Projet : TAE
Compte rendu du chantier n°3

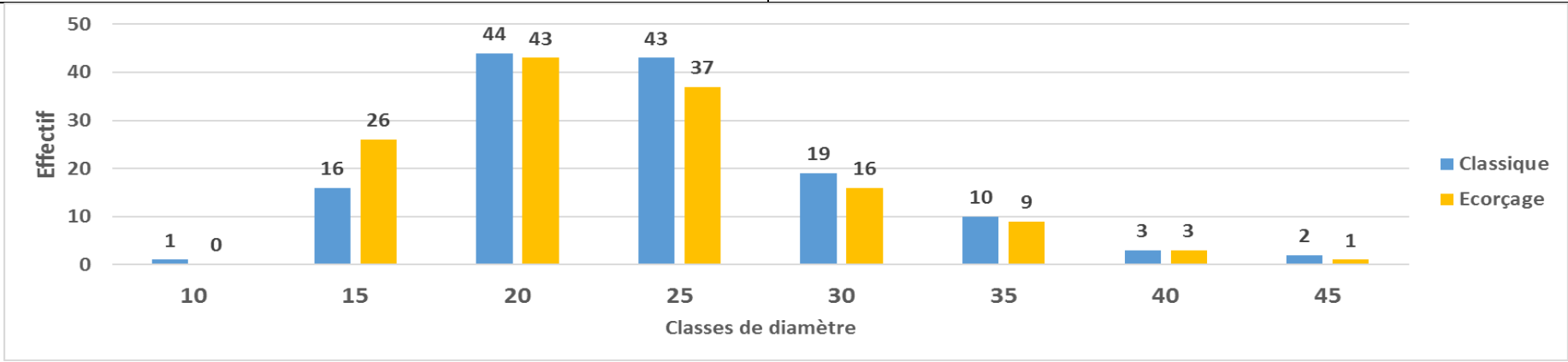
John Deere 1270G, tête H415 avec kit d'écorçage
Sapin pectiné
Forêt communale de Cléron (25)
13 au 16 juin 2022

1. Présentation synthétique du chantier

Nom de la forêt	***Forêt communale de Cléron (25)***	Gestionnaire	***ONF***
Parcelle	***17 et 18***	Surface de la zone de suivi	***1,88 ha***
Topographie	***Plat***	Obstacles	***Néant***
Type de peuplement	***Plantation de sapins pectinés avec quelques épicéas communs et des bandes de feuillus***	Essences principales de la futaie	***91% de sapins pectinés, 5% d'épicéas communs et 4% de feuillus***
Types de coupe	***Coupe d'amélioration au stade de la 2ème éclaircie dans la parcelle 18 et de la 3ème éclaircie dans la parcelle 17***	Cloisonnement	***Existants avec des entraxes variables : de 16 à 21 m selon les cloisonnements***
Hauteur	***23 m pour la classe des 25 25 m pour la classe des 30 et 35***	$D_{1,30m}$ des tiges prélevées	***De 10 à 45 cm, uniquement des résineux***

Opérations réalisées :

6 cloisonnements sont retenus pour l'étude : 3 zones d'exploitation ont été réalisées de manière classique sur une surface de 1,06 ha et 3 zones d'exploitation en écorçant le bois sur une surface de 0,82 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 est équipée pour l'ensemble du suivi du kit d'écorçage décrit dans le paragraphe 2. Elle est pilotée par un opérateur très expérimenté qui a réalisé le premier test en février 2021. 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 3 m et quelques rares billons en 5 m dans les plus gros bois. Le débardage n'a pas été suivi sur ce chantier.

	Zone classique	Zone écorçage
Type de travail	Bûcheronnage mécanisé classique : abattage, ébranchage et billlonage	Bûcheronnage mécanisé avec écorçage : abattage, écorçage avec ébranchage puis billlonage
Surface	1,06 ha	0,82 ha
Densité avant exploitation (N/ha)	**668**	**748**
Prélèvement (N/ha)	164	131
Intensité de prélèvement (tiges)	20%	22%
Nombre de tiges récoltées	138	135
$D_{1,30m}$ moyen (cm) et intervalle de confiance	25,0 cm +/- 1,1 cm	24,1 cm +/- 1,1 cm
Répartition des tiges récoltées par classes de diamètre $D_{1,30m}$		

Peuplement avant la coupe
Cloisonnement d'exploitation + arbres à prélever marqués à la peinture

Peuplement avant la coupe
Les arbres à prélever sont identifiés par leur classe de diamètre : les « 2 » appartiennent à la classe des 15, les « 3 » à celle des 20, les « 4 » à celle des 25, les « 5 » à celle des 30

Peuplement après la coupe

Peuplement après la coupe

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

2.1 Principales caractéristiques du porte-outil

Modèle : John Deere 1270G, 8x8

Année : 05/2021
Horamètre : 2 700 h
Puissance moteur : 268 ch
Régime moteur : 1 900 tr/min

Grue : CH710, portée de 10 m, 197 kNm

Pneumatiques : 710/45-26.5

L'entreprise **a renouvelé sa machine depuis le chantier n°1 de Naisey les Granges (février 2021)**, mais il s'agit exactement du même modèle. Cependant, elle est équipée de la tête de bûcheronnage John Deere H415HD (précédemment une H415).

