FennoFrance	PALLMANN
Quantité (m^3)	14.444	12.916
quantité (t)	16.40	14.094
Temps broyage (minutes)	8 min 30	
Débit moyen (t/h AR)	115	
Débit atteint (t/h sec)	82.2	Evalué à 75-80
Débit max (t/h AR)	250	305 sur 2 rondins
Débit max (t/h sec)	178	
1- puissance max (MW)	2.13	
1- puissance mini (MW)	0.15	
1- puissance moyenne (MW)	0.7	
1- energie consommée (kWh)	47	
2- puissance max (MW)	2.5	
2- puissance mini (CV)	0.19	
2- puissance moyenne (MW)	1	
2- energie consommée (kWh)	67	
3- puissance max (MW)	2.64	
3- puissance mini (MW)	0.19	
3- puissance moyenne (MW)	1.1	
3- energie consommée (kWh)	73	
Energie consommée moyenne (kWh /t AR)	11.4	
Energie consommée moyenne (kWh /t sec)	15.9	
Energie consommée moyenne (kWh /t sec) - référence bois tendres-	12.5	
Consommation (l)	-	
Consommation (l/h)		
Temps de fonctionnement du moteur (min)		
MAINTENANCE		
Changement des couteaux (min)	60'x2 personnes, soit 120'	30'x2 personnes soit 60'
Nombre de couteaux	4	4
Fréquence de changement	1 fois/2jours	quotidienne
Coût des couteaux	Neuf : 158€ - Affûtage : 10€ (possible 7 fois = 0.43€/t bois sec)	

Pièces d'usures (€/Tonne bois sec) pour 50 000 t/an bois sec		
Contre lames (1ère rangée)	0.22	0.21
Contre lames (2ème rangée)	0.17	NC
Plaque d'usure de la plaque d'enclume	0.13	0.14
Ensemble de criblage, soudage de réparation	0.03	0.20
Couteau de broyeur	0.43	0.51
Porte couteau	0.08	NC
Attache couteau	0.05	NC
Cout total des pièces d'usure (en €)	**1.11**	**1.06**
Temps de travail des changements (H/an)		
Grille de criblage	2	4
Plaque d'usure de la plaque d'enclume	15	NR
Ensemble des contre-lames	22	18
Ensemble des couteaux du broyeur	164	164
Total heures par an (en heures)	**203**	**186**
INVESTISSEMENT		
Hachoir (k€)	418.25	714.00
Convoyeur (k€)	175.91	76.62
Equipement électrique (k€)	77.91	115.7
Equipement mécanique (k€)	21.56	
Total (k€-HT)	693.63	906.32

Les essais de broyeurs fixes sont dépendants directement de la conception, de la qualité et de la robustesse du broyeur considéré, mais aussi des possibilités existantes sur le site industriel choisi par le Constructeur, pour l'essai proprement dit.

Cela vaut aussi bien pour l'état du matériel que pour la configuration de la ligne de broyage dans son entier.
Celle-ci doit permettre la possibilité d'enregistrement des paramètres, la réservation de cette ligne pour le flux des grumes guyanaises testées et la récupération des broyats réalisés.

A ce titre, l'essai SAALASTI réalisé chez SMURFIT-KAPA était significativement effectué sur une ligne mieux configurée que l'essai PALLMANN réalisé chez UNILIN.

- <u>Ligne de broyage SMURFIT-KAPA pour essai SAALASTI</u>
  Ligne datant de 2010 avec maintenance complète

  - Ligne configurable et configurée pour l'essai
  - Changement des couteaux pour essai avec couteaux neufs
  - Essai hors production du site
  - Possibilité de traiter l'essai, type de grumes par type de grumes en déterminant la chronologie souhaitée : des grumes les moins dures aux plus dures.

- Ligne de broyage UNILIN pour essai PALLMANN
  Ligne datant de 1998 avec maintenance minimale, sans intégration des améliorations préconisées par le Constructeur.

    - Ligne ne permettant que le passage des gaines d'essai dans le flux de la production.
    - Les couteaux rotor et le couteau stator sont inspectés : ils sont en bon état mais ne sont pas neufs pour le déroulement de l'essai.
    - Pas de possibilités de séparer les grumes type par type, car l'écorceur n'assure qu'une alimentation semi-aléatoire, non chronologique par rapport à celle de son entrée.

