



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Récolte en plaquettes des Taillis à Courte Révolution

Programme REGIX

Synthèse des résultats techniques et économiques

Jean-Pierre Laurier
Nancy Mendow
Christophe Périnot
Patrice Maine
Philippe Ruch

2 février 2010

Sommaire

Introduction	3
1 – Présentation des chantiers récoltés	4
1.1 – Typologie des chantiers de TCR et TTCR	4
1.2 – Caractéristiques des peuplements récoltés	5
2 – Productivité des opérations de récolte	7
2.1 – Tableau général	7
2.2 – Productivité des différentes opérations	7
3 – Coûts de récolte	12
3.1 – Coût des plaquettes rendues chaufferie	12
3.2 – Coûts par grands postes	13
3.3 – Décomposition des coûts par opérations	16
3.4 – Cas de la parcelle de Cloyes	17
4 – Ce qu'il faut retenir pour l'exploitation des TCR	19
4.1 – Quand exploiter ?	19
4.2 – Quelle desserte pour les parcelles ?	19
4.3 – Quels produits façonner ?	19
4.4 – Quelles machines utiliser ?	20
4.5 – Quelle logistique et quelle organisation ?	22
4.6 – Et la formation des hommes ?	22
4.7 – Qu'en-est-il des TTCR ?	23
5 – Perspectives d'amélioration	24
Annexe 1 – Principaux systèmes de récolte à tester en forêt et TCR	25

Introduction

Lors du démarrage de REGIX, début 2006, un protocole de suivi des chantiers FCBA, UCFF, ONF a été établi sur la base de protocoles utilisés par l'ex AFOCEL.

Un document intitulé « *Tests de récolte prioritaires* » a également été rédigé. Il définissait les scénarios de récolte à tester en priorité, tant en forêt qu'en TCR.

Ces dossiers ont été diffusés à l'époque aux partenaires de REGIX et sont consultables sur le site de REGIX. Ils ont été utilisés pour mener les essais relatés ci-dessous.

Le tableau figurant en annexe 1 récapitule les scénarios de récolte envisagés à l'époque. Les cases colorées en vert permettent de visualiser ceux qui ont été effectivement testés en TCR au cours de ce programme REGIX.

Ces scénarios comportent fréquemment un déchetage bord de route par de puissantes machines montées sur camion ou remorque et débitant dans des camions généralement à fond mouvant. Ce genre de technique a actuellement le vent en poupe en France et tend à s'imposer au détriment des autres méthodes envisagées à l'origine du projet (déchetage par machine automotrice sur coupe, fagoteuse...).

Les essais ont été menés avec des entreprises et matériels opérant dans les régions où l'on disposait de parcelles de TCR à maturité. Les produits (plaquettes ou billons) ont été livrés à des chaufferies ou usines locales.

Comme on le verra plus loin, plusieurs scénarios de récolte mécanisée s'avèrent techniquement possibles et économiquement prometteurs.



*Le taillis de peupliers de Cloyes en cours d'abattage mécanisé
avec mise en javelles des arbres abattus*

1 – Présentation des chantiers récoltés

Cinq chantiers de taillis à courte rotation ou très courte rotation (TCR/TTCR) ont été suivis dans le cadre des tests de systèmes de récolte prévus au volet 2 du programme REGIX.

Leurs caractéristiques et modalités d'exploitation sont récapitulées ci-dessous.

- Quatre chantiers de TCR dont 2 en peuplier et 2 en eucalyptus. Deux de ces chantiers étaient en première rotation et 2 en seconde rotation
- Un chantier de TTCR de saules, récolté par AILE en Bretagne

Dans tous les cas il s'agissait de coupes rases.

Certains chantiers ont été récoltés selon une seule modalité méthode de travail/produits. D'autres ont été traités selon 2 modalités (souvent billons + plaquettes). Sur un des chantiers (Cloyes), il a été possible de comparer abattage manuel et mécanisé.

1.1 - Typologie des chantiers de TCR et TTCR

Numéro Nom	Essence(s) Age	Lieu	Produits récoltés	Scénario de récolte
1 St-Vrain (1)	Bouleau Tremble Charme 30 ans	51	Billons BI + Plaquettes BE de cimes	Bûcheronnage manuel Débardage des billons par porteur Débardage des cimes par porteur Déchiquetage cimes bord de route Transport en chaufferie locale
2 Denguin	Eucalyptus (Gundal et Gunni) 10 ans	64	Billons déchiquetés en usine	Bûcheronnage mécanisé Débardage des billons par porteur Transport des billons en usine Déchiquetage en usine
3 Aléria	Eucalyptus globulus 2 ^{ème} rot 18 ans	02B Corse Est	Plaquettes d'arbres entiers déchiquetés bord de route	Abattage mécanisé par pelle mécanique + mise en javelles Débardage des arbres entiers par skidder Déchiquetage bord de route Transport au dépôt puis reprise/livraison au client
4 Auvillars	Peuplier (Beaupré et Bolaere) 2 ^{ème} rot 10 ans	21 Vallée Saône	Billons BI + Plaquettes de cimes	Bûcheronnage mécanisé Débardage des billons et cimes par porteur Transport des billons en usine où ils sont déchiquetés Déchiquetage des cimes BdR Transport des plaquettes en chaufferie locale
5 Pleyber Christ	Saules 1 ^{ère} rot 3,5 ans	29	Plaquettes de tiges entières	Abattage par récolteuse prototype Dépôt des tiges BdR Déchiquetage BdR Transport en chaufferie locale
6 Cloyes	Peuplier (Bolaere et Beaupré) 1 ^{ère} rot 12 ans	51 Vallée Marne	Plaquettes d'arbres entiers	Abattage mécanisé par tête à cisailles + constitution de javelles Débardage des arbres entiers par porteur Déchiquetage BDR Transport des plaquettes en usine

(1) : Le chantier de St-Vrain est un chantier de taillis classique suivi par FCBA peu avant le démarrage de REGIX et qui a servi de modèle pour la mise au point de la fiche de suivi et des protocoles de mesure avec les partenaires ONF et UCFF. Il est rappelé ici à titre de comparaison.

Les chantiers d'Auvillars et de Cloyes sont situés en fond de vallée et inondables. Le débardage des cimes à Auvillars a dû être reporté deux fois en raison de mauvaises conditions météo, ce qui illustre bien le risque encouru pour cette essence.

Les autres chantiers sont sur des terrains sains et de portance correcte.