La John Deere 1270G avec la tête de bûcheronnage H415HD

2.2 La tête de bûcheronnage et le kit d'écorçage

John Deere H415HD avec le kit d'écorçage installé
Au premier plan les 4 rouleaux d'origine
Masse : 1530 kg avec rotator et chappe
Vitesse : 2,9 à 7 m/s

Le kit d'écorçage de John Deere :
1 roulette de mesure : largeur 3 cm, diamètre 17 cm
2 rouleaux centraux : largeur 11,5 cm, diamètre 28 cm
2 rouleaux latéraux : largeur 12,8 cm, diamètre 44 cm
(dimensions identiques à celles des rouleaux d'origine)

Tarif : 5 600 € HT

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

Détails de l'installation voir compte rendu du chantier n°1

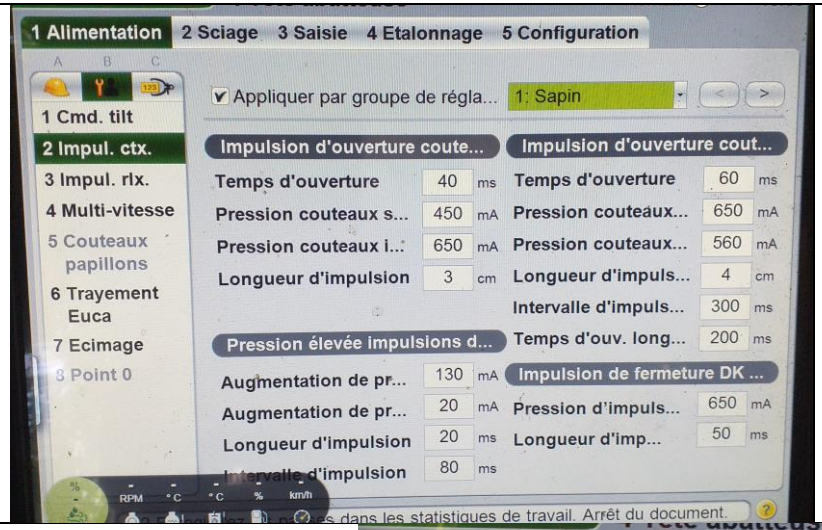
Gros plan sur la roulette de mesure plus large que celle d'origine (3 cm) et les 2 rouleaux d'entraînement centraux

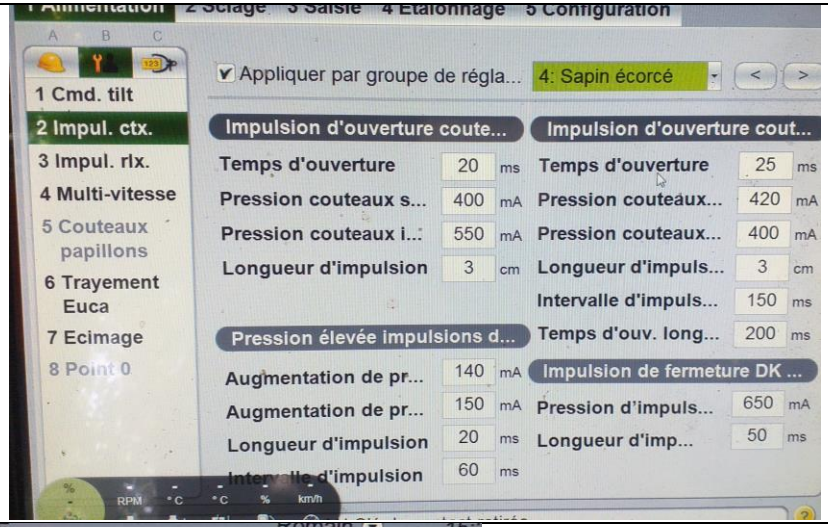
Profil des rouleaux latéraux : picots et barrettes
Ecartement entre les barrettes et picots : 3,5 cm

Paramétrage de la machine (après 2 jours d'essais)