En synthèse, il ressort la supériorité de SAALASTI pour l'essai intrinsèque, conditions et résultats, mais pour PALLMANN, sa réactivité suite à l'essai est à noter par l'ampleur des améliorations préconisées pour l'exploitation de son broyeur en Guyane.

Enfin en points communs pour ces essais de broyeurs fixes, relevons d'une part, le comportement identique des couteaux qui ne montrent aucune usure après les essais, point positif mais relatif car enregistré avec une quantité insuffisante de grumes pour ce test, et d'autre part, l'optimisation des réglages de cadences de broyage qui s'avère nécessaire en fonction de la dureté des grumes, mais aussi en fonction notamment des diamètres de ces grumes. Les réglages cinématiques, en fonction de la dureté et de la densité du bois exploité, sont le gage d'une meilleure productivité sur le long terme par moins d'arrêts potentiels

5.3. Synthèse comparative des essais sur broyeurs mobiles

ESSAI	KOMPTECH Hantsch	BANDIT ALM	
Quantité (m^3)	13.027	13.063	
Quantité (t)	14.13	14.238	
Temps broyage (minutes)	15.94	11.42	*hors Ebène!*
Débit moyen (t/h AR)	53.19	62.29	*hors Ebène!*
Débit atteint (t/h sec)			
Débit max (t/h AR)	60.3	66.8	
Débit max (t/h sec)	43.1	47.75	
1- puissance max (MW)			
1- puissance mini (MW)			
1- puissance moyenne (MW)			
1- energie consommée (kWh)			
2- puissance max (MW)			
2- puissance mini (CV)			
2- puissance moyenne (MW)			
2- energie consommée (kWh)			
3- puissance max (MW)			
3- puissance mini (MW)			
3- puissance moyenne (MW)			
3- energie consommée (kWh)			
Energie consommée moyenne (kWh /t AR)			
Energie consommée moyenne (kWh /t sec)			
Energie consommée moyenne (kWh /t sec) - référence bois tendres-			
Consommation (l)	25	16.8	*hors Ebène*
Consommation (l/h)	75.28	65	*hors Ebène*
Temps de fonctionnement du moteur (min)		NR	
MAINTENANCE			
Changement des couteaux (min)	30’	60’	
Nombre de couteaux	36	4	
Fréquence de changement	x2/poste		
Cout des couteaux			

Pièces d'usures (€/Tonne bois sec) pour 50 000 t/an bois sec		
Contre lames (1ère rangée)	0.09	NC
Contre lames (2ème rangée)	NC	0.03
Plaque d'usure de la plaque d'enclume	NR	NR
Ensemble de criblage, soudage de réparation	0.05	0.14
Couteau de broyeur	0.81	0.74
Porte couteau	0.18	NR
Attache couteau	0.13	0.09
Cout total des pièces d'usure (en €)	**1.26**	**1.00**
Temps de travail des changements (H/an)		
Grille de criblage	0.37	1
Plaque d'usure de la plaque d'enclume	NR	NR
Ensemble des contre-lames	1.96	10
Ensemble des couteaux du broyeur	185	200
Total heures par an (en heures)	**187.33**	**211**
INVESTISSEMENT		
Hachoir (k€)	770	508
Convoyeur (k€)		
Equipement électrique (k€)		
Equipement mécanique (k€)		25.08
Montage semi-remorque		40
Autres		33.66
Total (k€-HT)	770	606.74
	livré Guyane	

Les essais de broyeurs mobiles sont effectués « sur le tas » avec un environnement technologique minimal dans des conditions plus primaires. Dans ce contexte, les capacités d'enregistrement des paramètres sont plus limitées, car dépendantes d'une part du contrôle-commande embarqué et d'autre part, des possibilités en base arrière de l'importateur du constructeur.

- Les essais sont réalisés avec des couteux neufs,
- Les grumes peuvent être regroupées par type et broyées dans une chronologie choisie : des moins dures aux plus dures.
- Les réglages de départ étaient déterminés par le constructeur. Dans les deux cas, ils se sont avérés être trop optimistes en cadence et cela a pu entraîner des conséquences néfastes significatives.

A ce titre KOMPTECH-HANTSCH s'est avéré mieux armé et plus réactif. Le broyeur était bien préparé pour assurer une granulométrie suivie (plus de 50 % entre 20 et 30 mm) démontrant son expérience réelle en la matière. Pour ce qui concerne les rendements, ils ne peuvent être considérés fiables au regard des quantités trop faibles.