1.2 - Caractéristiques des peuplements récoltés

Numéro Nom	Essence(s) Age	Surface (ha)	Masse des produits récoltée (1)	Masse des tiges fraîches (kg)	Diamètre et hauteur des tiges (2)	Masse /ha (tb/ha ts/ha)
1 St Vrain	Bouleau Tremble Charme 30 ans	12.2	BI : 1314 t Plaq : 826 t	Cimes de longueur 8 à 10 m	Cimes D : 12 cm H : 8 à 10 m	BI : 108 tb/ha en billons Plaq : 67 tb/ha soit 45 ts/ha
2 Denguin	Eucalyptus (Gundal et Gunnii) 1 ^{ère} rot 10 ans	8	Billons : Gundal : 229 t/ha Gunnii : 171 t/ha	Gundal : 420 dm ³ Gunnii : 266 dm ³	D : 19 à 21 cm H : 20 à 23 m	Gundal : 220 tb/ha soit 126 ts/ha Gunnii : 171 tb/ha soit 95 ts/ha
3 Aléria	Eucalyptus globulus 2 ^{ème} rot 18 ans	6.14	Plaquettes : 1230 t	165 kg	D : 13 cm H : 19 m	200 tb/ha soit 100 ts/ha
4 Auvillars	Peuplier (Beaupré et Bolaere) 2 ^{ème} rot 10 ans	1.75	BI : 142 t Plaquettes : 32 t	101 kg	D : 14,3 cm H : 15 m	Bi : 81 tb/ha soit 45 ts/ha + Plaquettes : 18 tb/ha ou 12,5 ts/ha
5 Pleyber Christ	Saules 1 ^{ère} rot 3,5 ans	3.8	Plaquettes : 133 t	Environ 1,5 kg	D souche : 3 à 5 cm H : 3,5 à 5 m	Plaq : 35 tb/ha ou 19 ts/ha
6 Cloyes	Peuplier (Bolaere et Beaupré) 1 ^{ère} rot 12 ans	1.9	Plaquettes : 157 t	85 kg	D : 13,5 cm H : 15,40 m	Plaq : 106 tb/ha ou 41 ts/ha

(1) : masse effectivement récoltée sur la parcelle en tonnes brutes

(2) : D, diamètre à 1,30 m en cm et H, hauteur totale en m

(3) : tb : tonnes brutes (à un taux d'humidité variable qui est celui de l'arbre ou du produit au moment où on le façonne) et ts : tonnes sèches (ou anhydre)

BI : billons

Plaq : plaquettes

La biomasse effectivement récoltée par hectare varie énormément selon les parcelles :

- seulement 35 tonnes brutes/ha (19 ts/ha) à Pleyber Christ en TTCR de saules qui n'ont que 3,5 ans. D'autres TTCR de AILE exploités depuis ont fourni un peu plus : 47 tb/ha
- environ 100 tonnes brutes /ha pour les 2 TCR de peupliers (99 tb et 106 tb/ha)
- 200 tonnes brutes /ha (100 ts/ha) en eucalyptus à Aléria car les arbres sont âgés et en deuxième rotation (18 ans)
- 229 tb/ha et 171 tb/ha respectivement en eucalyptus Gundal et Gunnii à Denguin. Les cimes n'ont pas été récoltées sur cette parcelle, mais les arbres y présentaient un volume unitaire élevé. On a distingué les 2 clones car ils présentaient des densités de plantation et des volumes unitaires très différents.
- 67 tonnes brutes /ha (45 ts/ha) de plaquettes en taillis classique à St-Vrain en ne récoltant que les cimes.

D'ores et déjà, on voit qu'en pratique :

- les TTCR ne prélèveront que 40 à 50 tonnes brutes/ha (20 à 25 ts/ha à raison de 6,3 ts/ha/an) à 3 ou 4 ans.
- les TCR de peupliers fourniront plutôt au minimum 100 tonnes brutes/ha (environ 50 ts/ha) **même s'ils ont connu divers aléas comme c'est le cas ici**, ceci à 8/10 ans.
- les TCR d'eucalyptus ont un potentiel plus élevé, jusqu'à environ 200 tonnes brutes/ha mais à 10/12 ans

Le volume unitaire des tiges ou leur masse brute moyenne s'étale :

- de quelques kg par tige en TTCR à 10/12 000 tiges/ha
- à 85/100 kg/arbre en peupliers à 2 000 t/ha
- et de 200 à 400 dm³/arbre en eucalyptus à basse densité à 500/600 tiges/ha (masse volumique : 1,09 t/m³)

Ces prélèvements et ces dimensions et masses par tige très différents conduisent à des méthodes et moyens de récolte qui ne peuvent être identiques.

On peut façonner des billons en TCR de peuplier et d'eucalyptus, et donc utiliser des machines de bûcheronnage et d'autres matériels classiques forestiers pour bois ronds. Les déchiqueteuses doivent être de forte capacité, en particulier si elles absorbent les arbres entiers.

Par contre, les TTCR composés de tiges beaucoup plus petites, moins hautes (3 à 5 m) mais très nombreuses, vont nécessiter des machines de récolte spécifiques qui n'existent pour la plupart qu'au stade du prototype (remorque récolteuse de tiges suivie à Pleyber Christ ou ensileuse).

2 – Productivité des opérations de récolte

2.1 – Tableau général

Les productivités sont indiquées en tonnes brutes (tb) /heure machine pour les engins et en tonnes brutes par heure de présence pour les bûcherons.

Numéro Nom	Essence(s) Age	Abattage manuel	Abattage mécanisé	Bûch méca	Débard porteur	Débard skidder	Déchi- tage Transport
1 St-Vrain	Taillis classique	0,6 tb/h (chablis difficile)	/	/	4,8 tb/h (cimes)		9,3 tb/h
2 Denguin	Eucalyptus 1 ^{ère} rot	/	/	17m3/ h et 14 m3/h	13,3 tb/h (billons)		
3 Aléria	Eucalyptus 2 ^{ème} rot	/	6,2 tb/h	/	/	9 tb/h (arbres entiers)	9 tb/h
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot			7,1 tb/h	11,7 tb/h (billons) 1,8 tb/h (cimes)		7,1 tb/h
5 Pleyber Christ	Saules 1 ^{ère} rot	/	11 tb/h (récolteuse)	/	/		11 à 19 tb/h
6 Cloyes	Peuplier 1 ^{ère} rot	7 tb/h	13,8 tb/h		22 tb/h (arbres entiers)		21 tb/h

2.2 – Productivité des différentes opérations

Une fiche par chantier décrit précisément les matériels et techniques mis en œuvre (voir livrable L17a sur le site REGIX).

L'abattage manuel a été suivi à Cloyes où il donne de bons résultats (7tb/h), mais s'avère très pénalisant au débardage car le bûcheron ne rassemble pas les perches en javelles et laisse des tiges trop éparpillées.

Compte tenu des difficultés qu'ont les exploitants forestiers à recruter des bûcherons pour opérer en petits bois, il ne paraît pas envisageable de bâtir un processus de récolte de TCR sur un abattage manuel. On ne trouvera pas de main d'œuvre fiable pour manutentionner à longueur de journée des tiges qui pèsent chacune plusieurs dizaines de kg. L'opération est réalisable à petite échelle mais utopique en exploitation de grande envergure.

A St-Vrain, les résultats sont peu représentatifs car des zones de chablis rendaient la progression des bûcherons particulièrement difficile.

L'abattage mécanisé avec mise en javelles par petite tête à cisailles à Cloyes apparaît prometteur avec 13,8 tb/heure.

A Aléria, il n'est guère significatif car la machine est très âgée et devenue peu fiable. Une tête à cisailles sur pelle mécanique en bon état est capable de traiter au minimum 15 tb/h. Une tête à scie circulaire conviendrait également mais il n'a pas été possible de le vérifier faute de machine disponible sur le territoire. Sa productivité serait encore supérieure (les machines canadiennes de ce genre opérant en petits résineux produisent couramment 20 à 25 tonnes brutes /heure avec mise en javelles orientées).



Le porte-outils John Deere et la tête à cisailles Moipu

Le bûcheronnage mécanisé avec façonnage de billons par des machines pour résineux a été testé en peuplier à Auvillars et en eucalyptus à Denguin. Il est décevant à Auvillars (7,1 tb/h) en raison du manque de maturité du conducteur. On avait fait mieux en 1996 sur cette même parcelle lors de la première rotation et avec des arbres plus petits.

