RAPPORT DE SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

« Têtes d'abattage-écorceuse »

Technique d'écorçage en forêt avec des machines de bûcheronnage

Avec le soutien de

Responsable du projet

Partenaires

INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Date de publication : mars 2023

Table des matières

Introduction 5

Un peu d'histoire… 6

Aujourd'hui, pourquoi écorcer en forêt tempérée ? 6

Quels équipements sont nécessaires ? 7

Combien coûte un kit d'adaptation ? 8

Combien de temps faut-il pour modifier une tête d'abattage ? 8

Quels sont les diamètres optimaux des bois pour l'écorçage ? 9

Durée d'apprentissage pour une bonne utilisation 9

Quels types de produits peuvent être réalisés ? 9

Quels sont les réglages spécifiques à faire sur les TAÉ par rapport à une tête d'abattage classique ? 9

Quelle période de l'année est la plus favorable pour écorcer ? 9

Et si on doit réaliser un chantier sans écorçage ? 12

Productivités 12

Fiabilité des longueurs 14

Impacts sur les arbres restants 15

Impacts au sol 15

Qualité des produits 16

Répartition de l'écorce dans la parcelle 19

Quantité de nutriments apportée au sol par l'écorçage 19

Effets mécaniques de l'écorçage sur la machine de bûcheronnage 22

Recommandations pour le débardage et le transport… 22

Estimation des surcoûts 22

Éléments à considérer par la filière aval 22

Conclusions 23

Bibliographie 23

4 - Technique d'écorçage en forêt avec des machines de bûcheronnage

Introduction

Les informations présentées dans ce rapport de synthèse sont le résultat final des projets 2020-2023 co-financés par France-Bois-Forêt (n° n°20RD1115, 21RD1290 et 22RD1467), intitulés « Utilisation des Têtes d'Abattage-Écorceuse (TAÉ) en forêt tempérée pour la protection sanitaire des peuplements et pour le maintien de la fertilité des sols ».

Ce projet a réuni sous la responsabilité de l'Office national des forêts, les partenaires suivants :

- l'Institut technologique FCBA ;
- le Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF, Allemagne) ;
- l'Université de Sciences Appliquées de Weihenstephan-Triesdorf (HSWT, Allemagne) ;
- John Deere Forêt France ;
- Ponsse France ;
- la Fédération Nationale du Bois (FNB) ;
- la Fédération Nationale des Entrepreneurs des Territoires (FNEDT) ;
- et deux entreprises de travaux forestiers, François GIRARD et BOTTIN & fils.

L'objectif du projet TAÉ a été de s'approprier la technique d'écorçage, par le biais de 4 chantiers test (Tableau 1), et de la faire connaître en France.

Tableau 1 • Présentation des 4 chantiers test ayant permis de s'approprier l'utilisation des TAÉ en France.

Machine de bûcheronnage et TAE	John Deere 1270G TAÉ H415	Ponsse Ergo TAÉ H7
Période hivernale		
	Épicéas communs, $D_{1,30\ m}$ moyen : 20 cm Février 2021, FC Naisey Les Granges (25)	Épicéas communs, $D_{1,30\ m}$ moyen : 30 cm Mars 2021, FC Chapelle-aux-Bois (88)
Période estivale		
	Sapins pectinés, $D_{1,30\ m}$ moyen : 25 cm Juin 2022, FC Cléron (25)	Sapins pectinés, $D_{1,30\ m}$ moyen : 20 cm Juin 2022, FD Reclos (54)

À ce rapport de synthèse avec des recommandation techniques, il est possible de visionner une vidéo de 10 minutes sur les sites internet des partenaires du projet

Un peu d'histoire…

En forêt tempérée, l'écorçage manuel a été pratiqué jusque dans les années 60-80, selon les pays. Les raisons de cet écorçage étaient l'optimisation de la chaîne de valeur, par manque de débouchés pour les écorces (sauf pour le tannage du cuir). Par ailleurs, le débardage et le transport des bois étaient difficiles compte tenu des moyens de l'époque. L'écorçage permettait ainsi de rendre les grumes plus glissantes et de réduire leur poids, ce qui facilitait les opérations de débusquage manuel ou avec des chevaux. Cet écorçage sur le parterre des coupes a eu un fort effet positif sur le maintien des nutriments en forêt, ainsi que sur la non-prolifération des scolytes. Avec la modernisation de la récolte des bois, l'écorçage a d'abord été déplacé en dehors des parcelles sur les places de dépôt, puis rapidement vers les lieux de transformation, scieries et usines de pâtes à papier.

Depuis près de 30 ans des têtes d'abattage-écorceuse (TAÉ) sont utilisées en Amérique du Sud (surtout au Brésil), en Afrique (Afrique du Sud), en Australie et en Nouvelle-Zélande pour écorcer les eucalyptus et pins (particulièrement le pin de Monterey, Pinus radiata) dans des forêts plantées. La production de pâte à papier ne peut se faire qu'avec des bois écorcés et l'eucalyptus, en particulier, s'écorce difficilement lorsqu'il est sec. Par ailleurs, l'écorçage s'est généralisé dans ces pays à partir des années 70, pour permettre le retour des éléments nutritifs au sol dans les peuplements gérés à courte rotation (6-10 ans). Les sols forestiers de ces pays, très altérés et pauvres en éléments nutritifs, vivent en effet essentiellement du turn-over interne des éléments provenant surtout des feuilles et branches des arbres. Le retour des éléments nutritifs via l'écorce, évite une chute importante de la productivité des peuplements observée au fil des générations, par rapport aux peuplement où l'écorce est exportée.

Pour les eucalyptus et les pins, la forme des arbres plutôt rectiligne, souvent issus d'un seul clone, et le fait que les arbres sont toujours en pleine sève ont permis d'adapter facilement les TAÉ pour un écorçage total.

L'écorçage a d'abord été réalisé manuellement, puis mécaniquement sur les places de dépôt, avec l'organisation du retour de ces écorces dans les peuplements. Les coûts importants liés à ces pratiques ont motivé le développement des TAÉ pour un écorçage direct en forêt, il y a près de 30 ans.