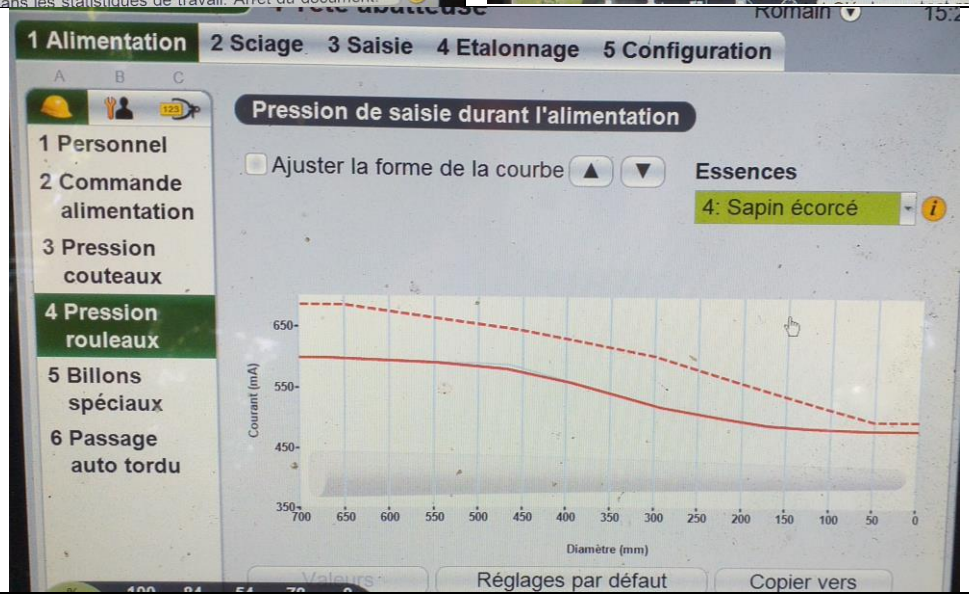
- Commande d'inclinaison de la tête activée (durant le démarrage de l'avancement) => aide à plaquer la tête contre la tige et agit sur le couteau supérieur
- Pilotage de la tête en mode manuel

Temps d'impulsion d'ouverture des couteaux supérieurs et inférieurs réduites au démarrage
(à droite sapin classique et à gauche le mode « écorçage)
+ augmentation de la pression élevée d'impulsion



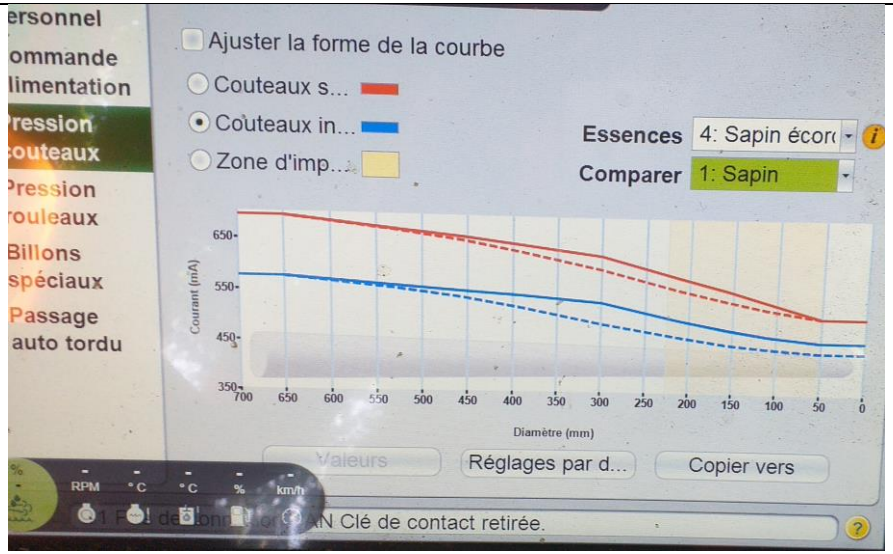


Diminution de la pression des rouleaux à la limite du patinage
Ligne en pointillé : réglage standard et ligne pleine : réglage réalisé par le pilote pour l'écorçage



Augmentation de la pression des couteaux supérieurs et surtout des couteaux inférieurs pour qu'en marche arrière le bois reste bien appliqué à la tête

Ligne en pointillé : réglage standard et ligne pleine : réglage réalisé par le pilote pour l'écorçage



Rouge : couteaux supérieurs ; Bleu : couteaux inférieurs

Pression des rouleaux et des couteaux en fonction de quelques diamètres

	Diamètre (mm)	**Standard sapin**	Diamètre (mm)	**Ecorcé**
Couteaux supérieurs	50	**68 bars**	50	**71 bars**
	150	**82 bars**	150	**96 bars**
	300	**119 bars**	300	**138 bars**
	450	**119 bars**	450	**160 bars**
Rouleaux	Diamètre (mm)	**Standard sapin**	Diamètre (mm)	**Ecorcé**
	50	**65 bars**	50	**50 bars**
	456	**147 bars**	469	**109 bars**
Couteaux inférieurs	Diamètre (mm)	**Standard sapin**	Diamètre (mm)	**Ecorcé**
	50	**21 bars**	50	**35 bars**
	150	**28 bars**	150	**44 bars**
	300	**50 bars**	300	**75 bars**
	450	**78 bars**	450	**84 bars**

3. Les productivités observées

Date(s) de suivi :
14 et 15 juin 2022

3.1 Description des phases de travail

Le pilote progresse dans le cloisonnement, abat généralement les tiges sur la droite, façonne dans le cloisonnement et billonne sur sa gauche.