Il est performant à Denguin car on opère dans des gros bois (0,266 et 0,420 m³). La courbe de productivité en fonction du volume unitaire des arbres est éloquente (voir fiche chantier n°2). Le même phénomène avait été observé dans quelques chantiers réalisés avant REGIX et est bien connu en résineux (courbes de la forme Productivité = a racine de Vu + b, Vu étant le volume unitaire moyen des arbres récoltés).

Il n'a pas été possible de tester les machines dans des billons plus longs (4 m ou 6 m) qui se prêteraient bien à un déchiquetage ultérieur. L'expérience acquise en résineux montre des gains de l'ordre de 10 à 15 % dus à une vitesse de défilement de l'arbre plus élevée (la phase d'accélération et de décélération fait perdre du temps en début et en fin de billon).



Une machine de bûcheronnage Silvatec en peupliers

Une tête de bûcheronnage Waratah sur pelle mécanique en eucalyptus

Le débardage de billons a lieu avec de bonnes productivités dès lors que l'on a un prélèvement important par ha, ce qui est toujours le cas en TCR, et de faibles distances de débardage. Cela se vérifie à Auvillars et plus encore à Denguin (13,3 tb/h).

On retrouve là des paramètres bien connus en forêt classique.

En TCR de peupliers, les terrains sont a priori plus sensibles et mouilleux car situés en fond de vallées. La fourchette de temps disponible pour débarder sera généralement étroite mais les productivités élevées.

Le débardage des cimes ou des arbres entiers :

- **En ce qui concerne les cimes**, les mauvais résultats enregistrés à St-Vrain (4,8 tb/h) et à Auvillars (1,8 tb/h) confirment quelques résultats antérieurs. Ils s'expliquent par l'énorme foisonnement des cimes et branchages : on charge seulement 1,33 tonne par voyage sur une remorque de capacité 9 tonnes à Auvillars et 3,6 tonnes par voyage sur un porteur de capacité 14 tonnes à St-Vrain. Quoique l'on fasse, les engins manifestement sous chargés ne peuvent réaliser que de mauvaises performances.
Pour améliorer la situation, il faut impérativement laisser plus de bois marchand dans les cimes pour augmenter leur masse et donc réduire leur foisonnement pour aboutir à des chargements convenables. Il faut également aménager les porteurs afin qu'ils puissent contenir un plus grand volume (ranchers rehaussés ou élargis comme le proposent maintenant certains constructeurs).
A Auvillars l'utilisation d'une remorque de type agricole dotée d'une grue trop faible amplifie encore les mauvais résultats. Il faut retenir qu'une grue puissante (8 tonnes x mètres mini) et surtout de grande portée (8 à 10 mètres) est indispensable pour remuer ce genre de biomasse encombrante.



Le foisonnement des cimes de peuplier conduit à sous charger l'engin de débardage.

Enfin, la récolte simultanée de billons et de cimes paraît tout simplement à exclure, au moins sur de petites parcelles. A Auvillars, on n'a récupéré que 32 tonnes brutes sur 1,75 ha soit 2 camions à fond mouvant représentant 14 tonnes sèches/ha.

Il aurait été préférable de tout façonner en billons en allant jusqu'à un fin bout plus faible (par exemple 5 ou 6 cm). Ainsi, au lieu de récupérer 142 tonnes brutes de billons, on aurait récolté environ 160 tonnes et éliminé le débardage et déchiquetage des cimes trop coûteux sur une aussi petite parcelle.

- **En ce qui concerne le débardage d'arbres entiers**, la parcelle de Cloyes fait apparaître une très bonne productivité de 22 tb/h. La charge transportée atteint 8,4 tonnes pour une capacité de l'engin de 14 tonnes et la distance de débardage est courte (190 m).

Par contre des arbres d'environ 15 m de long s'avèrent un maximum à ne pas dépasser sous peine de déséquilibrer l'engin (centre de gravité de la charge proche de l'arrière du plateau lequel mesurait 5 m).

Au-delà, il faudrait découper les javelles en 2, soit à la tronçonneuse soit au grappin tronçonneur sur porteur ce qui introduirait un surcoût.

En principe, on ne devrait pas rencontrer ce cas en peuplier. On pourrait l'avoir en eucalyptus (hauteur moyenne des arbres 20 m et 23 m à Denguin).



Le débardage d'arbres entiers avec un gros porteur Timberjack

Le déchiquetage/transport des cimes ou des arbres entiers :

Les productivités s'étalent sur une large fourchette de 7 à 21 tb/h, car elles dépendent entre autres de la logistique mise en œuvre pour le transport des plaquettes par camions bennes (St-Vrain) ou camions à fond mouvant (tous les autres chantiers).

A noter que la technologie du fond mouvant, déjà largement répandue entre scierie et usines de trituration se généralise au broyage en forêt : la capacité de 85 à 90 m³ est supérieure à celle des camions bennes (souvent 60 à 70 m³). Le camion à fond mouvant n'a pas besoin d'une hauteur sous plafond élevée, ce qui lui permet de se décharger dans diverses conditions de stockage y compris sous divers hangars. Son temps de déchargement est de 11 à 12 minutes.

La productivité est faible à Auvillars (7,1 tb/h), car un seul camion est présent et la déchiqueteuse s'arrête pendant qu'il va livrer. Par ailleurs, il est obligé de manœuvrer à reculons sur quelques centaines de mètres pour se placer à l'arrière de la déchiqueteuse (chemin étroit, pas d'accotement stable). Il n'était pas envisageable de déplacer 2 camions pour 32 tonnes seulement.

On notera que même sur distance très courte (ici 12 km), il faut près d'une heure (57 min) pour transporter, peser, décharger les plaquettes puis revenir à vide. Pendant ce temps, une déchiqueteuse puissante et bien conduite peut remplir un second camion (ici elle mettait 76 minutes).

La productivité est élevée à Cloyes en raison de plusieurs facteurs :

- la déchiqueteuse est très puissante (540 ch) et dotée d'une bonne grue,
- les arbres sont longs (15,5 m), bien empilés sur une hauteur de plus de 4 m et en un seul endroit,
- le conducteur est expérimenté et adroit,
- les camions peuvent manœuvrer à un carrefour situé à une trentaine de mètres et stationner à proximité immédiate de la déchiqueteuse.



3 – Coûts de récolte

3.1 – Coûts des plaquettes rendues chaufferie

Les coûts ci-dessous concernent des plaquettes rendues usine ou chaufferie. Ils sont exprimés en €/tonne brute puis en €/tonne sèche et enfin en €/MWh.

Ils intègrent systématiquement un poste frais de gestion mais pas de marge.

Lorsque les bois ont été transportés en billons à l'usine, ce coût intègre le déchiquetage sur parc à bois de l'usine.

Numéro Nom	Essence(s) Age	Scénario Produit	Distanc chauff. (km)	Coût par tonne brute	Coût par tonne sèche	Coût par MWh	Remarques
2 Denguin	Eucalyptus 1 ^{ère} rot	Billons usine	117	41/ 43 (45 %)	75/78	15/16, 5	2 clones
3 Aléria	Eucalyptus 2 ^{ème} rot	Plaquettes BdR	8	43 (45 %)	83	16,5	Plaquettes sur plate forme
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot	Billons usine	16	40 (50 %)	80	15,7	
		Plaquettes cimes BdR	12	76,5 (22 %)	97,5	20,6	Bois gratuit (cimes)
5 Pleyber Christ	Saules 1 ^{ère} rot	Plaquettes BdR	8	/	106	20,8	Matière estimée PCI supposé 5000 kwh/ts
6 Cloyes	Peuplier 1 ^{ère} rot	Plaquettes BdR	46	45 (40 %)	87	16,7	En abattage mécanisé

En TCR, les coûts de récolte les plus faibles sont enregistrés en eucalyptus (Denguin) avec 75/78 €/ts et 15/16,5 €/MWh.