Pour ce qui concerne BANDIT, la grille présentée pour l'essai n'était pas optimisée et donc la granulométrie obtenue n'est pas satisfaisante. Le réglage de la vitesse d'avancement du tapis pour le premier test avec Angélique était trop ambitieux.
Cela a provoqué un blocage et une distension des courroies qui a pu pénaliser la suite.
Les autres problèmes ont été insuffisance de réaction du système de sécurité « no stress » et casse d'un couteau avec Ebène.
Il est à noter également que l'essai BANDIT a été réalisé avec 6 mois de retard par rapport aux autres essais et donc avec des grumes guyanaises plus sèches, susceptibles de durcir les conditions de l'essai.

En commun pour ces deux essais, la résistance moindre et inquiétante des couteaux. La comparaison avec les broyeurs fixes est à ce titre notable.
Mais il semble que des optimisations touchant aux réglages cinématiques des broyeurs ainsi que la prise en compte des modifications préconisées par les constructeurs, soient de nature à modifier et renforcer cette résistance des couteaux des deux constructeurs de broyeurs mobiles.

5.4. Maintenance en Guyane

5.4.1. SAALASTI

Pour son broyeur fixe, SAALASTi préconise la formation par ses soins de l'équipe de maintenance du site.

SAALASTI assure l'aspect logistique pour l'envoi des pièces de rechange après définition de la composition de l'ensemble de première urgence faite lors de la formation dispensée sur site.

5.4.2. PALLMANN

Les usines de production du groupe industriel PALLMANN, ses filiales et son réseau de distribution fournissent un service et une assistance technique lors de la conception, du montage, de la mise en service et de la fourniture de pièces détachées au niveau international.

PALLMANN est notamment implanté en Amérique du Sud au Brésil au travers de sa filiale à DIADEMA (SAO PAULO (PALLMANN do Brasil ind. e Com. Ltda).

5.4.3. KOMPTECH

KOMPTECH a un partenaire commercial SAV en Guyane : société MACHDEAL basée à MATOURY.
Les techniciens ont été formés sur le matériel KOMPTECH.

La mise en service d'une machine est réalisée d'office par un spécialiste de la société HANTSCH qui sera sur place pendant 5 jours pour former l'exploitant sur l'utilisation et la maintenance courante sur la machine.

La maintenance classique peut être assurée par MACHDEAL et les interventions spécialisées peuvent être faites par une assistance téléphonique, voire le déplacement d'un technicien.

Du matériel KOMPTECH est déjà en service en Guyane depuis quelques années.

5.4.4. BANDIT

BANDIT est représenté en Guyane pour la maintenance courante de ses matériels par la société MAT PRO Diffusion implanté à 97351 MATOURY – 994 Allée Entre deux Coteaux. Cette société intervient sur tout le territoire de la Guyane.

5.4.5. Synthèse

SAALASTI	PALLMANN	KOMPTECH	BANDIT
= ou + En fonction de son matériel	++ ou + En fonction de sa réactivité au travers de sa filiale brésilienne implantée à Diadema (temps de parcours)-	++ ou + Fonction capacité MACHDEAL	+ ou = Fonction capacité de MAT PRO
3	2	1	3

SAALASTI répond au travers de la fiabilité de son matériel, et de son expérience, de sa réactivité, et de la réactivité de sa maison mère.

PALLMANN s'appuie sur sa filiale brésilienne, sa formation au démarrage et la qualité de son matériel.

KOMPTECH répond avec une société spécialisée en Guyane implantée à MATOURY après une mise en service complète avec formation d'une semaine entière.

BANDIT répond avec une société mandatée et implantée à MATOURY en Guyane et un matériel de conception simple et expérimentée.

5.5. Aspect CAPEX / OPEX

5.5.1. CAPEX

Nomenclature	SAALASTI FennoFrance	PALLMANN	KOMPTECH Hantsch	BANDIT Alm
Prix départ usine (k€)	694 k€	906 k€	640 k€	607 k€
Transport + taxes – octroi de mer (k€)	55 k€ (transport uniquement)	NR	130 k€	127 k€
Estimation du défaut à rajouter	86 k€	1 k€		
TOTAL	**835 k€ estimé**	**1090 k€ estimé**	**770 k€**	**734 k€**
Rang	3	4	2	1

Saalasti a chiffré uniquement le prix du transport. Estimation du manque estimé à 140 k€

Pallmann n'a pas transmis de prix livré Guyane.

Komptech a chiffré le prix livré.

Bandit a chiffré le prix livré.