- ✓ 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 en moyenne 5 fois (correspondant donc à 3 passages uniquement pour l'écorçage).** 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'outil, 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. ci-dessous).

Modalité classique

Abattage d'une tige

Ebranchage et billonnage réalisés de manière habituelle

Notons que les bois sont légèrement écorcés

Modalité écorçage

Premier passage : ébranchage et 1er écorçage sur toute la longueur

Des allers-retours sur toute la longueur permettent d'écorcer davantage la tige, en moyenne 5 passages dans la tête

Billonnage

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

Sur l'ensemble du suivi :

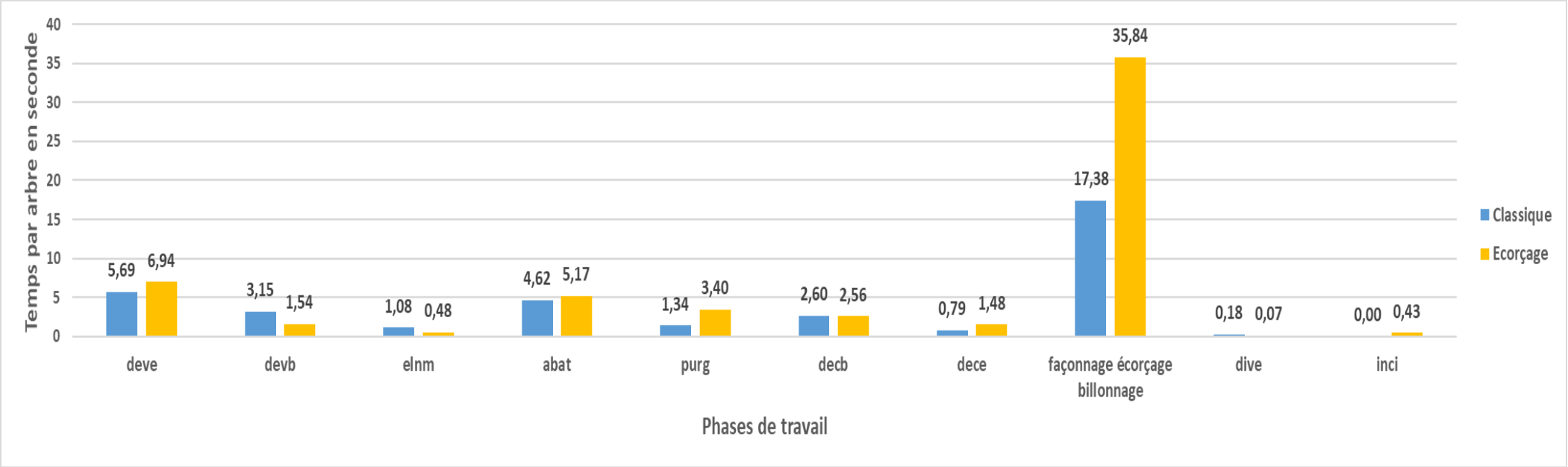
Modalité	Durée du suivi	Nombre de tiges	Temps moyen par tige (s)	Volume total (m^3 sur écorce)	Productivité moyenne globale (m^3/hmp)
Classique	01:23:28	136	36,82	71,5	51,41
Ecorçage	02:03:32	128	57,91	63,9	31,03
Total	**03:27:00**	**264**		**135,4**	

Remarques :
1) Volumes : 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 : 51,41 m^3/heure pour la modalité classique pour 31,03 m^3/heure pour la modalité écorçage, soit une diminution de 40% (en hiver -46%, mais 7 passages au lieu de 5 passages).

En temps de traitement par tige, il faut 57% de temps en plus pour traiter une tige (57,91 s au lieu de 36,82 s) et cette différence est bien sûr liée principalement à l'écorçage. En effet, la phase de façonnage-écorçage-billonnage est 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 57,42 s et 35,74 s, soit un écart de 61%**.
Il est à noter que le temps pour purger la première rondelle est aussi plus important dans la modalité « écorçage ». Elle est nécessaire pour une mise à zéro de la longueur et pour purger la première rondelle pleine de terre. Elle concerne 83% des tiges de la modalité « écorçage » et seulement 36% 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). Quelques incidents ont été relevés dans la modalité « écorçage », liés au coincement de bouts d'écorce dans la roulette de mesure, obligeant le pilote à relâcher les bois pour libérer le morceau d'écorce et reprendre les mesures.