On peut y voir l'effet favorable des arbres de gros volume unitaire et de gros prélèvements par ha bien connu en bois d'industrie.

La filière billons d'eucalyptus déchiquetés en usine est moins chère que la filière arbres entiers déchiquetés bord de route (Aléria). Mais il faut noter que les coûts d'Aléria ont été reconstitués sur la base de matériels récents et restent à affiner.

Dans les TCR de peuplier, c'est la filière plaquettes d'arbres entiers (Cloyes) qui s'avère la moins coûteuse.

La filière la plus coûteuse est le déchiquetage des cimes à Auvillars pour les raisons évoquées précédemment qui mettent en cause la récolte simultanée de deux produits. Et ceci malgré un bois sur pied gratuit.

Le TTCR de saules constitue le scénario le plus coûteux. Mais ces résultats restent à approfondir, car il s'agit avant tout d'un essai de faisabilité qui a été mené à Pleyber avec un matériel de pré-série, ainsi qu'une technique et des opérateurs en phase de démarrage.

3.2 – Coûts par grands postes de récolte

Le tableau ci dessous récapitule les coûts en €/tonne sèche par grands postes de récolte :

- bois sur pied,
- exploitation : abattage/bûcheronnage, débardage, déchiquetage. Les frais généraux ont arbitrairement été affectés à ce poste qui est toujours le plus important.
- transport en usine ou chaufferie.

Le coût bord de route et le coût rendu chaufferie apparaissent en grisé.

Afin de permettre les comparaisons, la filière billons apparaît en début de tableau, puis les plaquettes d'arbres entiers, puis les plaquettes de cimes. Le TTCR vient en dernière ligne.

Les coûts du bois sur pied sont ceux qui ont été pratiqués sur les parcelles suivies.

A Auvillars, les billons de peuplier sont payés 6,5 €/tb et les cimes sont gratuites. A Pleyber, parcelle expérimentale conçue pour d'autres objectifs que le bois énergie, le prix du bois sur pied a été estimé.

Ailleurs, le prix des bois varie de 5 €/tb (peuplier Cloyes) à 11 €/tb (eucalyptus Denguin). On notera que l'eucalyptus est cher en raison de sa valeur papetière dans le sud de la France.

Le graphique page suivante conserve cette présentation.

Coûts en €/tonne sèche

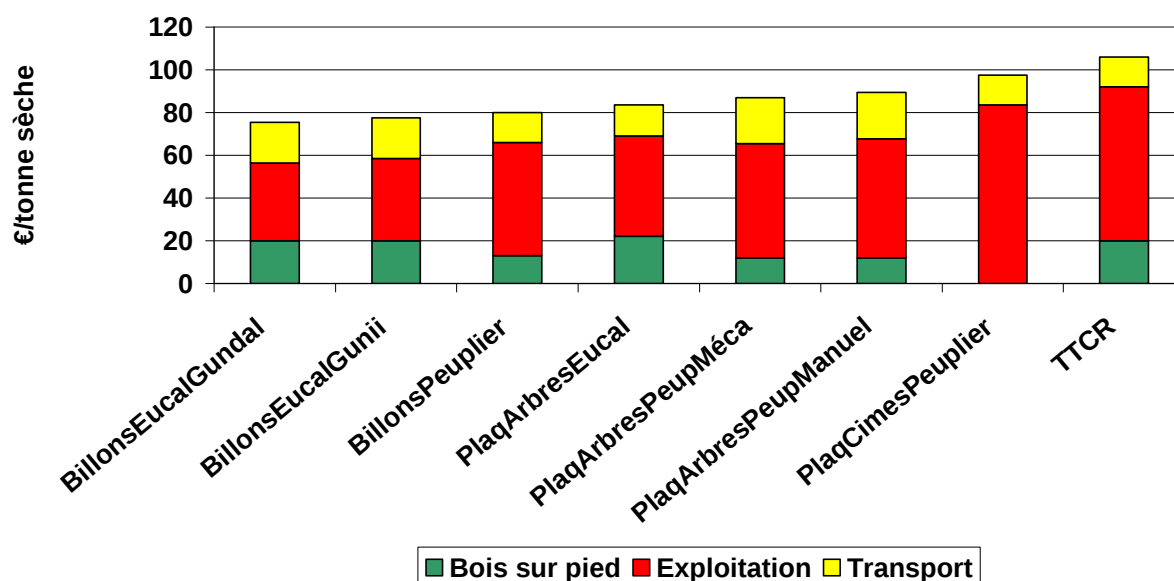
Numéro Nom	Essence(s) Age	Scénario Produit	Dist chauf (km)	Bois sur pied (a)	Coût explo (b)	Sous total BdR (a + b)	Coût transp (c)	Total rendu chauf (a+b+c)
2 Denguin - Gundal - Gunii	Eucalyptus 1 ^{ère} rot	Billons usine	117	20	36,4	56,4	19,1	75,5
				20	38,5	58,5	19,1	77,6
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot	Billons usine	16	13	53	66	14	80
3 Aléria	Eucalyptus 2 ^{ème} rot	Plaquettes d'arbres entiers	8	22	47	69	14,5	83,5
6 Cloyes mécanisé	Peuplier 1 ^{ère} rot	Plaquettes d'arbres entiers	46	11,9	53,5	65,4	21,6	87
6 Cloyes manuel	Peuplier 1 ^{ère} rot	Plaquettes d'arbres entiers	46	11,9	55,9	67,8	21,6	89,4
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot	Plaquettes de cimes	12	0	83,5	83,5	14	97,5
5 Pleyber Christ	TTCR Saules 1 ^{ère} rot	Plaquettes BdR	8	20	72	92	14	106

Le coût rendu chaufferie des billons ressort entre 75 et 80 €/tonne sèche (déchiquetage en usine inclus). Cette filière billons apparaît performante, probablement parce qu'elle est bien rodée en bois d'industrie où les prix sont depuis longtemps maîtrisés, alors que la filière plaquettes n'en est qu'à ses débuts.

Le coût des plaquettes d'arbres entiers est un peu plus élevé, dans la fourchette de 83 à 89 €/ts. Les plaquettes de cimes sont les plus chères (97,5 €/ts).

Pour le TTCR, ce coût n'est qu'indicatif mais élevé à 106 €/ts.

Coûts de récolte des TCR décomposition par grands postes



La distance de transport a ici un effet limité sur la variation du coût rendu (fourchette de 14 à 22 €/ts selon les chantiers).

Mais le poste transport représente en général 25 % de l'ensemble. Il ne descend vers 15 % que dans deux cas très favorables où la distance est inférieure à 15 km.

Le bois sur pied a un impact fort en eucalyptus où il atteint 26 % du coût rendu. En TTCR, il faudra bien entendu intégrer un coût du bois sur pied qui sera au moins du même niveau et probablement plus élevé, compte tenu du nombre de tiges très élevé planté par ha.

