Projet : TAE
Compte rendu du chantier n°4

Ponsse Ergo, tête H7 avec kit d'écorçage – Sapin pectiné
Forêt domaniale des Reclos (54)
27 au 30 juin 2022

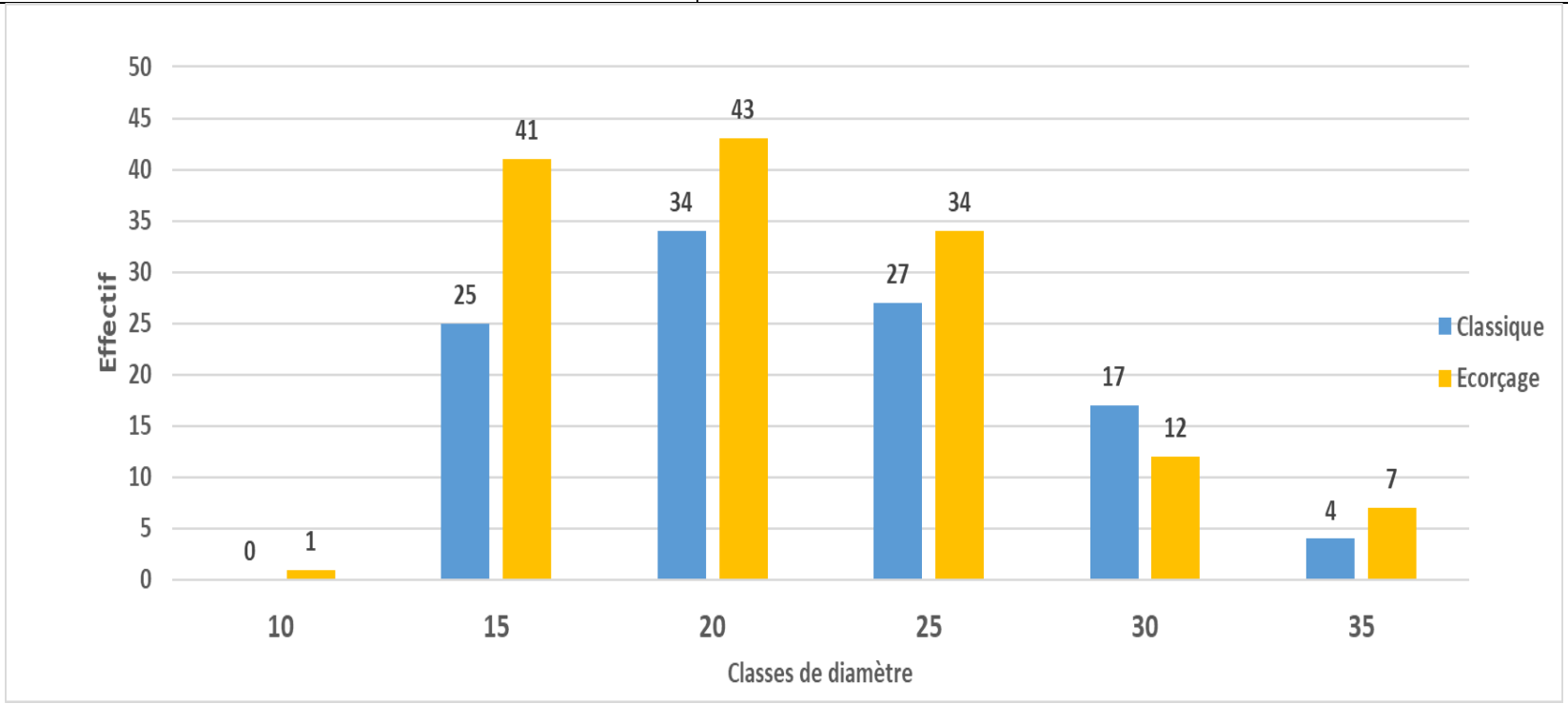
1. Présentation synthétique du chantier

Nom de la forêt	***Forêt domaniale des Reclos (54)***	Gestionnaire	***ONF UT Montagne***
Parcelle	***29 et 31***	Surface de la zone de suivi	***3,08 ha***
Topographie	***Plat***	Obstacles	***Néant***
Type de peuplement	***Futaie irrégulière de sapins pectinés (pour la zone suivie) en mélange localement avec des feuillus***	Essences principales de la futaie *(pour la zone suivie)*	***96% de sapins pectinés, 3% de feuillus et 1% d'épicéas communs***
Types de coupe	***Coupe d'amélioration avec des prélèvements dans les classes de diamètre de 10 à 70 cm. Les tests n'ont été suivis que pour la récolte des arbres des classes de diamètre 15 à 35 cm***	Cloisonnement	***Existants avec des entraxes variables : de 13 à 23 m selon les cloisonnements, en moyenne 19 m***
Hauteur	***23 m pour la classe des 25*** ***24 m pour la classe des 30***	$D_{1,30m}$ des tiges prélevées	***De 15 à 35 cm, uniquement des résineux***

Opérations réalisées : 12 cloisonnements sont retenus pour l'étude : 5 zones d'exploitation ont été réalisées de manière classique sur une surface de 1,53 ha et 7 zones d'exploitation en écorçant le bois sur une surface de 1,55 ha. Les cloisonnements ont été choisis pour que les prélèvements et la répartition des tiges par catégories de diamètre soient similaires (cf. tableau et graphique ci-dessous). Chaque arbre récolté est identifié par sa catégorie de diamètre et son temps d'abattage-façonnage a été chronométré.