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



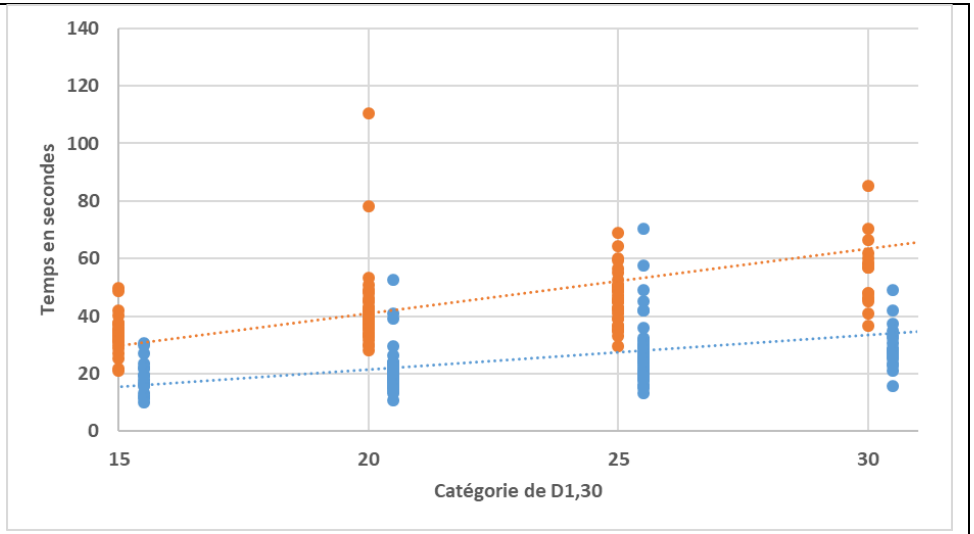
Zoom sur la productivité « instantanée » par tige :

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 de la classe 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	**19,19**	**21,27**	**28,17**	**29,35**
Ecorçage	**33,96**	**42,17**	**46,35**	**55,31**
Ecart en %	**77%**	**98%**	**65%**	**88%**

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 (les 2 arbres de la catégorie 20 avec des temps de traitement de 80 et 110 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 de carburant

Informations recueillies à partir de l'ordinateur de bord :

Modalité classique : 23,3 litres/heure
Modalité écorçage : 25,9 litres/heure, soit une augmentation de 2,6 litres/heure (+11%)

Si on rapproche cette consommation, des m^3 produits en heure machine productive, on aboutit à des écarts plus importants :

Modalité classique : 0,82 litres/m^3
Modalité écorçage : 1,16 litres/m^3, soit une augmentation de 41%, mais nettement moins élevée qu'en période hivernale (+114% sur le chantier n°1).

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

Contrairement au premier chantier (épicéas communs), peu de casses de cimes ont été observées lors de l'écorçage (6% des tiges vs 23% en hiver) alors que les bois sont plus longs.

En modalité classique, les casses de cimes sont très rares (moins de 1% des tiges).