5.5.2. OPEX

Nomenclature	SAALASTI FennoFrance	PALLMANN	KOMPTECH Hantsch	BANDIT Alm
Entretien courant (k€)	55 500	53 000	63 000	50 000
Coefficient Guyane	1.10	1.10	1.20	1.20
Entretien courant Guyane (k€)	**61 050**	**58 300**	**75 600**	**60 000**
Main d'œuvre entretien(€) –salarié chargé- **Net * 1.97**	**3 837**	**3 516**	**3 559**	**3 988**
Consommation énergétique	15.9 kWh/t sec 82.2 t/h sec	NR	68 l/h 40 t/h sec	65 l/h hors ébène 62 t/h AR hors ébène
Consommation journalière	15.9 kWh x 82.2 t/h x 8 = 10 456 kWh	NR	68 x 8 = 544 l	68 x 8 = 544 l
Consommation pour 50 000t de bois sec	795 MWh	NR	85 000 l x 0.96 t GNR détaxé	85 000 l x 0.96 t GNR détaxé
Coefficient Guyane	1.10	1.10	1.20	1.20
Coût consommation pour 50 000 t/sec	***Simulation avec 10c€/kWh*** **87 450 €**	**NR**	**97 920 €**	**97 920 €**
TOTAL	**144 387 €**	**NR**	**177 079 €**	**161 908 €**
Rang	1	4	3	2

Il sera noté pour Bandit que le prix départ usine du broyeur en configuration 3680TRK, monté sur chenilles devait être augmenté de 13 000 € pour transport USA-France. Ce coût supplémentaire a été intégré dans l'offre broyeur livré Guyane.

Bandit est affecté de la même consommation que Komptech car n'a pas effectué l'essai Ebène le plus exigent en la matière.

5.6. Analyses et préconisations

5.6.1. Analyses

a. Les essais sur broyeurs fixes

Les essais sur broyeurs fixes ont été préparés par les constructeurs qui ont choisi le site industriel équipé avec leur matériel. Ceci présente l'avantage de pouvoir s'appuyer sur les équipements d'enregistrement et de surveillance sur le process.

A ce titre, le choix de SAALASTI s'est avéré judicieux :

- Utilisation de la ligne de broyage pour l'essai séparément à la production.
- Choix de la séquence des essais du plus accessible au plus exigent.
- Enregistrement spécifique des paramètres du process pendant les essais.
- Réglages adéquates de la ligne en temps masqué entre deux essais.

Le matériel SAALASTI s'est révélé être performant. De fait, l'essai SAALASTI s'est bien déroulé en s'appuyant sur des installations performantes bien entretenues sur le site de Smurfit Kappa à Biganos.

La puissance et le rendement du matériel étaient dimensionnés plutôt par excès.
La qualité dédiée de grumes d'essences dures guyanaise, pour cet essai, était représentative contrairement à la quantité très limitée.
La quantité ne permettait pas de vérifier l'usure en condition industrielle du matériel en général et des couteaux en particulier.

Le rapport matériel / condition de l'essai, de SAALASTI, s'est avéré être le meilleur de l'ensemble des essais de broyage de bois durs guyanais.

La société PALLMANN s'est rendu compte des difficultés à bien mener l'essai avec la ligne de production UNILIN, ancienne, insuffisamment entretenue, hors entretiens courants, et peu flexible pour l'essai.

PALLMANN a réagi à deux niveaux :

- Pour UNILIN : proposition d'amélioration de la ligne.
- Pour le marché guyanais : proposition et explication des améliorations matérielles préconisées.

A ce stade, PALLMANN a fait preuve d'une réactivité performante, qui montre son expérience et son savoir-faire, mieux que l'essai proprement dit.

Son matériel est potentiellement techniquement capable de satisfaire les industriels guyanais.

Le rapport qualité / prix reste à bien cerner car le prix est élevé.

Pour l'OPEX, sans consommations électriques relevées lors de l'essai cet aspect est malheureusement non renseigné.

b. Les essais sur broyeurs mobiles

Les essais de broyeurs mobiles se sont déroulés sur le même site, chaque constructeur amène son matériel à Saint Julien Puy Lavèze chez LYAUDET INGEN'R.

Les conditions des essais sont ainsi réputées comparables et son dépendantes de la logistique embarquée sur les matériels de broyage.
En fait, le retard de BANDIT pour réaliser l'essai a eu un effet pervers sur l'état de grumes guyanaises. En effet, ces grumes ont été plus séchées par les 6 mois supplémentaires comportant la période d'été, et par suite plus compactes et plus dures.