Depuis, plusieurs constructeurs proposent ces TAÉ dans leur catalogue de vente (John Deere, Ponsse, Komatsu, Logset, AFM, Waratah, Kesla, SP Maskiner, Tigercat, Lako…).

Aujourd'hui, pourquoi écorcer en forêt tempérée ?

Deux motivations principales peuvent être mises en avant :

1) **à court terme**, en lien avec des risques sanitaires : l'écorçage permet de diminuer les populations de ravageurs sous-corticaux (ex. scolytes, sténographe et pissode du pin) au début des infestations, afin d'éviter leur propagation. Cela peut potentiellement concerner toutes les régions françaises. En revanche, lorsqu'une épidémie a atteint de grandes surfaces, l'écorçage n'arrivera plus à la ralentir, ni à l'arrêter.

2) **à long terme** : l'écorçage permet le retour au sol des nutriments contenus dans les écorces. Par rapport au bois, la concentration des éléments nutritifs majeurs contenus dans l'écorce est jusqu'à 25 fois plus élevée.

   - Dans les stations moyennement pauvres cela permettra le maintien de la production bois, sans devoir amender ou fertiliser même si ce n'est pas encore une pratique courante en France, voire sans devoir adapter la façon de récolter (cf. Recommandation n° 2 du guide ADEME Gerboise, à télécharger ici : https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/892-gerboise-gestion-raisonnee-de-la-recolte-de-bois-energie.html).

   - Dans les stations très pauvres, cela pourrait lever partiellement les restrictions de récolte, parfois contraignantes, sur les menus bois. À terme, l'écorçage en forêt pourrait concerner 20-30 % des surfaces forestières françaises (cf. rapport Gerboise, page 12).

Quels équipements sont nécessaires ?

La plupart des constructeurs ne proposent pas de TAÉ spéciale, mais des kits d'adaptation pour transformer des têtes de bûcheronnage existantes en TAÉ. Cela a le grand avantage de ne pas devoir investir dans une nouvelle tête. Ces kits sont de composition variable selon les choix techniques du constructeur.

Les kits peuvent concerner tout ou partie des éléments suivants (Tableau 2) :

- les rouleaux d'entrainement latéraux et centraux ;
- le rouleau de mesure de la longueur ;
- les couteaux d'ébranchage mobile ;
- les couteaux d'ébranchage fixes (en haut et/ou en bas).

Tableau 2 • Exemples d'éléments à changer sur la tête d'abattage H415 de John Deere et la tête H7 de Ponsse pour les transformer en TAÉ

John Deere	Ponsse
Rouleaux d'entrainement latéraux (derrière) et centraux (devant) Roulette de mesure (au centre)	Rouleaux latéraux et rouleau central / Couteaux fixes du haut Couteaux mobiles du haut et du bas + roulette de mesure (non photographiée)
Les rouleaux démontés sont ceux de la tête d'origine	

Combien coûte un kit d'adaptation ?

Les prix sont variables en fonction du nombre d'éléments à changer : généralement entre 6 000 et 14 000 euros H.T.

Combien de temps faut-il pour modifier une tête d'abattage ?

Selon le nombre d'éléments concernés, il faut entre un et deux hommes jours pour installer le kit. Pour les têtes avec peu d'éléments et des éléments faciles à changer, une seule personne peut le faire. Si beaucoup d'éléments sont à changer, deux personnes doivent travailler ensemble pendant une journée (voir quelques exemples Tableau 3).

Tableau 3 • Travaux d'adaptation des têtes H415 de John Deere et H7 de Ponsse

John Deere	Ponsse

Quels sont les diamètres optimaux des bois pour l'écorçage ?

Les classes de diamètre 10 à 30 cm, exceptionnellement 35 cm, représentent la gamme optimale pour l'écorçage. Cela concerne à la fois les résineux et les feuillus. Ces derniers doivent cependant présenter une très bonne rectitude.

La raison de cette faible étendue de diamètres, qui concerne donc surtout les 3 premières éclaircies en forêt tempérée, est l'origine initiale des TAÉ : elles ont été adaptées pour écorcer des eucalyptus et des pins en zone tropicale. Les rotations pour l'eucalyptus, le plus souvent de 6 à 10 ans, conduisent à cette faible gamme de diamètres.

Durée d'apprentissage pour une bonne utilisation

Les 2 à 3 premiers jours nécessitent un grand investissement de la part de l'opérateur, car il doit apprendre à travailler autrement après la phase d'abattage.

En effet, il doit :

- trouver les bons réglages de la tête et en particulier les pressions des rouleaux et couteaux, en fonction de l'essence et de la période d'écorçage dans l'année ;
- gérer la tige entière qui passe à plusieurs reprises au travers la tête d'abattage et il faut donc prévoir les trajectoires de part et d'autre de la machine, pour faire défiler l'arbre sur toute sa longueur (potentiellement de 20 à 25 mètres de long), sans risquer de blesser les arbres restant sur pied ;
- optimiser le nombre d'allers-retours de la tige afin de ne pas diminuer trop fortement la productivité.

Remarque : il peut être parfois nécessaire de relâcher l'arbre pour le reprendre si le rouleau de mesure de la longueur est obstrué par un bout d'écorce, les billons ne pouvant alors pas être façonnés à la longueur programmée.

Après environ 5 jours, l'opérateur sera en principe déjà bien rodé techniquement et il pourra alors travailler sur l'amélioration de la productivité. Celle-ci prendra généralement une semaine et nécessitera des micro-ajustements itératifs des mouvements et des ajustements des pressions des rouleaux et des couteaux.

Quels types de produits peuvent être réalisés ?

L'écorçage ne change rien à la réalisation des produits, tels qu'ils sont d'usage sans écorçage. Cela peut donc aller de grume entière jusqu'à des billons de 2 mètres de long.

Quels sont les réglages spécifiques à faire sur les TAÉ par rapport à une tête d'abattage classique ?

Plusieurs paramètres doivent être ajustés pour trouver le réglage optimal. La tige doit pouvoir tourner dans la tête pour être écorcée entièrement, en veillant à ce que les marques dans le bois ne soient pas trop profondes pour ne pas diminuer la qualité des billons. Il faut notamment adapter les pressions des rouleaux et des couteaux en fonction des diamètres, de l'essence et de la saison. Pour les premiers pas avec les TAÉ, les constructeurs peuvent transmettre les pressions utilisées pour les TAÉ en zone tropicale. Ces pressions doivent ensuite être adaptées à la hausse ou à la baisse, en fonction des résultats obtenus.