La machine de bûcheronnage, qui est différente de celle du chantier d'hiver (n°2) est équipée pour l'ensemble du suivi du kit d'écorçage décrit dans le paragraphe 2. Elle est pilotée par un opérateur très expérimenté, mais qui n'a aucune pratique de la technique d'écorçage. La mise au point des réglages de la machine et de la technique de travail se sont déroulés sur 1,5 jours.

Le pilote prélève les arbres depuis les cloisonnements existants. Il façonne principalement 2 types de produits : billon « sciage » en 4 m et billon « papeterie » en 2m30 et plus rarement des billons « trituration sèche » en 2m50 et des billons « palette » en 2m50. Le débardage n'a pas été suivi. sur ce chantier.

	Zone classique	Zone écorçage
Type de travail	Bûcheronnage mécanisé classique : abattage, ébranchage et billonnage	Bûcheronnage mécanisé avec écorçage : abattage, écorçage avec ébranchage puis billonnage
Surface	1,53 ha	1,55 ha
Densité avant exploitation (N/ha)	Très variable	Très variable
Nombre de tiges chronométrées	107 soit 70 tiges /ha	138 soit 89 tiges/ha
$D_{1,30m}$ moyen (cm) et intervalle de confiance	22,7 cm +/- 1,1 cm	22,3 cm +/- 1,0 cm
Répartition des tiges récoltées par classes de diamètre $D_{1,30m}$		

Peuplement avant la coupe avec
un cloisonnement d'exploitation

Peuplement avant la coupe
Les arbres à prélever sont identifiés par leur classe de diamètre : les « 2 » appartiennent à la classe des 15, les « 5 » à celle des 30

Peuplement après bûcheronnage : zone classique

Peuplement après bûcheronnage : zone écorçage

2. Le porte-outil, la tête de bûcheronnage et le kit d'écorçage

2.1 Principales caractéristiques du porte-outil

<table>
<tr>
<td>Modèle : PONSSE Ergo, 8x8

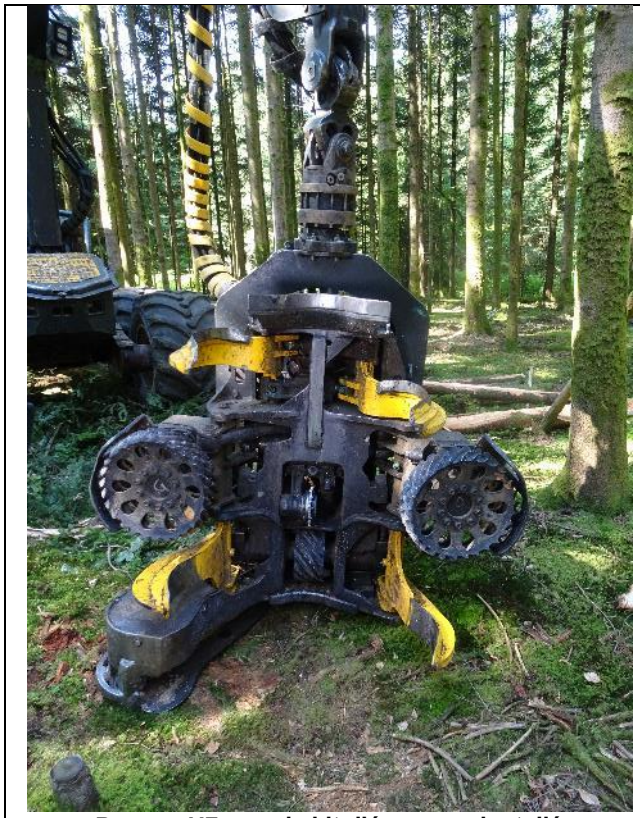
Année : 2017
Horamètre : 7 800 h
Puissance moteur : 285 ch

Grue : C44+ portée de 10 m, 250 kNm

Pneumatiques : 710/45-26.5

Il s'agit d'un modèle Ergo plus récent que celui utilisé pour le chantier n°2 de la Chapelle aux Bois avec une grue plus puissante, mais le même type de tête de bûcheronnage (H7).</td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
</table>

2.2 La tête de bûcheronnage et le kit d'écorçage



Ponsse H7 avec le kit d'écorçage installé

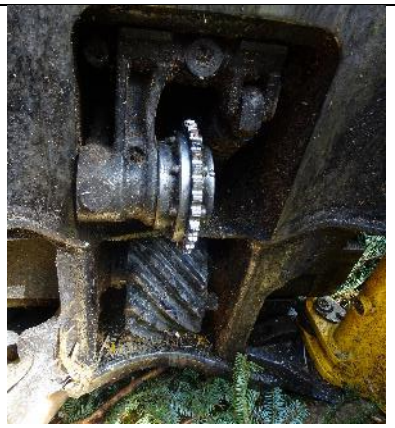
Le kit d'écorçage de Ponsse :
5 couteaux (fixe supérieur, 2 avants et 2 arrières)
3 rouleaux latéraux

Tarif : 13 500 € HT

Normalement le kit comporte aussi une nouvelle roulette de mesure, plus large que celle d'origine mais le pilote a préféré installer 2 couronnes standards côte à côte plus pointues que la roulette du kit.