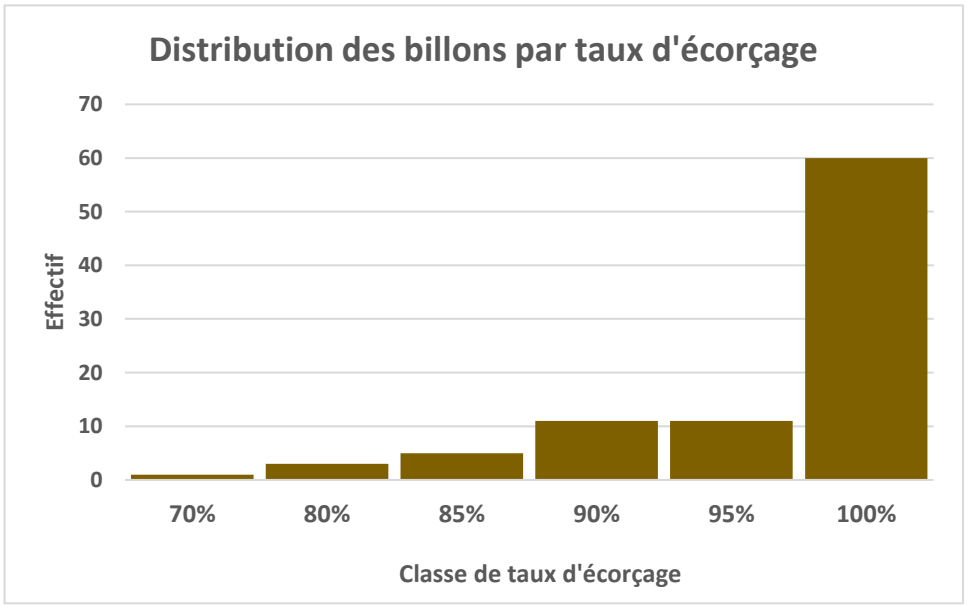
4. Taux d'écorçage

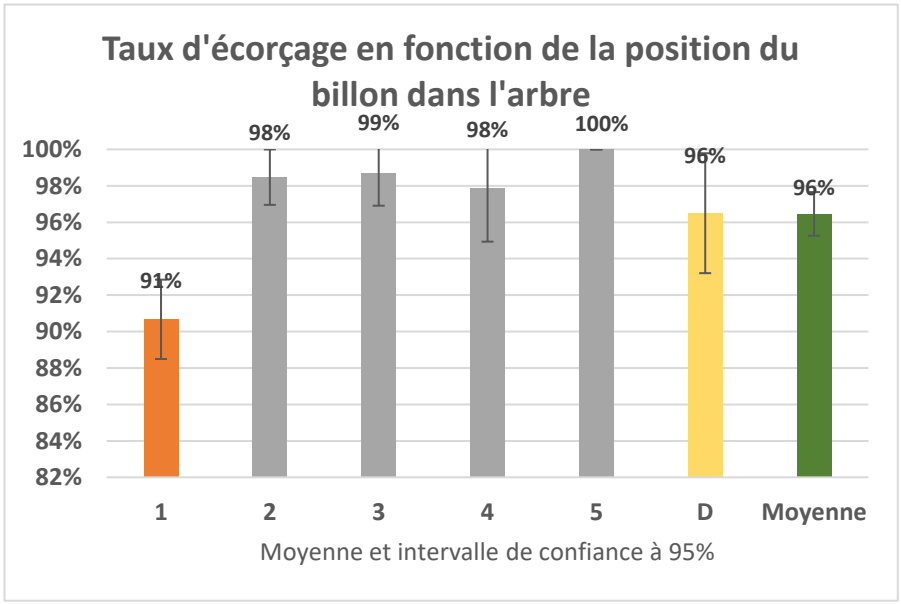
Un échantillon de 19 arbres (correspondant à 91 billons) a été examiné pour déterminer le taux d'écorçage à l'aide d'un logiciel spécifique de traitement d'images. Chaque billon est photographié sur une face (donc environ la moitié de la surface totale) et sur chaque image est déterminée la surface d'écorce 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

La grande majorité des arbres ont fait l'objet de 5 passages dans la tête d'écorçage (premier passage d'ébranchage, 3 passages uniquement pour l'écorçage et le dernier correspondant au billonnage). Quelques billons (<10%) ont fait l'objet d'un aller-retour supplémentaire d'écorçage localisé.

- **Le taux d'écorçage moyen des billons est de 96%, avec 60 billons sur les 91 examinés écorcés à 100%**.
- **La variabilité intra arbre est moins importante qu'en période hivernale. 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.





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

Exemple de l'arbre n°2 :
taux moyen d'écorçage 96% pour 5 passages

Exemple de l'arbre le moins bien écorcé avec tout de même
un taux moyen d'écorçage de 83% pour 5 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.

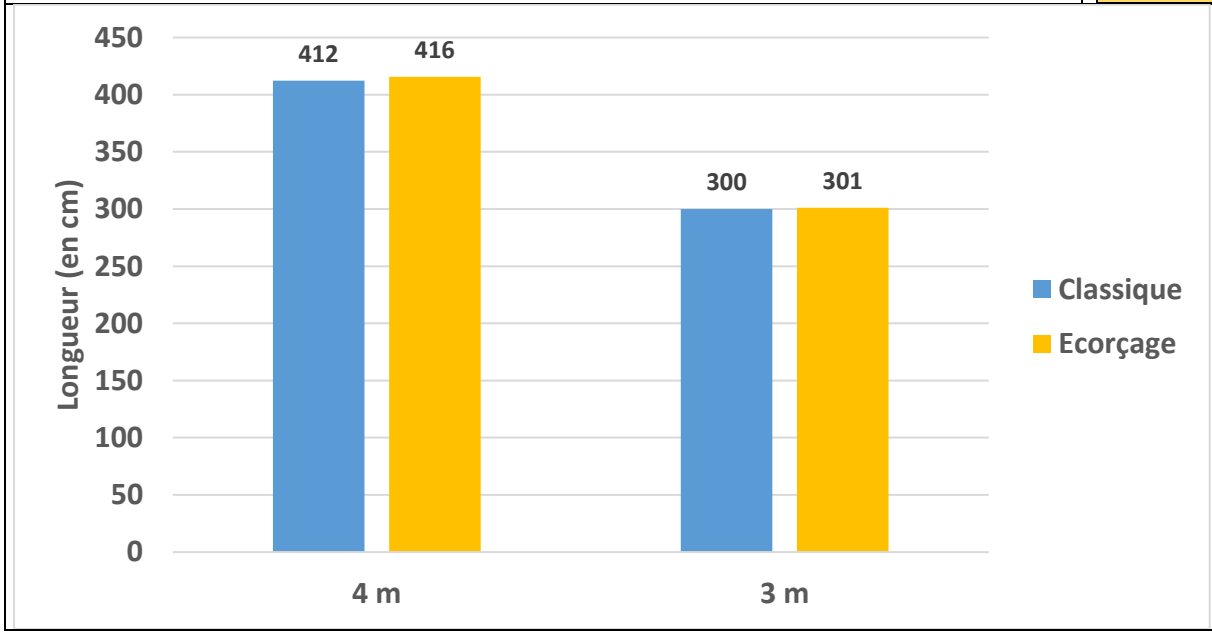
Le pied de l'arbre est souvent moins bien écorcé