En règle générale :

- la pression des rouleaux est fortement diminuée pour que la tige puisse tourner dans la tête ;
- la pression des couteaux inférieurs est par contre légèrement augmentée pour que la tige reste bien appuyée contre la tête ;
- la pression des couteaux supérieurs est modifiée selon le type de tête et de saison (souvent légèrement diminuée).

D'autres réglages permettent d'optimiser le travail, par ex. chez John Deere, réduction du temps d'impulsion d'ouverture des couteaux au démarrage, activation de la commande d'inclinaison de la tête...

Quelle période de l'année est la plus favorable pour écorcer ?

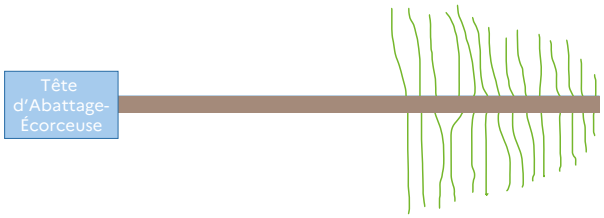
Il faut écorcer durant la période de végétation, c'est-à-dire de mi-avril à mi-septembre (soit pendant 5 mois), car les arbres sont en sève et l'écorce se décolle nettement mieux. Dans ces conditions l'écorçage presque total nécessite entre 3 et 5 passages dans la tête (à savoir : un passage = une traversée complète dans la tête d'abattage ; un aller-retour = 2 passages, voir schéma). Le tableau 4 montre les étapes liées à 3 passages de la grume dans la TAÉ.

En dehors de cette période comme l'écorce adhère très fortement au bois, il faut donc augmenter le nombre de passages (de 5 à 11 selon le modèle de TAÉ). Malgré cela, le taux d'écorçage est plus faible qu'en période de végétation, au mieux aux alentours de 72-75 % dans les chantiers suivis (voir exemples dans le tableau 5).

Tableau 4 • Les 5 étapes liées aux 3 passages de la TAE pour écorcer et billonner un arbre abattu

Étape 1

Arbre entier **avant** le 1er passage dans la TAÉ



Étape 2

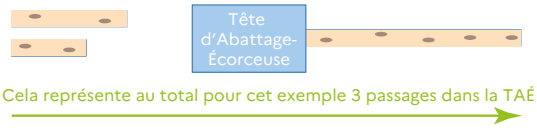
Tige entière **après** le 1er passage dans la TAÉ, légèrement écorcé

Étape 3

Tige entière **après** le 2e passage dans la TAÉ, déjà un peu plus écorcé

Étape 4

3e passage dans la TAÉ en cours : nouvel écorçage avec billonnage



Étape 5

Billons (en 4 et 6 m) **après** le 3e passage dans la TAÉ, toujours plus écorcé

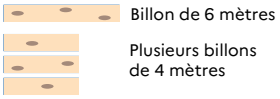


Tableau 5 • Résultats des 4 chantiers test concernant le taux d'écorçage

Période	TAÉ H415 John Deere	TAÉ H7 Ponsse
Hivernale		
	Taux d'écorçage moyen : 60 % pour 7 passages Épicéas communs, D1,30 m moyen : 20 cm	Taux d'écorçage moyen : 72 % pour 5 passages Épicéas communs, D1,30 m moyen : 30 cm
Estivale		
	Taux d'écorçage moyen : 96 % pour 5 passages Sapins pectinés, D1,30 m moyen : 25 cm	Taux d'écorçage moyen : 87 % pour 3 passages Sapins pectinés, D1,30 m moyen : 20 cm

Et si on doit réaliser un chantier sans écorçage ?

Les TAÉ permettent de travailler comme avec une tête classique (ébranchage, façonnage seulement). La seule différence est que les produits seront tout de même un peu écorcés, notamment en période estivale (voir exemples Tableau 6).

Tableau 6 • Billons après un seul passage de la tête TAE en mode classique

TAÉ H415 John Deere sans phase d'écorçage	TAÉ H7 Ponsse sans phase d'écorçage

Productivités

Des suivis chronométriques ont été réalisés par FCBA selon les protocoles de suivis habituels. Ils 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 :

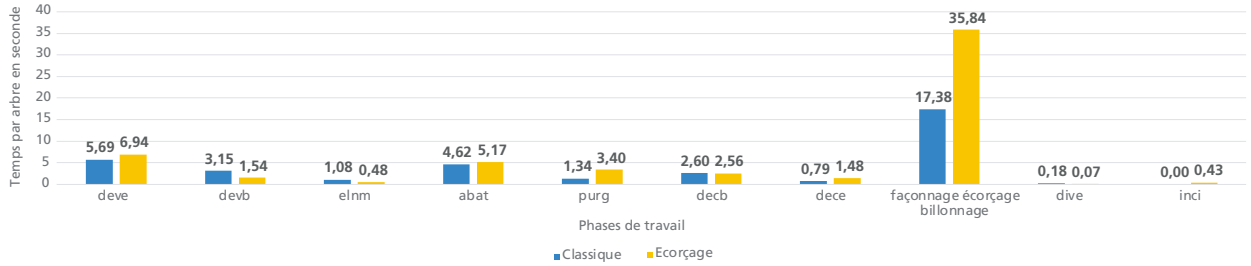
- **deve** : déplacement à vide de l'engin (pour se diriger vers un arbre à abattre avec la tête de bûcheronnage vide) ;
- **devb** : déplacement à vide du bras (pour aller abattre une tige) ;
- **elnm** : élimination de non marchands (coupe de bois non marchand laissé au sol) ;
- **abat** : abattage (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 ;
- **façon** : façonnage de la tige (lorsque les rouleaux ou la scie sont actifs (ébranchage, billonnage), écorçage et billonnage. Lors de ces suivis, cette phase a aussi intégré l'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).

La Figure 1 présente les résultats de ces chronométrages pour les deux types des TAÉ, ainsi que quelques explications aidant la lecture des graphiques.