Temps d'installation à l'atelier + premiers réglages machine : 1 journée

Détails de l'installation voir compte rendu du chantier n°2



Gros plan sur le rouleau d'entraînement central qui est nettement moins large que celui d'origine : 12,5 cm contre 20 cm. Son diamètre est le même avec 26 cm + la double couronne de la roulette de mesure

Tête H7 vue de profil

Couteau supérieur
d'origine (bas) : longueur 56 cm
du kit (haut) : plus court (49 cm) et plus galbé

Un des 2 couteaux supérieurs
Forme plus galbée que les couteaux d'origine, adaptée à des diamètres de 20-30 cm et renfort de la partie coupante.

Rouleaux d'entraînement latéraux
Ils sont également moins larges que ceux d'origine : 10 cm contre 13 cm. Leur diamètre est le même avec 40 cm.
Les rainures sont espacées de 3 cm et leur profondeur est de 1,8 cm. Il y a alternativement une rainure pleine et une rainure crénelée.

Paramétrage de la machine (après quelques heures d'essais)

	Couteaux arrières fermés		Couteaux avant fermés		Rouleaux entraineurs fermés	
	Pression "écorçage"	Pression "usine"	**Pression "écorçage"**	Pression "usine"	**Pression "écorçage"**	Pression "usine"
Dia (mm)	**bar**	bar	**bar**	bar	**bar**	Bar
0	**70**	70	**50**	70	**50**	-
100	**70**	70	**50**	70	**60**	100
200	**80**	70	**55**	70	**70**	125
300	**100**	80	**68**	85	**90**	125
400	**140**	140	**82**	105	**100**	125

Très forte diminution de la pression des rouleaux entraineurs comme en hiver (pour que la tige puisse tourner dans la tête) et légère diminution de la pression des couteaux supérieurs ou « avant » (les arbres en sève glissent mieux qu'en hiver) et par contre pression des couteaux arrières légèrement augmentées pour tenir les bois.

Le pilotage de la tête s'effectue en mode manuel lors de la phase écorçage et ensuite en mode automatique pour le billonnage sauf pour le dernier billon qui peut parfois nécessiter un écorçage supplémentaire.

3. Les productivités observées

Date(s) de suivi :
29 juin 2022

3.1 Description des phases de travail

- ✓ Pour la modalité « classique », l'arbre abattu est façonné et billonné au fur et à mesure de son ébranchage, comme cela se fait habituellement.

- ✓ Pour la modalité « écorçage », l'arbre abattu est ébranché sur toute sa longueur sans le billonner. Lors du premier passage dans la tête, la tige commence également à être écorcée. Elle repasse ensuite dans la tête (rouleaux en marche arrière) puis à nouveau en marche avant et arrière sur toute la longueur, jusqu'à ce que l'opérateur juge l'écorçage satisfaisant et ensuite il billonne la tige. La tige passe dans la tête majoritairement 3 fois (minimum 3 fois et maximum 5). Il arrive que l'opérateur ait besoin d'insister sur une zone, le passage est alors comptabilisé pour une « moitié » de longueur.

Phases de travail :
Les suivis concernent uniquement le travail productif (hors pause-déjeuner, déchargement et chargement de l'engin, réglages initiaux, explications du fonctionnement, déplacement sur piste…). Il a été décomposé selon les phases de travail ci-dessous :

- **deve** : déplacement à vide de l'engin → pour se diriger vers un arbre à abattre avec la tête de bûcheronnage vide
- **devb** : déplacement à vide du bras → pour aller abattre une tige
- **elnm** : élimination de non marchands → coupe de bois non marchand laissé au sol
- **abat** : abattage → coupe de la tige, de la saisie de celle-ci au basculement de la tête pour la faire tomber
- **decb** : déplacement en charge du bras → déplacement du bras chargé de la tige qui vient d'être coupée jusqu'au début du façonnage de celle-ci
- **dece** : déplacement en charge de l'engin → lorsque la tête tient une tige et que l'engin se déplace sans effectuer d'opération de façonnage
- **purge** : coupe de parties de l'arbre impropres à la réalisation d'un produit. Le bois sera perdu. Cela concerne surtout la base de la bille de pied après abattage
- **faço** : façonnage de la tige → lorsque les rouleaux ou la scie sont actifs (ébranchage, billonnage et écorçage le cas échéant). Comprend les mouvements brefs du bras pendant le façonnage. Sur ce chantier cette phase intègre aussi **éjcime** : éjection de la cime → après la fin de la coupe du dernier billon jusqu'au lâchage de la cime par la tête de bûcheronnage
- **dive** : divers productifs → autres travaux réalisés par la machine
- **inci** : incidents → problèmes survenus sur la machine au cours du travail, inférieur à 15 min

Particularités de l'opération d'écorçage :

- L'opérateur doit non seulement veiller à la place d'abattage, mais aussi à la place d'écorçage pour ne pas blesser les tiges restantes.
- L'opération d'écorçage provoque parfois le bris de la cime (cf. paragraphe 3.2).