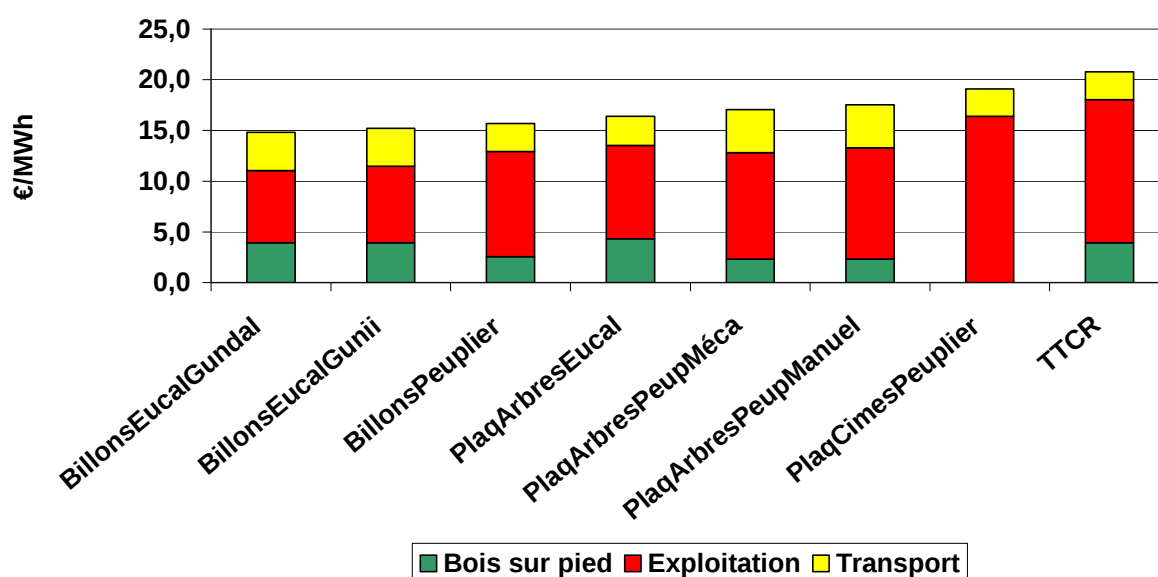
Mais le grand poste de dépense réside dans l'exploitation qui atteint des sommets dans le scénario récolte de cimes et également en TTCR (voir § 3.3).

Le tableau ci-dessous reprend les mêmes informations, exprimées en €/MWh.
Les coûts ont été calculés à partir de ceux de la matière sèche en prenant un PCI de 5,1 MWh/tonne sèche pour peuplier et eucalyptus.

Coûts en €/MWh

Numéro Nom	Essence(s) Age	Scénario Produit	Dist chauf (km)	Bois sur pied (a)	Coût exploit (b)	Sous total BdR (a + b)	Coût transp (c)	Total rendu chauf (a+b+c)
2 Denguin - Gundal - Gunii	Eucalyptus 1 ^{ère} rot	Billons usine	117	3,9	7,1	11,1	3,7	14,8
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot	Billons usine	16	3,9	7,5	11,5	3,7	15,2
3 Aléria	Eucalyptus 2 ^{ème} rot	Plaquettes d'arbres entiers	8	2,5	10,4	12,9	2,7	15,7
6 Cloyes mécanisé	Peuplier 1 ^{ère} rot	Plaquettes d'arbres entiers	46	4,3	9,2	13,5	2,8	16,4
6 Cloyes manuel	Peuplier 1 ^{ère} rot	Plaquettes d'arbres entiers	46	2,3	10,5	12,8	4,2	17,1
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot	Plaquettes de cimes	46	2,3	11	13,3	4,2	17,5
4 Auvillars	Peuplier 2 ^{ème} rot	Plaquettes de cimes	12	0	16,4	16,4	2,7	19,1
5 Pleyber Christ	TTCR Saules 1 ^{ère} rot	Plaquettes TTCR	8	3,9	14,1	18	2,7	20,8

Coûts de récolte des TCR Décomposition par grands postes



On se situe entre 15 et 17,5 €/MWh pour la filière billons et la filière plaquettes d'entiers, dont 11 à 13,5 € en coût bord de route. Le scénario plaquettes de cimes atteint 19 €/MWh.

3.3 – Décomposition des coûts par opérations

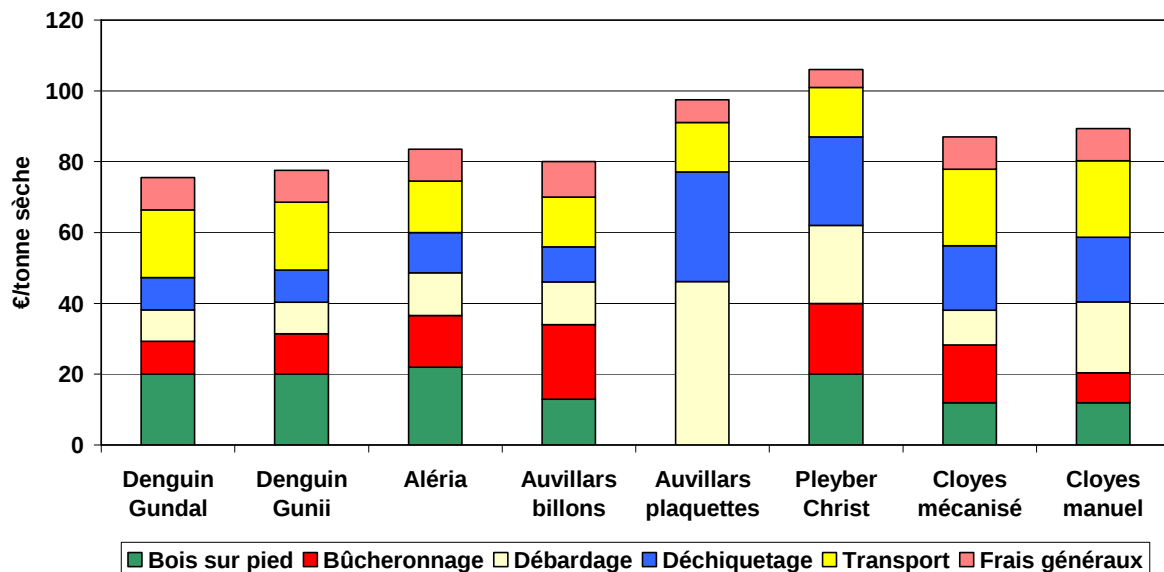
Coûts en €/tonne sèche selon les opérations de récolte

Numéro Nom	Scénario Produit	Bois sur pied	Bûch ou abat	Débard	Déchiq	Trans	Frais généraux	Total
2 Denguin (eucal)	Billons usine	20	9,3gud 11,4gu	8,9	9,1	19,1	9,1	75,5 77,6
3 Aléria (eucal)	Plaquettes BdR	22	14,6	12	11,4	14,5	9	83,5
4 Auvillars (peup)	Billons usine	13	21	12	10	14	10	80
	Plaquettes cimes BdR	0	0	46,2	44,9		6,4	97,5
5 Pleyber Christ (saule)	Plaquettes BdR	20	42		25	14	5	106
6 Cloyes (peup)	Plaquettes BdR	11,9	Méca : 16,4	9,7	20,2	23,6	9,1	90,9
		11,9	Manuel : 8,5	20	20,2	23,6	9,1	93,3

En gris, les résultats économiques atypiques :

- plaquettes d'Auvillars chères car petit chantier de 32 tonnes pénalisé par le débardage des cimes et leur déchiquetage,
- plaquettes de Pleyber Christ peu fiable en termes de coûts car objectifs de dépollution et machines prototypes.