Figure 1 • Répartition du temps de travail productif par phase en période estivale.

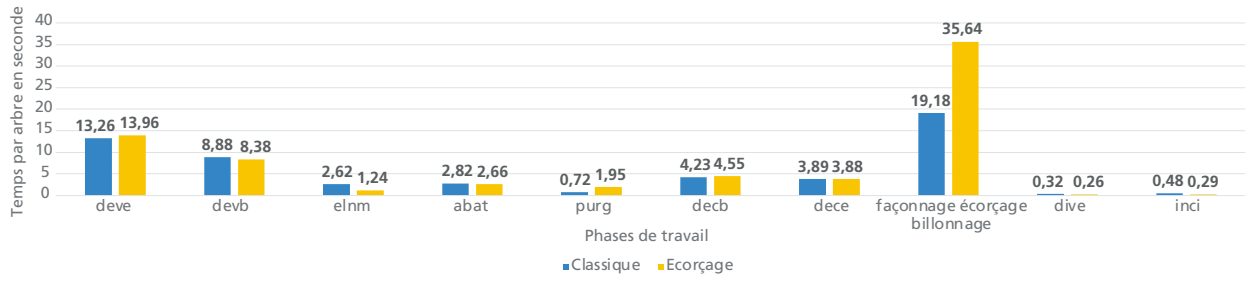
Légende : couleur bleue = abattage-façonnage classique, sans écorçage ; couleur jaune = abattage avec écorçage.

TAE John Deere H415



Répartition des phases de travail sur l'ensemble du suivi (en secondes par tige), en moyenne 5 passages dans la tête.
En temps productif de traitement par tige, il faut 61 % de temps en plus pour traiter une tige (57,42 s au lieu de 35,74 s) sans tenir compte des tiges non marchandes (elnm).
Cette différence est bien sûr liée principalement à l'écorçage. En effet, la phase de façonnage-écorçage-billonnage est doublée dans la modalité écorçage.
En période hivernale, il faut 76 % de temps en plus, pour en moyenne 7 passages.

TAE Ponsse H7



Répartition des phases de travail sur l'ensemble du suivi (en secondes par tige), en moyenne 3 passages dans la tête
En temps productif de traitement par tige, il faut 33 % de temps en plus pour traiter une tige (71,56 s au lieu de 53,77 s) sans tenir compte des tiges non marchandes (elnm).
Cette différence est bien sûr liée principalement à l'écorçage. En effet, la phase de façonnage-écorçage-billonnage est presque doublée.
En période hivernale, il faut 54 % de temps en plus, pour en moyenne 5 passages.

Le temps de traitement d'une tige est forcément plus long (cf. graphiques ci-dessus), d'autant plus que le nombre de passages augmente. Cela se traduit par une baisse de la productivité moyenne globale (en heure machine productive : hmp) observée sur les 4 chantiers :

- **TAE John Deere :**
  - période hivernale : productivité hmp -46 % ; 7 passages ; taux d'écorçage 60 % ;
  - période estivale : productivité hmp -40 % ; 5 passages ; taux d'écorçage 96 %.
- **TAE Ponsse :**
  - période hivernale : productivité hmp -32 % ; 5 passages ; taux d'écorçage 72 % ;
  - période estivale : productivité hmp -27 % ; 3 passages ; taux d'écorçage 87 %.

Remarque : il est à signaler que des casses de cimes des tiges abattues surviennent plus fréquemment dans la modalité écorçage dues aux contraintes mécaniques subies par la tige (Tableau 7).

Tableau 7 • Pourcentage de tiges sur lesquelles une casse de cime a été observée dans la modalité écorçage

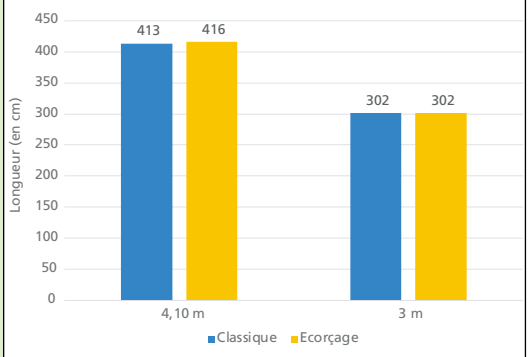
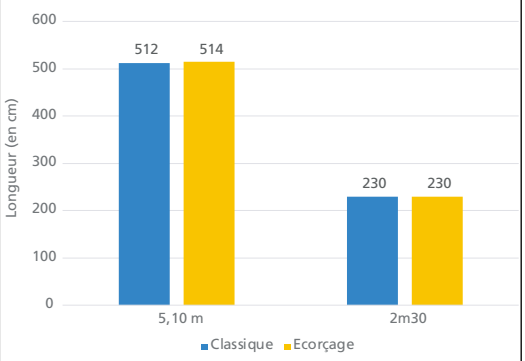
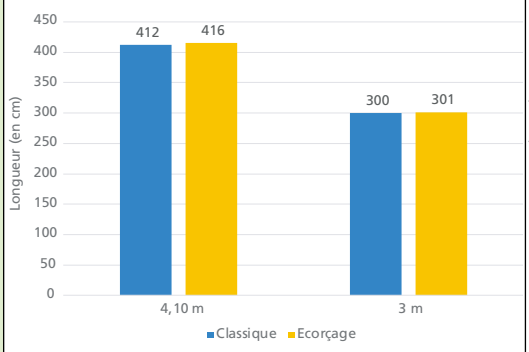
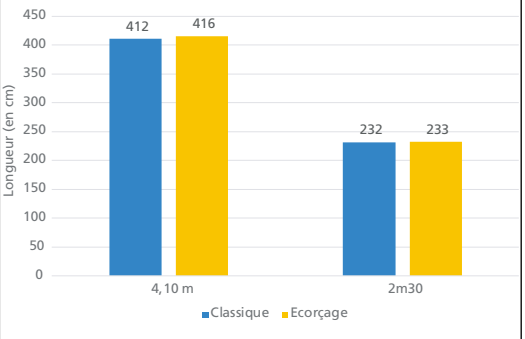
Période	TAÉ H415 John Deere	TAÉ H7 Ponsse
Hivernale	23 % des tiges	59 % des tiges
Estivale	6 % des tiges	14 % des tiges

Fiabilité des longueurs

Sur l'ensemble des chantiers, les longueurs ont été vérifiées sur un échantillon de billons pour les 2 modalités testées : classique, c'est-à-dire le façonnage habituel sans phase d'écorçage et la modalité avec écorçage (cf. Figure 2).