Modalité classique

Abattage d'une tige

Ebranchage et billonnage réalisés de manière habituelle. Notons que les bois sont partiellement écorcés.

Ce sont surtout les zones en contact avec les couteaux supérieurs qui sont écorcées

Modalité écorçage

Premier passage : ébranchage et écorçage sur toute la longueur

Généralement un aller-retour sur toute la longueur permet d'écorcer la tige, ce qui correspond en moyenne à 3 passages dans la tête

Billonnage

Ecorce : les écorces et branches se trouvent en grande partie sur le cloisonnement et à sa proximité, ce qui correspond à la zone de travail de la tête.		

3.2 Résultats : productivités, répartition du temps par phases de travail

Sur l'ensemble du suivi :

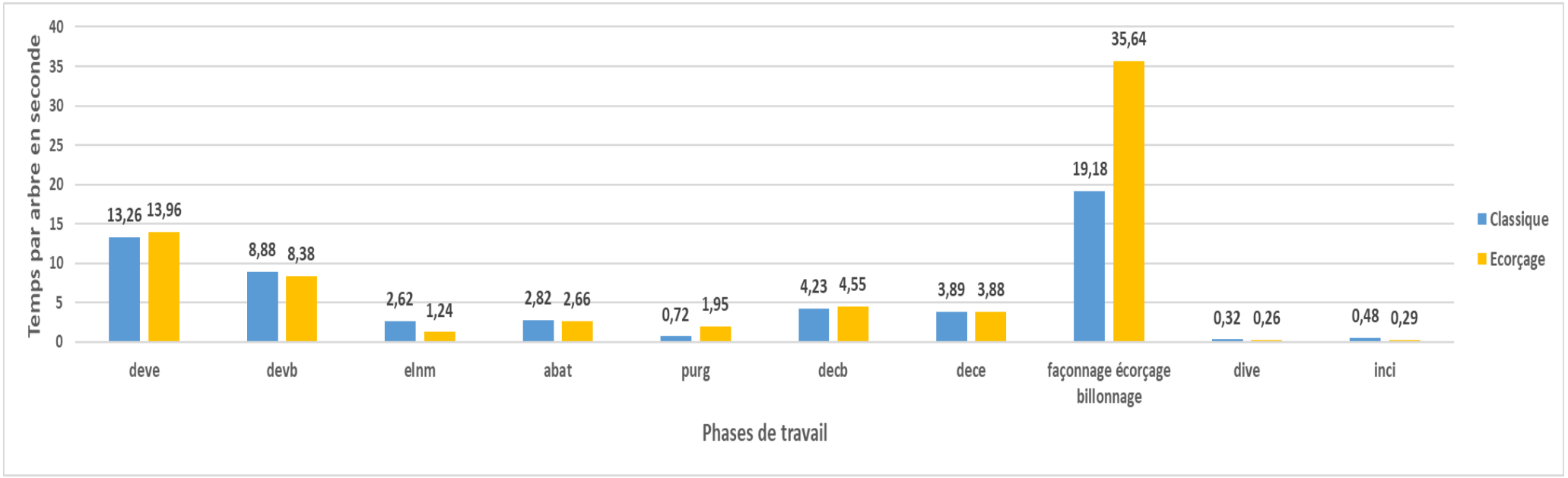
Modalité	Durée du suivi	Nombre de tiges	Temps moyen par tige (s)	Volume total (m^3 sur écorce)	Productivité moyenne globale (m^3/hmp)
Classique	01:40:34	107	56,39	47,6	28,38
Ecorçage	02:46:13	137	72,80	57,8	20,85
Total	**04:26:47**	**244**		**105,3**	

Remarques :
1) Les volumes utilisés dans cette analyse sont des volumes sur écorce pour les 2 modalités. Ils sont calculés à partir d'un tarif de cubage issu du programme Emerge pour le sapin en ayant pris soin de relever un échantillon de hauteurs par classe de diamètre.
2) Le nombre de tiges du suivi chronométrique est légèrement inférieur à celui de l'échantillon d'origine, certaines tiges n'ayant pu faire l'objet d'une analyse pertinente.

La productivité moyenne globale (en heure machine productive : hmp) est significativement différente entre les 2 modalités : 28,38 m^3/heure pour la modalité classique et 20,85 m^3/heure pour la modalité écorçage, soit une diminution de 27% (en hiver -32%, mais 5 passages au lieu de 3 passages).