Coûts de récolte des TCR Décomposition par opérations



Ces coûts reflètent les difficultés techniques et les productivités enregistrées au §2.

On notera :

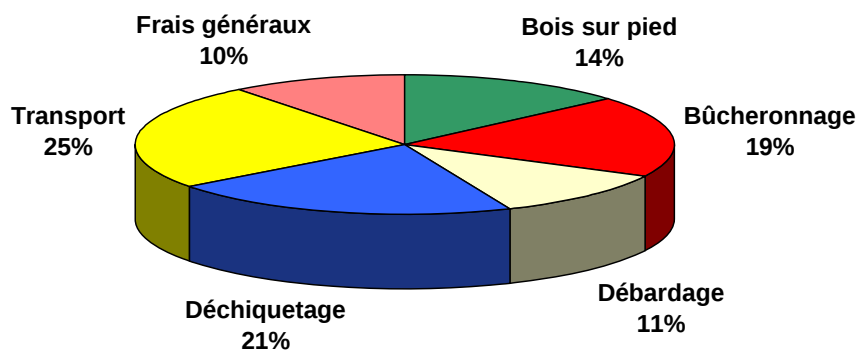
- le faible coût du bûcheronnage mécanisé avec tête à cisaille à Cloyes,
- le faible coût du bûcheronnage mécanisé et du débardage dans l'eucalyptus planté à faible densité pour cause de gros volumes unitaires et de forts prélèvements par ha,
- le coût global élevé dans les plaquettes de cimes à Auvillars bien que l'on n'ait pas compté de bois sur pied et affecté l'intégralité du coût de bûcheronnage aux billons.

3.4 – Cas de la parcelle de Cloyes

Cette dernière parcelle de peupliers a été exploitée dans des conditions de terrain très favorables et avec des matériels récents, selon le scénario du déchiquetage d'arbres entiers en bord de route. Mise à part sa surface trop faible, elle semble représentative de futures plantations dédiées à la biomasse.

Le graphique et le tableau ci-après rappellent les coûts que l'on y a enregistrés dans la modalité bûcheronnage mécanisé.

Cloyes - Répartition des coûts de récolte (avec bûcheronnage mécanisé)



	€/tonne brute	€/tonne sèche	€/MWh
Bois sur pied	5	11,9	
Abattage mécanisé	6,9	16,4	
Débardage arbres entiers	4,1	9,7	
Déchiquetage bord de route	11	18,3	
Frais généraux	5	9,1	
Sous total bord de route	32	65,4	12,8
Transport	13	21,6	
Plaquettes rendues usine	45	87	17,1

4 – Ce qu'il faut retenir pour l'exploitation des TCR

4.1 – Quand exploiter ?

Pour le peuplier, il est impératif de récolter hors sève afin d'assurer une bonne reprise des rejets. On s'est parfois affranchi de cette règle sur des parcelles qui allaient être abandonnées par le propriétaire (attaques de rouille). Mais un essai antérieur, dans les années 1995, avec abattage en septembre alors que les arbres étaient encore en sève avait abouti à une absence quasi-totale de rejets et à l'abandon de la parcelle. On dispose donc de la fourchette d'octobre à mars pour l'abattage et également le débardage.

Les parcelles étant souvent en fond de vallée, sur terrain mouilleux, il faut disposer d'entreprises bien équipées capables de réaliser rapidement l'exploitation le moment venu, en fonction de la météo.

Le déchiquetage sera réalisé ultérieurement. Il s'avère encore possible un an après abattage sans que les bois soient cassants, avec un taux d'humidité faible de l'ordre de 20 %.

L'exploitation hors sève permet de produire des plaquettes sans feuilles et d'éviter ainsi l'exportation des minéraux correspondants.

Pour l'eucalyptus, dont les feuilles sont persistantes, la fourchette préconisée par les sylviculteurs est plutôt de février à avril.

En ce qui concerne les TTCR de saules, la parcelle de Pleyber Christ abattue en feuilles (mi avril) a bien rejeté mais l'importante quantité relative de feuilles plus ou moins altérées dans les piles a provoqué des bourrages au déchiquetage et conduit à un broyat peu satisfaisant. Comme en peupliers, il faudrait opérer hors feuilles.

4.2 – Quelle desserte pour les parcelles ?

Une déchiqueteuse puissante (400 à 500 Ch) est capable de remplir un camion de 80 à 90 m³ en 30 à 45 minutes. Une déchiqueteuse « moyenne » 200 à 400 Ch le fera en 60 à 90 minutes.

Sur distance de livraison courte (moins de 50 km - cycles d'environ 2 heures), il faut au moins deux camions pour tenir le rythme de déchiquetage. Sur distance plus longue (cycles de 3 à 4h), il en faudrait trois ou quatre, ce qui est difficile à organiser et même impossible sur petits chantiers.

Il est impératif que les camions :

- ne perdent pas de temps et puissent s'approcher de la déchiqueteuse, elle-même encombrante et lourde, sans manœuvres compliquées et sans marche arrière sur des centaines de mètres,
- ne risquent pas de s'embourber en empiétant sur les accotements.

Une route empierrée, un carrefour ou une place de retournement pour les camions, des accotements larges, pas ou peu de fossés, un espace suffisant pour stocker les perches perpendiculairement à la route sont des atouts importants et quasiment des impératifs. La parcelle de Cloyes en montre bien l'intérêt au niveau du débardage et du déchiquetage.

4.3 – Quels produits façonner ?

La récolte simultanée de billons et de plaquettes de cimes paraît à exclure pour plusieurs raisons :

- même en laissant du bois marchand dans les cimes, la biomasse récoltable par hectare est faible (18 tonnes brutes ou 14 tonnes sèches/ha à Auvillars). A titre de

comparaison, en exploitation forestière « classique », les parcelles présentant moins de 50 tonnes/ha de bois d'industrie restent généralement invendues.

- le débardage de cette biomasse foisonnante est cher,
- le déplacement d'une déchiqueteuse et de camions à fond mouvant est difficile à rentabiliser à moins de disposer de grands chantiers.

En conséquence :

- soit on déchiquète tout, ce qui est possible en TCR avec diverses machines, car les arbres ne sont jamais très volumineux (420 dm³ dans la parcelle d'eucalyptus la moins dense et généralement pas plus de 100 à 150 dm³),
- soit on façonne tout en billons en descendant jusqu'à un fin bout de l'ordre de 5 à 6 cm. Lors de précédents essais des années 1995, on avait testé le façonnage de deux types de billons (bois d'industrie fin bout 10 cm et bois énergie fin bout 5 cm). C'est techniquement possible avec diverses machines de bûcheronnage mais non rentable pour les petits billons. Il n'est pas possible de descendre en dessous de ce fin bout car les perches cassent. Actuellement, on pourrait parfaitement façonner des billons de bois énergie de longueur 5 à 6 m, fin bout 5 à 6 cm, comme le pratiquent les coopératives et exploitants en région Limousin et Poitou dans des résineux ou du taillis (châtaignier, bouleau).

4.4 – Quelles machines utiliser ?