La fiabilité de la mesure de la longueur est très bonne avec une phase d'écorçage, en tout cas aussi bonne qu'avec une tête d'abattage classique !

Figure 2 • Longueur moyenne des billons avec et sans phase d'écorçage. Nombre total de billons mesurés sur les 4 chantiers : 1257

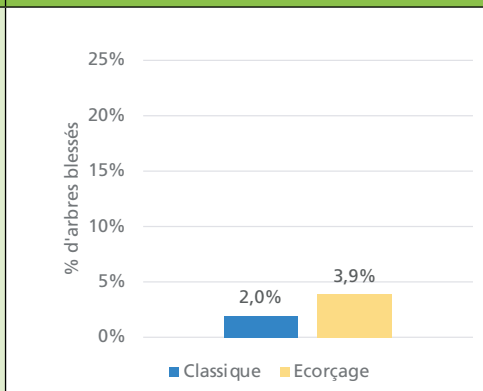
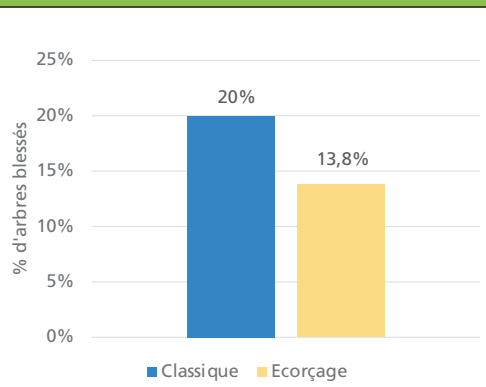
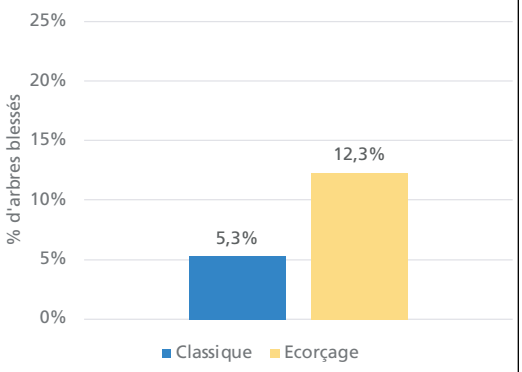
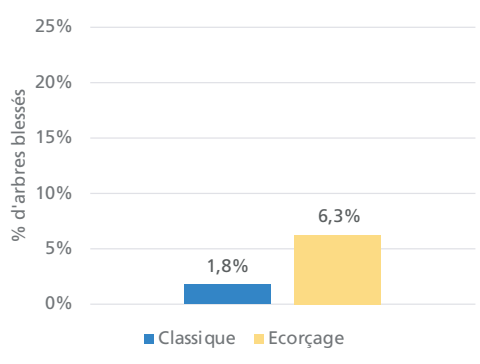
Période	TAÉ H415 John Deere	TAÉ H7 Ponsse
Hivernale	 Billons de 3 m et de 4,10 m	 Billons de 2,30 m et de 5,10 m
Estivale	 Billons de 3 m et de 4,10 m	 Billons de 2,30 m et de 4,10 m

Impacts sur les arbres restants

Lors de l'écorçage, la difficulté consiste à trouver un couloir entre les arbres permettant à la grume de faire les allers-retours sans heurter ou frotter les arbres restants. Ce n'est pas chose facile, même pour des opérateurs très aguerris.

Dans l'ensemble, les impacts sont généralement plus importants avec écorçage (de l'ordre de 2 fois plus importants sur 3 des 4 chantiers, Figure 3).

Figure 3 • Arbres blessés selon la modalité et la saison d'intervention (échantillon de 1959 arbres)

Période	TAÉ H415 John Deere	TAÉ H7 Ponsse
Hivernale		
Estivale		

Impacts au sol

Les seuls impacts qui peuvent être observés de temps en temps sont du scalpage (Figure 4), c'est-à-dire un déplacement du sol superficiel lorsque la base du fût de la grume glisse le long du sol.

Ce type d'impact n'a pas de conséquence sur le sol, autre que le déplacement de la matière organique et minérale des premiers centimètres du sol sur une distance de quelques dizaines de centimètres, voire parfois quelques mètres.

Figure 4 • Scalpage du sol par la base du fût de la grume qui glisse le long du sol lors des allers-retours dans la TAÉ

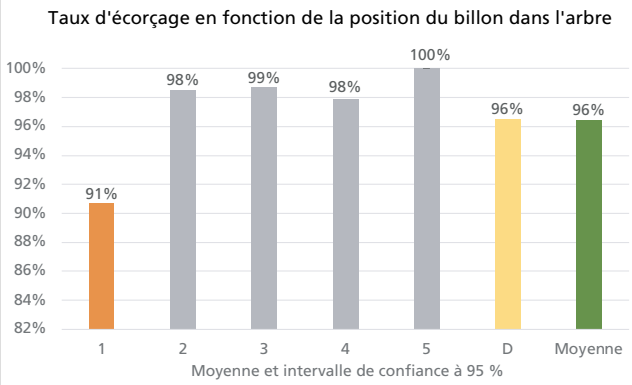
Qualité des produits

Plusieurs éléments sont à considérer (voir les exemples visuels du tableau 8) :