En temps de traitement par tige, il faut 29% de temps en plus pour traiter une tige (72,80 s au lieu de 56,39 s) et cette différence est bien sûr liée principalement à l'écorçage. En effet, la phase de façonnage-écorçage-billonnage est presque doublée (cf. graphe ci-dessous). Signalons également que sur ce chantier le temps d'éjection de cime est intégré dans la phase « façonnage écorçage billonnage ». **Si on ne tient pas compte des tiges non marchandes (elnm), les temps de traitement par tige sont respectivement de 71,56 s et 53,77 s, soit un écart de 33%**.
Il est à noter que le temps pour purger la première rondelle est aussi plus important dans la modalité « écorçage ». Cette purge est nécessaire pour une mise à zéro de la longueur et pour enlever la première rondelle pleine de terre. Elle concerne 89% des tiges de la modalité « écorçage » et seulement 27% des tiges de la modalité « classique », car elle est souvent réalisée lors du déplacement en charge du bras dans cette dernière modalité (ce temps est ainsi masqué).
Il est à signaler que les quelques incidents relevés n'étaient pas imputables à l'opération d'écorçage : branche coincée dans la tête, passage difficile d'une souche haute…

Répartition des phases de travail sur l'ensemble du suivi (en secondes par tige) :



Zoom sur la productivité « instantanée » par tige :

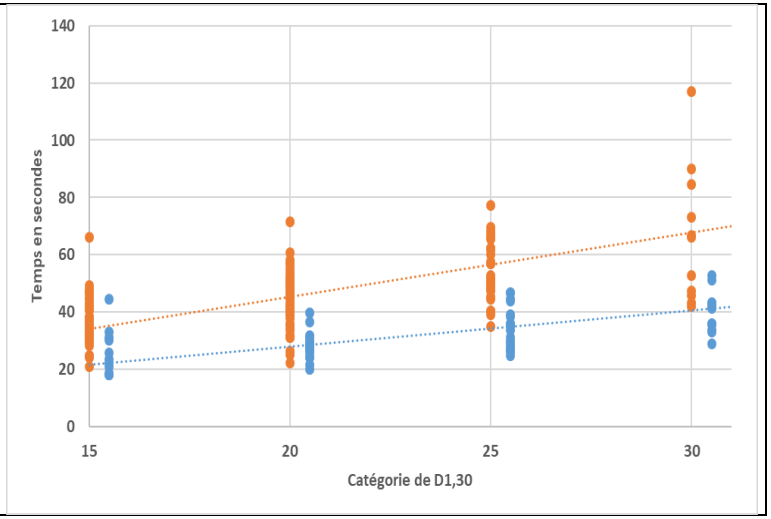
Les temps pris en compte dans cette analyse sont **uniquement ceux destinés au traitement d'une tige**. Ils n'incluent donc pas les temps de déplacement à vide de l'engin (deve), ni du bras (devb), de traitement des non marchands (elnm), ainsi que tous les temps divers et incidents (dive et inci).

Les graphiques suivants montrent, pour chaque arbre, le temps total passé pour le traitement d'une tige (en secondes) en fonction des classes de diamètre pour lesquelles il y avait suffisamment d'arbres. Les écarts sont très importants pour l'ensemble des classes.

	Temps de traitement "productif" par tige (en secondes) par classe de diamètre			
Modalité	**D15**	**D20**	**D25**	**D30**
Classique	**23,81**	**27,62**	**33,00**	**40,44**
Ecorçage	**37,08**	**43,60**	**53,26**	**66,27**
Ecart en %	**56%**	**58%**	**61%**	**64%**

En bleu : modalité « classique » et en orange modalité « écorçage »

Signalons que la différence de temps de traitement augmente très significativement quand les arbres sont fourchus (par ex. l'arbre de la catégorie 30 avec un temps de traitement de près de 120 s) car les brins de la fourche sont écorcés les uns après les autres, alors qu'en modalité classique, les 2 brins sont ébranchés et billonnés en même temps pour les petites tiges.



Consommation : non disponible pour ce chantier.

Casses de tiges lors de l'écorçage (ou lors de l'ébranchage)

Nettement moins de casses de cimes ont été observées lors de l'écorçage par rapport au chantier de l'hiver 2021 : 14% vs 59% en hiver. Les bois sur le chantier d'hiver étaient plus longs (26 à 27 m) et il s'agissait d'un peuplement d'épicéas communs.

En modalité classique, aucune casse de cime n'a été relevée.