- En bûcheronnage mécanisé :

Pour façonner des billons, diverses machines de bûcheronnage conçues pour jeunes résineux d'éclaircie s'avèrent utilisables, à la fois en peuplier et en eucalyptus car la branchaison de ces essences est peu développée. Les machines à scie à chaîne utilisées ici étaient la plupart du temps surdimensionnées. Une capacité en diamètre à la souche de l'ordre de 40 cm en peuplier et 45/50 cm en eucalyptus est suffisante.

D'autres essais menés en Midi-Pyrénées montrent que les têtes à chaîne fonctionnent dans l'eucalyptus de seconde rotation qui ne comporte généralement que 2 ou 3 tiges marchandes par souche. En peuplier de seconde rotation à Auvillars, la tête Silvatec de conception très classique a également bien fonctionné.

La tête à cisailles Moipu était en limite de capacité dans les plus gros peupliers mesurant un peu plus de 30 cm à la souche. Elle aurait été insuffisante dans l'eucalyptus. Il faudra voir sur la durée ce que donne la nouvelle version proposée par le constructeur finlandais, mais ce genre de matériel jugé trop fragile en feuillus durs (comme une autre tête Narva testée il y a quelques années en Limousin) devrait convenir en peuplier.

La tête Moipu est un hybride entre machine de bûcheronnage et abatteuse/groupeuse. C'est sur les abatteuses/groupeuses proprement dites, à cisailles ou à scie circulaire, que les efforts d'expérimentation en conditions françaises doivent maintenant porter.

- En débardage d'arbres entiers ou portions d'arbres entiers :

Les porteurs classiques sont utilisables en privilégiant les 8 x 8 équipé de pneus larges afin de préserver les sols et en adaptant si possible leur taille à la portance du terrain et à la hauteur des arbres débardés. Attention, en particulier à la longueur des chargements qui pourrait déséquilibrer l'engin. Quinze mètres sont un maximum atteint à Cloyes sur un gros porteur dont le plateau mesurait 5 m de long.

Si un porteur travaille régulièrement sur arbres entiers, on a tout intérêt à déplacer les ranchers du milieu (qui ne servent plus) afin de faciliter les mouvements de la grue et à

rehausser les ranchers extrêmes pour augmenter le volume disponible. Comme on opère en coupe rase il est également possible d'élargir les ranchers (option maintenant proposée par certains constructeurs). Ces modifications permettent d'augmenter la masse transportée, laquelle dépasse rarement 40 à 60 % de la capacité de l'engin.

Le débardage de javelles d'arbres entiers est évidemment possible par skidder à pince comme on le voit à Aléria. Il est à déconseiller pour trois raisons :

- le chargement est plus faible que sur un porteur et il faut donc effectuer un grand nombre de trajets. Sur terrains sensibles (peupliers), il faut le proscrire pour cause de gros dégâts au sol et de tassement.
- l'engin à pince ne sait pas soulever les bois, donc ne peut pas constituer de piles bord de route. Il faut disposer de beaucoup d'espace pour déchiqeter.
- les arbres traînent à terre, balaient le sol et se chargent de sable, terre, boue qui provoquent a priori un désaffûtage des couteaux plus rapide que lorsque les bois sont portés. Mais on ne dispose pas d'étude comparative pour chiffrer ce phénomène.

Un matériel serait à tester : le semi-porteur qui dispose d'une pince portée, bras ouverts vers le haut et que l'on charge avec la grue de l'engin. Son inconvénient est que les cimes traînent à terre.

- En déchiquetage/transport :

Tous les chantiers avec production de plaquettes ont été menés avec une déchiqueteuse débitant directement dans des camions. Stocker les plaquettes au sol puis les reprendre avec une chargeuse avait été tenté lors de précédents essais AFOCEL en taillis feuillus. Outre le surcoût supplémentaire de reprise, on avait perdu environ 15 % du volume de plaquettes. Par ailleurs, en déposant des plaquettes sur un sol forestier contenant encore quelques branchages, on avait pollué le chargement avec des morceaux de branches qui avaient posé problème à la réception en chaufferie.

La forte augmentation de puissance que l'on enregistre depuis quelques années fait qu'une machine puissante (> 400 Ch) est capable de remplir un camion de 80/90 m³ en moins d'une heure, voire même une demi-heure pour les plus gros matériels en situation de chantier favorable (voir Cloyes).

Il devient donc inutile de dételer une semi-remorque et de la laisser près de la déchiqueteuse pendant que l'on livre la précédente comme on le faisait il y a quelques années. Et les conteneurs d'environ 35 m³ que l'on utilisait précédemment vont s'avérer trop petits.

Cette course à la puissance est d'ailleurs inquiétante en termes :

- de consommation de carburant (non cerné sur la dernière grosse machine qui est trop récente),
- de taux d'utilisation de la déchiqueteuse qui risque d'être souvent inférieur à 50 % même sur distances de livraison inférieures à 50 km,
- de taille minimale des chantiers : à raison de 2 ha par jour, comme à Cloyes, il faut viser des parcelles d'au moins 10 ha (ou 1000 tonnes) si l'on veut limiter les déplacements de machines à un trajet par semaine, comme on le préconise pour les machines de bûcheronnage.

Ces aspects qui ont un impact fort sur le coût horaire de déchiquetage mériteraient d'être analysés sur la durée (et pas au niveau de quelques chantiers) pour quelques entreprises jugées représentatives.

4.5 – Quelle logistique et quelle organisation ?

La chaîne de récolte fortement mécanisée, conçue pour fonctionner en flux quasi tendu, que l'on a observée dans l'eucalyptus en Corse est difficilement transposable sur des parcelles de taille moyenne : pas assez d'espace disponible pour recevoir un tel parc de matériels, temps de transfert des engins trop important par rapport au temps productif sur le chantier.

Par ailleurs, il apparaît prudent, entre autres pour des questions liées à la météo et aux risques de pannes pouvant immobiliser toute cette chaîne, de bien séparer les trois opérations d'abattage, de débardage et de déchiquetage/transport.

Pour accélérer le séchage, il est préférable de laisser les perches abattues séjourner quelques semaines sur coupe sous forme de javelles plutôt qu'en grosses piles bord de route. A condition de pas être dans une zone inondable ! Et de disposer de temps avant que les rejets de souche n'apparaissent.

A Cloyes, deux mois et demi en fin d'été/début d'automne s'avèrent juste suffisants pour descendre à un taux d'humidité inférieur à 45 % exigé par de grosses installations. Inversement, à Auvillars, un an apparaît trop long car on descend à un taux de 22 %, rarement exigé, même par de petites chaufferies.

Constituer des piles d'environ 3 ou 4 m, voire 5 m de hauteur ne pose pas de difficultés à un porteur et semble une bonne solution pour concentrer le déchiquetage en une même zone. Les perches orientées perpendiculairement à la voie routière se prêtent bien à l'alimentation de la plupart des déchiqueteuses. Une orientation en biais est également possible comme à Auvillars lorsque l'on ne dispose pas de suffisamment d'espace.

Le plus difficile est de coordonner déchiquetage et transport. Les entreprises rencontrées semblent le plus souvent résoudre le problème en réalisant l'ensemble des travaux au sein de la même entité ou dans deux entités détenues par le ou les mêmes hommes.

Les questions d'horaires d'ouverture de l'usine ou de la chaufferie, d'horaires de pesage s'il a lieu ailleurs, compliquent énormément la situation. A St-Vrain, malgré une distance courte (28 km), cela avait limité la livraison à 4 ou 5 camions/jour alors que l'on pouvait sans problème produire un à deux camions de plus.