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		**3 m trituration**	
effectifs longueur	100	effectifs longueur	140
effectifs Ø	100	effectifs Ø	140
Ø moyen (cm)	24,1	Ø moyen (cm)	15,6
L moyenne (cm)	**412,1**	**L moyenne (cm)**	**300,0**
ecartype	4,61	ecartype	4,05
IC student (marge)	0,91	IC student (marge)	0,68
Long max (cm)	441	Long max (cm)	334
Ø max (cm)	34,5	Ø max (cm)	24,1
Ø g mini (cm)	18,4	Ø g mini (cm)	10,1
VUM (m^3)	0,187	VUM (m^3)	0,057
Nb L > 410 cm	***93%***	***Nb L > 295 cm***	***98%***
Nb L > 415 cm	***6%***	***Nb L > 305 cm***	***1%***

Zone écorçage			
Produit n°1		**Produit n°2**	
4m sciage		**3 m trituration**	
effectifs longueur	98	effectifs longueur	120
effectifs Ø	98	effectifs Ø	120
Ø moyen (cm)	23,1	Ø moyen (cm)	14,6
L moyenne (cm)	**415,7**	**L moyenne (cm)**	**301,2**
ecartype	8,51	ecartype	2,14
IC student (marge)	1,71	IC student (marge)	0,39
Long max (cm)	466	Long max (cm)	313
Ø max (cm)	32,0	Ø max (cm)	21,0
Ø g mini (cm)	18,0	Ø g mini (cm)	9,0
VUM (m^3)	0,174	VUM (m^3)	0,050
Nb L > 410 cm	***100%***	***Nb L > 295 cm***	***99%***
Nb L > 415 cm	***22%***	***Nb L > 305 cm***	***3%***



La précision est globalement bonne en « 4 m » mais elle peut être améliorée et est très bonne pour le « 3 m ».

Les billons sont légèrement plus longs en modalité écorçage et ils ont tous la longueur minimale requise pour le « 4 m » (c'est-à-dire 4,10 m), alors qu'en modalité classique, 7% des billons de « 4 m » sont trop courts.

Il est à signaler que des petits bouts d'écorce se bloquent parfois sous la roulette de mesure qui glisse alors littéralement sur le bois entraînant des surlongueurs surtout sur les billons façonnés dans les pieds (22% des billons en « 4 m »), y compris dans la modalité classique (6% des « 4 m »). Lorsque le pilote s'en rend compte, il doit relâcher les bois pour que le petit bout d'écorce tombe.

En « 3 m », ces surlongueurs sont exceptionnelles.