1) **la qualité intrinsèque du billon** (c'est-à-dire la partie vraiment utilisée par l'industrie avale, excluant donc les chutes) : elle n'est pas affectée et correspond à la qualité d'une grume/d'un billon non écorcé ;
2) **la qualité visuelle :** il faut s'habituer à voir des grumes/billons sans écorce et avec des picots sous forme de traits entrant dans les premiers millimètres de la grume ; ses impacts sont, selon le dire des opérateurs, moins profonds que sur des bois non-écorcés car les pressions des rouleaux sont beaucoup plus faibles ;
3) **l'empattement** (base du fût d'un arbre) qui présente souvent :
   a. un problème d'écorçage, car la TAÉ ne peut pas bien épouser la forme de la base du fut (cf. graphiques et illustrations ci-dessous) ;
   b. la présence d'une fine couche de sol minéral sur 20-30 cm entourant la culée de la grume, qui a glissé sur le sol à plusieurs reprises à cause de son poids lors des allers-retours dans la TAÉ ;
4) **les rares impacts profonds :** ils sont le résultat de problèmes d'avancement de la grume dans la tête, pendant lesquels les rouleaux d'avancement patinent et creusent le bois ; la seule solution à disposition de l'opérateur est de laisser tomber la grume pour la reprendre un peu plus loin.
5) **un taux d'écorçage différent selon la position du billon dans l'arbre** (Figure 5) : le plus gros billon (= premier billon façonné) est le plus souvent le moins bien écorcé, car la TAÉ ne peut pas écorcer les 20-30 premiers centimètres, sinon elle ne pourrait plus tenir la grume. Le dernier billon, qui est celui avec le plus faible diamètre, est également un peu moins bien écorcé que tous les billons intermédiaires.

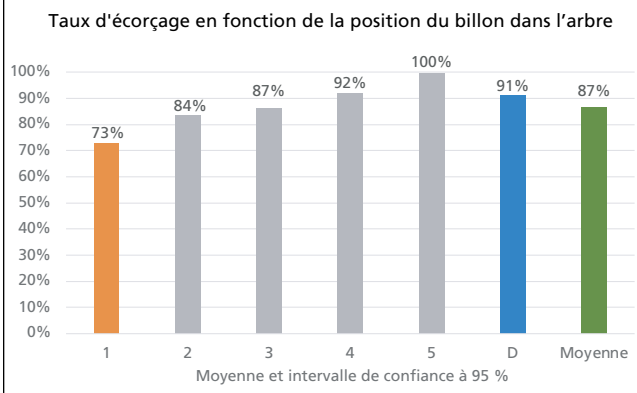
Figure 5 • Taux d'écorçage en fonction de la position du billon dans l'arbre de la TAÉ

TAÉ H415 John Deere



1 = premier billon, 2 = deuxième… D = dernier billon
Période estivale

TAÉ H7 Ponsse



1 = premier billon, 2 = deuxième… D = dernier billon
Période estivale

Tableau 8 • Impacts ou traces sur les billons sans modification réelle de la qualité des produits

TAÉ H415 John Deere	TAÉ H7 Ponsse
Les TAÉ ne peuvent pas bien épouser la forme de la base du fût, ce qui conduit à un plus faible taux d'écorçage du premier billon	
	Couche fine de sol minéral sur l'empattement (base du fût)

TAÉ H415 John Deere	TAÉ H7 Ponsse
Traces laissées par la TAÉ sur les billons (ci-dessous)	
Parfois, les rouleaux d'avancement creusent le bois lorsqu'ils ne peuvent pas avancer	

Répartition de l'écorce dans la parcelle

L'écorçage peut se faire dans trois positions de la tête devant la machine de bûcheronnage : à gauche de la cabine, devant la cabine (donc dans le cloisonnement d'exploitation) et à droite de celle-ci.

L'idéal serait que les écorces tombent le plus possible à l'intérieur des bandes boisées pour s'y décomposer. Mais la position de la TAÉ est d'abord déterminée par la présence d'un couloir suffisamment large pour réaliser les allers-retours de la grume entre les arbres sans les blesser. En pratique, la plus grande partie de l'ébranchage se passe souvent devant la cabine dans le cloisonnement d'exploitation (là où tombent aussi les branches pour que la machine puisse rouler dessus afin de diminuer le niveau de tassement, voir exemples Figure 6).

La grume peut ensuite être déplacée légèrement vers l'intérieur des bandes boisées pour que les écorces tombent à la limite extérieure du cloisonnement. Mais la masse véhiculée à travers la tête étant importante, il n'est pas conseillé d'éloigner trop la tête de la machine, au risque d'une usure prématurée des composants de la grue.

Figure 6 • Exemples de répartition des écorces au sol

John Deere	Ponsse

Quantité de nutriments apportée au sol par l'écorçage

Deux études permettent d'apporter quelques réponses.