KOMPTECH-HANTSCH a présenté un matériel mieux équipé en capacité d'enregistrement, en termes de grille pour le respect dimensionnel des plaquettes réalisées.

En revanche, le blocage subi entre le rotor et le tapis d'évacuation a posé problème et la résistance des couteaux a été insuffisante en comparaison de ces mêmes équipements pour les broyeurs fixes.

BANDIT a présenté un matériel qui semble robuste et de conception ergonomique satisfaisante.
En revanche, les capacités d'enregistrement étaient insuffisantes et le rotor présenté aux essais, (x 4) couteaux, a posé problème.
Dans ces conditions, cet essai n'est pas globalement probant. Il faut noter que c'est le bloc couteaux gauche du rotor, vu depuis l'alimentation, qui s'est rompu. L'état intrinsèque des couteaux est moins défectueux que celui de KOMPTECH mais bien sûr sans avoir subi l'essai avec les grumes Ebène.
L'analyse des difficultés rencontrées lors de l'essai et suite à celui-ci, les préconisations BANDIT sont crédibles et intéressantes. Cependant l'aspect résistance du montage des couteaux restent posé.
Enfin pour l'OPEX il est apparu légitime de considérer une consommation identique à celle appliquée à KOMPTECH car BANDIT n'a pas de données de consommation avec Ebène cas majorant.

5.6.2. Préconisations

Les conditions d'essais sont assez divergentes entre broyeurs fixes et mobiles.

De plus, dans tous les cas, les quantités à broyer sont vraiment insuffisantes et ne permettent pas de formaliser des conclusions objectives et définitives.

Néanmoins, les remarques suivantes peuvent être développées:

Les broyeurs fixes sont mécaniquement plus robustes, ils sont adaptés à un volume de broyage plus imposant. A cet égard, il a été arrêté un volume de broyage de 50 000 tonnes de bois sec par an en tenant compte de l'aspect saisonnier de l'activité. Cet aspect est important pour toute analyse financière de l'investissement. Analyse qui appartient à chacun des industriels concernés.

Nous introduisons simplement ici une proposition de scénarii à développer pour chacun des industriels :

- broyeur mobile : pour déplacements sur les sites de zones de bois à broyer

- broyeur fixe : avec livraisons des grumes préparées sur les différentes zones de bois à broyer puis transportées sur le site industriel équipé de la ligne complète de broyage.

- broyeur mobile : déplacement vers différents sites industriels équipés d'une aire aménagée pour recevoir le broyeur mobile et permettre le broyage dans des conditions similaires au broyage avec équipement fixe.
  Cette solution doit intégrer la cohérence de l'espace-temps saisonnier, défini pour l'ensemble des broyages des différents sites en termes de volumes, et des temps de broyage associés sur chacun des sites.

Les données connues par chaque industriel pour cette analyse sont :

- tarif électricité – Le tableau des tarifs au 01.08.2015 est fourni en annexe 5.
- tarif du gasoil : pour les déplacements routiers
- tarif du GNR - Gasoil Non Routier- : pour le broyage mobile sur les sites forestiers si administrativement détaxe admissible.

Les données à objectiver par chaque industriel pour cet investissement sont :

- volume de bois à broyer et type de grumes par exercice et évolution à terme.
- montant de l'investissement broyeur envisagé,
- montant de l'investissement de la ligne autour du broyeur si fixe, à voir avec le constructeur du broyeur considéré,
- distance des transports à effectuer par le broyeur mobile ou par le volume de bois à broyer vers le site industriel avec broyeur fixe.
- coût de la maintenance : courante et du gros entretien.

En l'état des investigations réalisées, les préconisations pour ce choix sont en corrélation avec les aspects suivants:

- le comportement du matériel lors de l'essai pratiqué
- La qualité de la granulométrie obtenue lors de l'essai pratiqué
- La maintenance en Guyane
- le montant de l'investissement
- le montant de l'exploitation comprenant consommation et maintenance
- le rapport qualité/prix intégrant les préconisations faites par les constructeurs suite à l'essai et la prise en compte du volume présent d'activité et de son évolution.