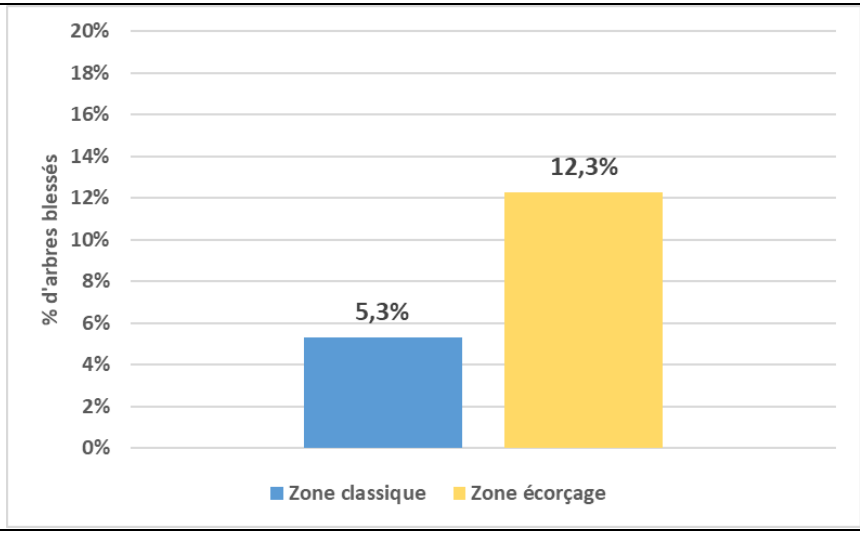
6. Impacts aux peuplements et au sol

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 la totalité des tiges réparties sur la zone de travail : 567 tiges pour la zone classique et 481 tiges pour la zone écorçage.
Une blessure a été notée lorsque l'écorce est enlevée, quel que soit la taille d'impact.

- ⇨ **L'écorçage provoque plus de blessures aux tiges restantes (12,3% de tiges blessées) que la méthode classique (5,3%).**
- ⇨ **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.**
- ⇨ A signaler que la circulation de l'engin sur les cloisonnements est responsable de 1,2% (modalité classique) et 2,9% (modalité écorçage) des arbres blessés. Il s'agit de blessures sur les racines généralement.



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 pour le sol

7. Conclusion

- **Kit d'écorçage**
  - Le kit d'écorçage (4 rouleaux d'entraînement + 1 roulette de mesure) de la tête de bûcheronnage John Deere H415HD a permis d'écorcer aisément les sapins en sève (récolte au mois de juin). Pas de panne spécifique à signaler lors de ce suivi.
  - Il faut compter une journée pour installer le kit et régler la machine. Signalons que ce kit est démontable et que l'on peut retrouver la configuration d'origine de la tête.
  - 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 dans cette coupe de sapins pectinés, idéalement pour les catégories de 10 à 35 cm de diamètre à 1,30m.

- **Pilote de la machine**
  - Il faut un pilote expérimenté qui connaisse bien sa machine, maîtrise le maniement de la grue et soit apte à régler correctement les pressions de serrage des couteaux et des rouleaux et autres paramètres de la machine. 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 96% avec 60 billons sur les 91 examinés écorcés à 100% pour 5 passages dans la tête.
  - La variabilité intra arbre est moins importante qu'en période hivernale. 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 : 51,41 m^3/heure pour la modalité classique contre 31,03 m^3/heure pour la modalité écorçage, soit une diminution de 40% (en hiver -46%, mais 7 passages au lieu de 5 passages).

  - En temps de traitement par tige, il faut 57% de temps en plus pour traiter une tige (57,91 s au lieu de 36,82 s) et cette différence est bien sûr liée principalement à l'écorçage. En effet, la phase de façonnage-écorçage-billonnage est doublée dans la modalité écorçage. Si on ne tient pas compte des tiges non marchandes (elnm), les temps de traitement par tige sont respectivement de 57,42 s et 35,74 s, soit un écart de 61%.

- **Consommation**
  - La consommation horaire de la machine augmente de 11% car la tête est davantage sollicitée. Si on prend en compte la baisse de la productivité, la consommation s'élève à 1,16 litres/m^3, soit une augmentation de 41%, mais nettement moins élevée qu'en période hivernale (+114% sur le chantier n°1).

- **Casse des cimes lors de l'écorçage**
  - Contrairement au premier chantier (épicéas communs), peu de casses de cimes ont été observées lors de l'écorçage (6% des tiges vs 23% en hiver) alors que les bois sont plus longs.
  - En modalité classique, les casses de cimes sont très rares (moins de 1% des tiges).

- **Précision sur la longueur :**
  - La précision est globalement bonne en « 4 m » mais elle peut être améliorée et est très bonne pour le « 3 m ». En effet, des petits bouts d'écorce se bloquent parfois sous la roulette de mesure qui glisse alors littéralement sur le bois entraînant des surlongueurs surtout sur les billons façonnés dans les pieds (22% des billons en « 4 m »), y compris dans la modalité classique (6% des « 4 m »).

- **Impacts sur les tiges restantes et le sol :**
  - L'écorçage provoque plus de blessures aux tiges restantes (12,3% de tiges blessées) que la méthode classique (5,3%). 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 un scalpage du sol dû à la grume qui frotte le sol lors de la phase d'écorçage est à signaler, mais qui est sans conséquence sur le sol.

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

Avec la précieuse collaboration de l'entreprise GIRARD et de JOHN DEERE France et en particulier du pilote de la machine, Romain Barbier.

Rédacteurs : Philippe Ruch, Xavier Montagny, Nina Bonche (FCBA), Erwin Ulrich (ONF) 29/08/2022