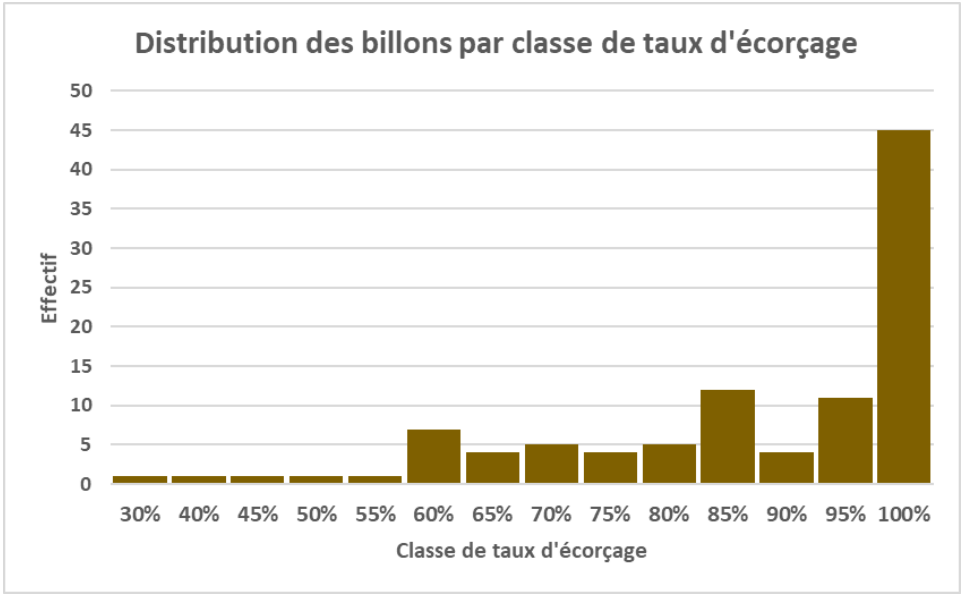
4. Taux d'écorçage

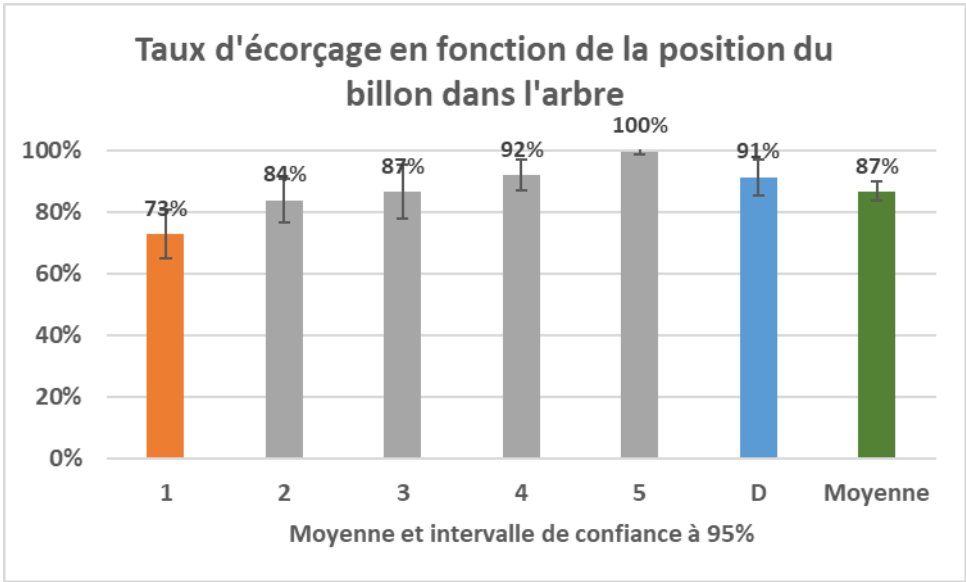
Un échantillon de 19 arbres (correspondant à 102 billons) a été examiné pour déterminer le taux d'écorçage à l'aide d'un logiciel spécifique de traitement d'images. Chaque billon est photographié sur une face (donc environ la moitié de la surface totale) et sur chaque image est déterminée la surface d'écorce restante, de liber et de bois visible.
Par analogie avec les travaux réalisés en Allemagne (projet « Debarking head ») :

taux d'écorçage (%) = (surface visible - surface d'écorce – 1/2 de la surface de liber)/surface visible

Chaque arbre n'a fait l'objet que de 3 passages dans la tête d'écorçage : premier passage pour l'ébranchage, un passage pour l'écorçage et le dernier correspondant au billonnage.

- **Le taux d'écorçage moyen des billons est de 87%, avec 45 billons sur les 102 examinés écorcés à 100%**. La variabilité est cependant importante entre billons avec un écart type moyen de +/- 16% (cf. graphiques des distributions de 30 à 100%).
- **La variabilité intra arbre est très importante : le premier billon est toujours moins bien écorcé que les autres billons n°2, 3, 4, 5 y compris le dernier (« D »),** ce qui n'est pas surprenant car le « pied » ne passe pas sur toute sa longueur dans la tête.
- **Ce taux d'écorçage est nettement plus élevé qu'en hiver (72%) pour moins de passages (5 en hiver contre 3 en été).**





1 = premier billon, 2 = deuxième….D = dernier billon

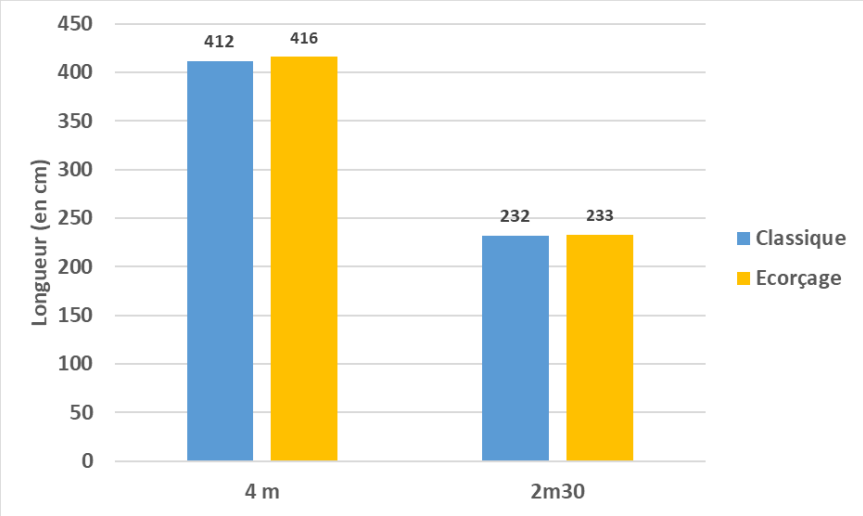
Exemple de l'arbre n°17 : taux moyen d'écorçage 87% pour 3 passages. 	Exemple de l'arbre le moins bien écorcé avec un taux moyen d'écorçage de 60% pour 3 passages.
Etat de surface de billon écorcé. Les rouleaux d'entraînement du kit d'écorçage marquent les bois sur la surface. L'impact de ces entailles peu profondes sur la valorisation des bois doit être étudié avec les utilisateurs. 	Le pied de l'arbre est souvent moins bien écorcé.