Il reste à trouver des solutions pour fluidifier ce dispositif de réception comme le fond, en agriculture, les unités de déshydratation.

4.6 – Et la formation des hommes ?

Bien souvent les conducteurs de déchiqueteuse ne savent pas optimiser l'alimentation de leur machine.

Parmi les défauts constatés, on a pu relever :

- **prise de grappins trop gros** ce qui crée des incidents dans la gueule de la machine : ruptures de perches, bourrages,
- **pas assez d'anticipation** : le conducteur ne prépare pas la charge suivante pendant le déchiquetage de la précédente. La déchiqueteuse tourne ainsi quelques instants à vide,
- **pas assez de continuité et de dosage dans l'alimentation** : lorsque la machine avale trop de bois simultanément, son régime descend et l'automatisme de contrôle coupe l'alimentation des rouleaux entraîneurs. Il vaudrait mieux mettre moins de bois mais plus régulièrement.

Bien que le maniement d'une grue de déchiqueteuse soit assez voisin de celle d'un porteur, il est impératif que les conducteurs reçoivent une formation pratique complémentaire.

La remarque est valable aussi pour les conducteurs de porteurs, habitués aux bois courts mais ne sachant pas bien positionner leur grappin au centre de gravité d'une javelle d'arbres entiers.

Pour les conducteurs d'abatteuses et pour les techniciens de terrain, c'est essentiellement l'organisation de chantier qui peut être améliorée : combien de lignes faut-il prendre simultanément ? Comment regrouper suffisamment les arbres sans y perdre trop de temps ? Comment progresser sur la parcelle et orienter l'abattage ?

4.7 – Qu'en est-il des TTCR ?

Le chantier de Pleyber Christ, exploité par Aile dans le cadre d'un programme européen Wildwater, est à considérer comme un essai de faisabilité mettant en œuvre une remorque récolteuse Stemster venant du Danemark.

Depuis ces essais du printemps 2007, Aile et les organismes bretons promoteurs de l'opération ont pu investir dans ce type de machine qui a fait ses premières armes fin 2008-début 2009 et commence actuellement sa seconde campagne de récolte.

La parcelle de Pleyber Christ va de nouveau passer en exploitation début 2010, ainsi que quelques autres.

Après rodage du conducteur et mise au point de la méthode de travail en 2008-2009, on devrait maintenant aborder une phase de résultats plus opérationnels.

Il reste à tester en vraie grandeur des machines de type ensileuses qui existent ici ou là à titre de prototypes ou de pré-séries, que l'on voit sur des salons ou des foires, mais pour lesquelles il n'a pas été trouvé de références fiables.

5 – Perspectives d'amélioration

La récolte en plaquettes est une technique émergente au niveau français. Dans les TCR, elle reste pour l'instant très rare.

Les matériels et personnels qui ont opéré dans les parcelles présentées ci-dessus peuvent beaucoup progresser dans plusieurs axes :

- le choix des machines et leur adaptation au contexte TCR (pneus larges, porteurs à ranchers rehaussés et élargis, grues de longue portée...),
- l'arbitrage entre différents produits façonnables,
- l'organisation générale du chantier et l'adaptation des temps de stockage au taux d'humidité exigés,
- l'organisation détaillée de chaque opération et le maniement des engins,
- la logistique d'approvisionnement-réception.

Les coûts enregistrés ici restent pénalisés par la petite taille des parcelles et la nécessité d'y faire intervenir des matériels parfois éloignés.

Il faut garder à l'esprit la progression lente mais spectaculaire de la productivité des machines de bûcheronnage pour résineux : 5 à 6 000 m³/an début des années 1980, 15 000 à 16 000 m³/an à l'heure actuelle avec environ 800 machines opérant sur le territoire.

La récolte en plaquettes est pour l'instant dans sa phase de mise en place et de montée en puissance. Il n'y a aucune raison pour qu'elle ne connaisse pas une progression du même genre que celle du bûcheronnage mécanisé.

En ce qui concerne l'implantation des parcelles de TCR, il faut évidemment passer du stade développement au stade industriel, en optant pour des surfaces minimales de 10 à 15 ha bénéficiant d'une bonne desserte. Il ne faut pas positionner les TCR dans des terrains reculés abandonnés par l'agriculture, comme on l'a fait pour certaines parcelles d'épicéa ou de douglas dans les années 1950. Sinon, les coûts d'exploitation vont en subir les conséquences ou alors cette biomasse restera inexploitée.

Annexe 1

Principaux systèmes de récolte (A à E) à tester en forêt et TCR

En noir : les opérations à réaliser dans les scénarios de récolte (A à E) qui ont été sélectionnés au début du projet.

- plaq : récolte en plaquettes sur coupe ou bord de route
- bil : récolte en billons puis déchiquetage en usine ou chaufferie
- fagots : récolte en fagots puis déchiquetage en usine ou chaufferie

Opération, machine et produit			A	B		C		D		E
			plaq	bil	plaq	bil	plaq	bil	fagot	fagot
Abattage orienté	Manuel	Tronçonneuse								
	Mécanisé	Abatteuse-groupeuse								
Façonnage de billons	Mécanisé	Machine de bûcheronnage								
Fagotage	de perches	Fagoteuse sur coupe								
	de cimes et branches									
Débardage	de perches ou cimes	Porteur avec grue à grappin								
	de fagots									
	de billons									
Déchiquetage sur coupe et débardage des plaquettes		Déchiqueteuse automotrice tout terrain								
Déchiquetage bord de route		Déchiqueteuse mobile sur remorque ou camion ou tracteur agricole								
Transfert des plaquettes sur camion ou semi-remorque		Direct								
		Chargeuse								
Transport en usine	des fagots	Camion à ranchers + grue à grappin								
	des billons									
Transport en usine des plaquettes		Camion ou tracteur + semi-remorque								
Déchiquetage des fagots en usine		Déchiqueteuse mobile								
		Déchiqueteuse fixe + chargeuse								
Déchiquetage des billons en usine		Déchiqueteuse mobile								
		Déchiqueteuse fixe + chargeuse								
Nombre de machines (hors camions)		Sur coupe	3	3	3	3	3	3		
		En usine	0	0	0	1	1			

En vert : les scénarios testés en TCR dans REGIX 2006/2009.
Il faut y ajouter la remorque récolteuse de TCR de Aile.

La mécanisation de l'abattage a été possible avec des machines de bûcheronnage pour résineux (Silvatec, John Deere plus tête Moipu, pelle mécanique plus tête Waratah) que l'on a pu mobiliser dans diverses régions.

Dans plusieurs cas, la machine a façonné des billons de bois ronds déchiquetés ensuite en usine.

Par contre, il n'a pas été possible de mettre en œuvre une abatteuse groupeuse. La première machine de ce type opérant en France n'a été achetée que mi-2008 et travaille uniquement en bois d'industrie dans la région Limousin.

Une fagoteuse John Deere/Timberjack devait également être utilisée en TCR mais n'a pu être mise en œuvre. La seule machine française opérant en Alsace a été arrêtée prématurément faute de chantiers adaptés et revendue à l'étranger, de même que pour une machine acquise par le groupe Véolia. Cette machine a été testée dans diverses conditions par l'AFOCEL avant REGIX puis par l'UCFF.

Enfin, la seule récolteuse automotrice de forte puissance déchiquetant sur coupe (Silvatec) ayant été arrêtée, ce scénario n'a pu être testé en TCR mais l'avait été en forêt par UCFF.