COMPORTEMENT vérifié en essai :

1. SAALASTI
2. PALLMANN
3. KOMPTECH
4. BANDIT

QUALITE de la GRANULOMETRIE des PLAQUETTES lors de l'essai :

1. SAALASTI
2. PALLMANN et KOMPTECH
3. BANDIT

MAINTENANCE en GUYANE :

1. KOMPTECH
2. PALLMANN
3. BANDIT et SAALASTI

CAPEX :

1. BANDIT
2. SAALASTI
3. KOMPTECH
4. PALLMANN

OPEX :

1. SAALASTI
2. BANDIT
3. KOMPTECH
4. PALLMANN (NR)

RAPPORT QUALITE-PRIX objectivé après PRECONISATIONS CONSTRUCTEURS :

1. SAALASTI
2. PALLMANN et KOMPTECH et BANDIT

SYNTHESE :

Le rapport QUALITE /PRIX reste fondamentalement fonction du volume :

En théorie, les broyeurs FIXES sont appropriés si volume suffisamment important et croissance attendue, tandis que les broyeur MOBILES sont une alternative intéressante si volume plus restreint et potentiellement moins porteur.

En pratique, il faut également intégrer l'aspect logistique entre les emplacements du bois à broyer et les sites industriels. Ceci intègre les possibilités et les coûts induits des déplacements, soit du bois à broyer vers le broyeur fixe, soit du broyeur mobile vers le bois à broyer

Il appartient à chaque investisseur de choisir la solution appropriée à sa problématique. Pour mémoire il existe une solution hybride qui pourrait être intéressante, à savoir un broyeur mobile itinérant entre sites industriels si l'espace-temps saisonnier permet d'effectuer sur chaque site visité par le broyeur mobile l'ensemble du broyage défini.

Les conclusions du présent rapport, qui peuvent aider à la décision d'investissement, prennent en compte les résultats des essais, mais compte-tenu des limites de ceux-ci, également les préconisations techniques des quatre constructeurs suite à leur essai.

Les préconisations de cette étude sont exposées ci-après :

Malgré les quantités insuffisantes disponibles pour chacun des essais, il ressort au travers de ceux-ci, objectivement, la première position à :

- SAALASTI : pour fiabilité, robustesse et design du matériel, ainsi que pour l'environnement technologique à disposition du broyeur. L'essai a démontré la capacité à fournir une granulométrie définie.

En prenant en compte les possibilités énoncées par les constructeurs en termes de préconisations techniques, suite à l'essai, pour leur offre de matériel adapté au broyage de grumes dures et siliceuses guyanaises, il apparaît que les trois autres constructeurs peuvent intéresser les investisseurs guyanais à divers titres :

- PALLMANN : pour la qualité intrinsèque de ses matériels, ainsi que des choix proposés pour la configuration guyanaise, notamment rouleaux d'introduction, rotor design avec fixation par coins de serrage, système hydraulique de déblocage des couteaux rotor, groupe hydraulique unique, protections en PEHD en zone d'introduction, fixations des vis de serrage avec rondelles Nord-Lock. Cet aspect technologique est le point fort et remarquable de PALLMANN.

- KOMPTECH : pour l'expérience du broyage mobile en termes de conception, de contrôle-commande embarqué et de capacité à délivrer une granulométrie définie. Le manque de solidité des couteaux jetables pourra être amélioré avec des couteaux usinables en développement chez KOMPTECH (existent sur la gamme Chippo). A part ce point, l'essai de ce broyeur mobile s'est correctement déroulé et a permis à HANTSCH-KOMPTECH de produire une offre pertinente.

- BANDIT : pour la simplicité et l'ergonomie de son matériel, et pour les aspects coûts en investissement et en exploitation. Enfin notamment pour sa double compétence dans le broyage fixe et mobile, reconnue sur le continent américain Cette double compétence joue en sa faveur pour les propositions techniques faites suite à l'essai non probant avec une configuration matériel inadéquate. Ainsi BANDIT a su proposer une configuration adaptée de son matériel pour le broyage de bois durs guyanais qui parait crédible et intéressante en termes financiers.

En conclusion, pour l'ensemble des offres budgétaires il appartient aux investisseurs de négocier l'obtention d'une offre engageante au travers d'un cahier des charges dédié. Les quatre offres présentent un intérêt qui peut être au cas particulier de tel ou tel investisseur plus ou moins pertinent, mais seule l'offre SAALASTI s'appuie sur des résultats obtenus lors de l'essai. Pour les autres offres, elles s'appuient sur des préconisations techniques et technologiques crédibles, mais pour autant, elles devraient faire l'objet au cas par cas d'un nouvel essai probatoire à envisager avec le constructeur concerné.