5. Précisions sur les longueurs

Un échantillon de billons a été mesuré (longueur et diamètre médian) dans les 2 zones de suivi, afin de déterminer la précision sur la longueur.

Zone classique			
Produit n°1		**Produit n°2**	
4m sciage		**2m30 trituration**	
effectifs longueur	65	effectifs longueur	101
effectifs Ø	65	effectifs Ø	101
Ø moyen (cm)	22,7	Ø moyen (cm)	15,6
L moyenne (cm)	**411,5**	**L moyenne (cm)**	**231,6**
ecartype	1,91	ecartype	1,85
IC student (marge)	0,47	IC student (marge)	0,37
Long max (cm)	418	Long max (cm)	234
Long mini (cm)	406	Long mini (cm)	223
Ø max (cm)	33,0	Ø max (cm)	28,0
Ø g mini (cm)	16,0	Ø g mini (cm)	9,0
VUM (m^3)	0,166	VUM (m^3)	0,044
Nb L ≥ 410 cm	***91%***	***Nb L > 225 cm***	***98%***
Nb L > 415 cm	***3%***	***Nb L > 235 cm***	***0%***

Zone écorçage			
Produit n°1		**Produit n°2**	
4m sciage		**2m30 trituration**	
effectifs longueur	61	effectifs longueur	178
effectifs Ø	61	effectifs Ø	178
Ø moyen (cm)	24,3	Ø moyen (cm)	15,9
L moyenne (cm)	**415,9**	**L moyenne (cm)**	**233,2**
ecartype	2,43	ecartype	1,47
IC student (marge)	0,62	IC student (marge)	0,22
Long max (cm)	429	Long max (cm)	239
Long mini (cm)	412	Long mini (cm)	229
Ø max (cm)	34,0	Ø max (cm)	28,0
Ø g mini (cm)	17,0	Ø g mini (cm)	9,0
VUM (m^3)	0,193	VUM (m^3)	0,047
Nb L ≥ 410 cm	***100%***	***Nb L > 225 cm***	***100%***
Nb L > 415 cm	***49%***	***Nb L > 235 cm***	***5%***



Les billons sont significativement plus courts dans la modalité « classique » pour les 2 types de billons, ce qui est gênant en particulier pour les 4m. En effet, 9% des billons ne répondent pas aux exigences du cahier des charges, car ils sont trop courts. Un réglage de la tête permettrait de corriger cet écart.

Dans la modalité « écorçage », ils sont tous conformes sur la longueur minimale, mais il y a un billon de 4,29 m de long. Un réglage de la tête permettrait de baisser la longueur moyenne des billons.

L'écorçage, en tant que tel, n'influe pas sur la précision de la longueur.

6. Impacts aux peuplements et au sol

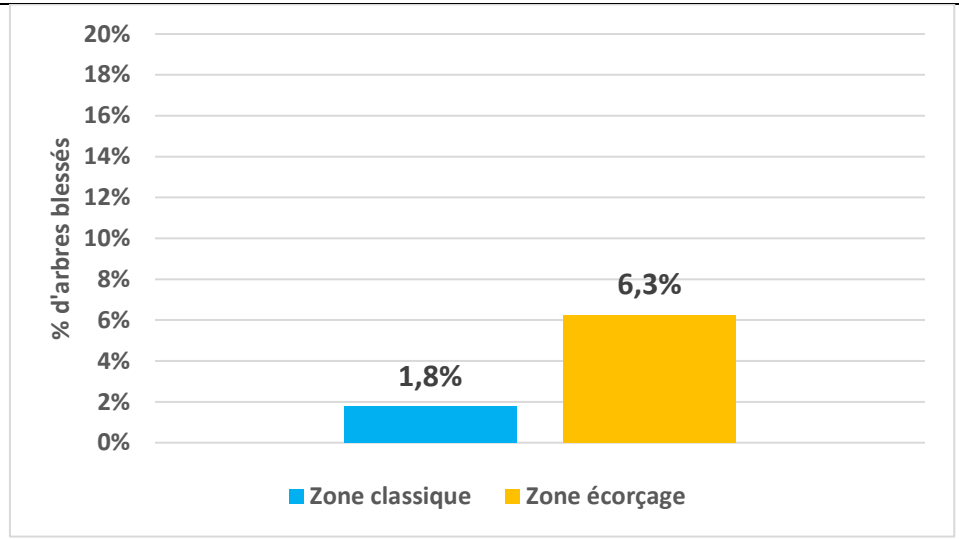
6.1 Impact aux arbres

Les blessures ont été relevées avant le débardage et ne sont donc imputables qu'à l'opération de bûcheronnage.