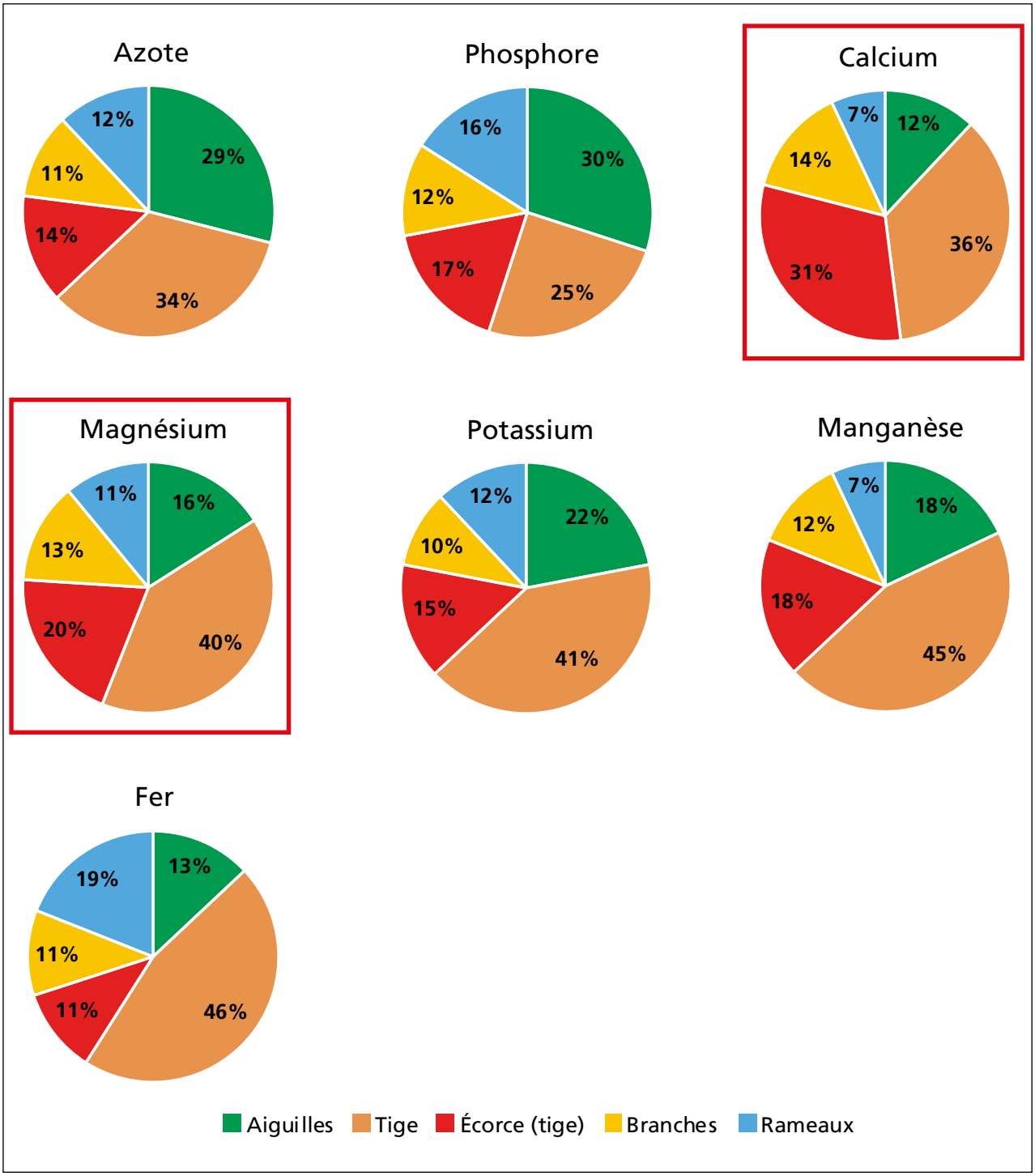
Weis et Göttlein (2012) ont ainsi analysé la masse minérale moyenne des différents compartiments de peuplements d'épicéa de 80 ans, dans différentes régions bavaroises.

Ils ont pu montrer que, même si la masse de l'écorce ne représente que 5 % de la masse totale du peuplement analysé (633 tonnes sèches/ha), la part des éléments minéraux contenue dans l'écorce, représente quant à elle, selon l'élément concerné, entre 11 et 31 % de leur masse totale (Figure 7).

Le calcium et le magnésium sont les éléments les plus présents dans les écorces (graphiques entourés en rouge), avec respectivement 31 % et 20 % de la masse sèche du peuplement. Ces éléments sont aussi les plus importants pour les sols pauvres, pour éviter une acidification accrue des sols.

Ainsi, si tous les arbres du peuplement étaient écorcés, on restituerait au sol au total, avec les aiguilles, les rameaux, les branches et les écorces, entre 54 et 75 % des éléments minéraux contenus dans les arbres.

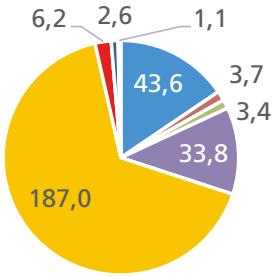
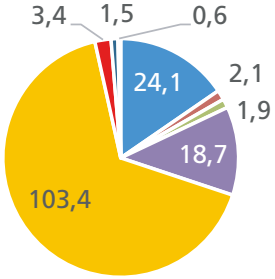
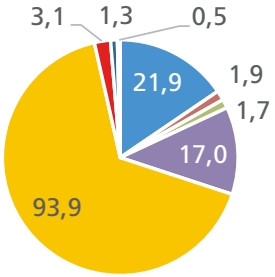
Figure 7 • Distribution moyenne des éléments nutritifs dans un peuplement d'épicéa commun de 80 ans, dont la masse totale (bois + aiguilles + branches) est de 633 tonnes sèches/ha.
Source : Weis W. et Göttlein A., 2012 : Nährstoffnachhaltige Biomassennutzung, LWF aktuell 90, pages 44-47



Une autre étude (Deleuze, 2022) a permis de déterminer les minéralomasses des écorces des tiges prélevées lors des 1re, 2e et 3e éclaircies dans un peuplement de sapin pectiné de montagne (Jura), de fertilité 2. Le tableau 9 présente les détails.

Tableau 9 • Minéralomasses (en Kg/ha) des écorces des tiges prélevées lors des 1re, 2e et 3e éclaircie dans un peuplement de sapin pectiné de montagne (Jura) de fertilité 2.

Source des données : CACOT E., DELEUZE C., BOLDRINI C. (coord.) (2018). Observatoire des pratiques de récolte du bois énergie et évaluation d'outils de flux. Projet GERBOISE – Gestion raisonnée du bois énergie. Verneuil-sur-Vienne : FCBA, Angers : ADEME, 51 p. + annexes ; DELEUZE C. (2022) : communication personnelle.

1re éclaircie à 57 ans 913 tiges prélevées : 134 m³/ha, dont 22 m³ d'écorces	**2e éclaircie à 65 ans** 241 tiges prélevées : 86 m³/ha, dont 12 m³ d'écorces	**3e éclaircie à 73 ans** 159 tiges prélevées : 83 m³/ha, dont 11 m³ d'écorces
Diamètre moyen à 1,30 m du peuplement avant éclaircie :		
18 cm	22 cm	26 cm
		
Les chiffres dans les graphiques ci-dessus indiquent les valeurs en Kg/ha par élément Azote Soufre Phosphore Potassium Calcium Magnésium Manganèse Sodium		
Somme des minéralomasses des 8 éléments (en Kg/ha) contenus dans les écorces des tiges prélevées en éclaircie :		
281 Kg/ha	156 Kg/ha	141 Kg/ha

En prenant l'hypothèse d'écorcer les tiges presque à 100 % lors des 3 premières éclaircies avec les TAE, il serait alors possible d'éviter des exports conséquents de minéraux : de l'ordre de 578 Kg/ha pour les 8 éléments les plus importants.