L'inventaire a été réalisé sur un échantillon de tiges : 113 tiges pour la zone classique et 128 tiges pour la zone écorçage.

Une blessure a été notée lorsque l'écorce est enlevée quel que soit la taille de l'impact.

- ⇨ **L'écorçage provoque plus de blessures aux tiges restantes (6,3% de tiges blessées dont 1,6% liées à la circulation des engins sur les cloisonnements) que la méthode classique (1,8%).**
- ⇨ **Les allers-retours de la tige prélevée nécessaires à l'écorçage augmentent la probabilité de toucher les arbres restants et donc en cette période où les arbres sont en sève, de les blesser.**



6.2 Impact aux sols

Scalpage : dû au pied de la tige prélevée qui frotte la surface du sol lors de la phase d'écorçage : impact très superficiel et sans conséquence sur le sol par contre le premier billon présente des traces de terre

7. Conclusion

- **Kit d'écorçage**
  - Le kit d'écorçage de la tête de bûcheronnage Ponsse H7 a permis d'écorcer aisément les sapins en sève (récolte au mois de juin). Pas de panne spécifique à signaler lors de ce suivi.
  - Le kit s'installe en 1 journée et est réversible. Il faut 1 journée pour réinstaller les pièces d'origine.
  - Lorsque le kit est installé, il est possible de travailler en mode « classique ». Toutefois, les tiges sont partiellement écorcées et marquées, bien qu'il n'y ait qu'un passage dans la tête.

- **Machine de bûcheronnage**
  - Machine adaptée pour le travail à réaliser pour les catégories de bois récoltés : sapins pectinés de 15 à 35 cm de diamètre à 1,30m, longueur moyenne des bois 23 à 24 m. Le kit n'est cependant pas adapté pour des diamètres plus gros.

- **Pilote de la machine**
  - Il faut un pilote expérimenté qui connaisse bien sa machine, maîtrise le maniement de la grue et est apte à régler correctement les pressions de serrage des couteaux et des rouleaux. Quelques jours de pratique sont indispensables pour maîtriser l'écorçage et trouver les bons réglages. Ces derniers seront aussi dépendants de la saison de récolte ainsi que des caractéristiques des arbres (essence et grosseur).

- **Taux d'écorçage, en sève**
  - Le taux d'écorçage moyen des billons est de 87% pour 3 passages dans la tête, avec 45 billons sur les 102 examinés écorcés à 100%.
  - La variabilité est cependant importante entre billons. Le premier billon est toujours moins bien écorcé que les autres billons, ce qui n'est pas surprenant car le « pied » ne passe pas sur toute sa longueur dans la tête.

- **Productivité au bûcheronnage**
  - La productivité moyenne globale (en heure machine productive : hmp) est significativement différente entre les 2 modalités : 28,38 m^3/heure pour la modalité classique et 20,85 m^3/heure pour la modalité écorçage, soit une diminution de 27% (en hiver -32%, mais 5 passages au lieu de 3 passages).
  - En temps de traitement par tige, il faut 29% de temps en plus pour traiter une tige (72,80 s au lieu de 56,39 s) et cette différence est bien sûr liée principalement à l'écorçage. En effet, la phase de façonnage-écorçage-billonnage est presque doublée. Signalons également que sur ce chantier le temps d'éjection de cime est intégré dans la phase « façonnage écorçage billonnage ». Si on ne tient pas compte des tiges non marchandes, les temps de traitement par tige sont respectivement de 53,77 s et 71,56 s, soit un écart de 33%.

- **Casse des cimes lors de l'écorçage**
  - Contrairement au chantier de l'hiver 2021 (épicéas communs), peu de casses de cimes ont été observées lors de l'écorçage : 14% des tiges vs 59% en hiver. Les bois sur le chantier d'hiver étaient plus longs (26 à 27 m).
  - En modalité classique, aucune casse de cime n'a été relevée.

- **Précision sur la longueur :**
  - L'écorçage, en tant que tel, n'influe pas sur la précision de la longueur.

- **Impacts sur les tiges restantes et le sol :**
  - L'écorçage provoque plus de blessures aux tiges restantes (6,3% de tiges blessées) que la méthode classique (1,8%). En effet, les allers-retours nécessaires à l'écorçage augmentent la probabilité de toucher les arbres restants et donc en cette période où les arbres sont en sève, de les blesser.
  - Seul le scalpage localisé du sol dû aux grumes qui frottent le sol lors de la phase d'écorçage est à signaler, mais est sans conséquence sur le sol.

- **Débardage :**
  - ⇨ Non suivi sur ce chantier.

Avec la précieuse collaboration de l'entreprise BOTTIN et de PONSSE France et en particulier, Cyprien Romary, pilote de la machine

Rédacteurs : Philippe Ruch, Xavier Montagny, Nina Bonche (FCBA), Erwin Ulrich (ONF) 31/08/2022