Effets mécaniques de l'écorçage sur la machine de bûcheronnage

L'écorçage modifie considérablement les forces qui s'exercent sur la tête et la grue en particulier. En effet, avec les têtes d'abattage classique on abat l'arbre, on le laisse tomber tout en gardant le gros bout dans la tête, la cime étant au contact du sol via les branches. Puis on ébranche et façonne les billons ou la grume de grande longueur. Tout ceci se fait en un seul passage.

Cependant, lors de l'écorçage toute la longueur de l'arbre passe plusieurs fois à travers la tête à une vitesse croissante (moins importante lors du premier passage et plus importante au dernier) avec l'ensemble de la tige soulevée. La masse d'un arbre de 25 cm de diamètre, comprenant ses branches, se situe aux alentours de 400 kg. Les mouvements liés à l'écorçage génèrent des forces dynamiques très importantes et usent davantage tous les éléments mécaniques et leurs interconnexions : la grue et son socle, la tête de bucheronnage, les éléments mobiles de la tête de bûcheronnage. Il en découle potentiellement une usure plus rapide, mais que les constructeurs ne sont pas encore en mesure de quantifier par manque d'expérience sur ce sujet.

Recommandations pour le débardage et le transport…

Si les grumes/billons sont écorcés en période de végétation, il faut les laisser sécher au moins 3-4 jours, sinon ils sont trop glissants et peuvent poser des problèmes lors du débardage ou du transport par un grumier. Ils peuvent glisser dans les grappins et tomber, ou glisser des paniers pendant le déplacement du porteur ou du grumier.

Après la période de séchage indiquée, il n'y a plus de problème de ce genre.

Estimation des surcoûts

Plusieurs éléments sont à prendre en compte :

- l'achat du kit et son amortissement : prix d'achat de 6 à 14 k€, hypothèse d'un amortissement sur une campagne d'écorçage de 100 j/an en période estivale sur 5 ans, soit environ +20 €/jour de chantier ;
- le temps d'installation et de désinstallation lorsque la campagne d'écorçage est terminée : environ 2 jours : 2*1 500 € par campagne, soit environ + 30 €/jour de chantier ;
- la perte de productivité : -25 à -40 % : soit + 320 à 510 €/jour ;
- la consommation de carburant : +11 à 13 % de consommation horaire observée sur les chantiers réalisés avec la John Deere (Ponsse, donnée non disponible), soit environ +26 €/jour de chantier ;
- l'usure de la tête et de la grue : aucune donnée disponible à ce jour.

Au total, par jour de chantier sur une base de 100 m^3/jour, il faut compter +396 à +586 €/jour de surcoûts, soit environ +3,90 à +5,90 €/m^3

Ces coûts sont à comparer aux gains : transport de volume de bois supplémentaire, et écorçage non réalisé à l'entrée de l'industrie de première transformation.

À long terme, le coût de la perte de fertilité des sols forestiers doit aussi être pris en compte.

Éléments à considérer par la filière aval

Les billons et grumes sèchent plus vite une fois écorcés. Mais comme il n'y a plus de danger d'attaques par des insectes sous-corticaux, les produits peuvent rester plus longtemps dans la parcelle, s'ils sont à l'ombre. Ils peuvent aussi rester plus longtemps sur place de dépôt sans risque de dégradation qualitative. Cela a un effet positif direct : détendre la chaîne logistique, notamment lors d'épidémies croissantes.

De plus, les prix de vente ont tendance à baisser lors d'épidémie croissante et le fait de pouvoir laisser les produits plus longtemps en forêt permet d'attendre un moment plus propice pour les vendre (sauf éventuellement les pins en raison du bleuissement…).

Lors du débardage, tout comme lors du transport par des grumiers, il y a un gain de productivité puisque seul le bois est transporté. Il est possible d'ajouter un ou deux billons (une ou deux grumes) de plus par chargement. Le coût de débardage et de transport par m^3 de bois brut est donc diminué et le bilan carbone amélioré.

Une simulation par Bennemann et al. (2022) montre une capacité de charge supplémentaire sur un grumier de 40 tonnes, dont 19,5 tonnes de charge utile en bois brut (sans écorce), de 2 tonnes comparé à un chargement de bois avec écorce.

Conclusions

Ce projet a permis l'appropriation de la technique des TAÉ et ses tenants et aboutissants, résumés dans ce rapport. Avec les connaissances acquises, la prise en main par les entrepreneurs sera facilitée.

La technique des TAÉ vaut la peine d'être développée. De plus, elle ne nécessite qu'un investissement limité. Elle ne vient pas concurrencer l'utilisation de l'écorce en scierie vu que son utilisation se fera sur des surfaces limitées ou en cas de crise sanitaire.

La prestation d'écorçage en forêt doit être considérée comme une prestation spécifique dans les contrats, vu le temps supplémentaire nécessaire pour répondre aux besoins particuliers du gestionnaire (lutte contre les scolytes ou protection de la fertilité des sols).

Bibliographie

Bennemann C., Hauck A., Grünberger J., Heppelmann J. B., Wittkopf S., 2022 : Entwicklung und Bewertung von Logistikketten beim Einsatz von entrindenden Harvesterfällköpfen. Schlussbericht zum Vorhaben "Debarking Heads 2"; 92 pages.

Cacot E., Deleuze C., Boldrini C. (coord.), 2018. Observatoire des pratiques de récolte du bois énergie et évaluation d'outils de flux. Projet GERBOISE – Gestion raisonnée du bois énergie. Verneuil-sur-Vienne : FCBA, Angers : ADEME, 51 p. + annexes.

Deleuze C., 2022 : communication personnelle.

Weis W. et Göttlein A., 2012 : Nährstoffnachhaltige Biomassennutzung, LWF aktuell 90, pages 44-47.

Auteurs : Erwin ULRICH (Office national des forêts), Philippe RUCH (FCBA), Xavier MONTAGNY (FCBA, puis UNISYLVA), Nina BONCHE (FCBA), Didier PISCHEDDA (Office national des forêts), Stefan WITTKOPF (HSWT-Allemagne), Andrea HAUCK (KWF-Allemagne), Joachim Heppelmann (NIBIO-Norvège), Caroline Bennemann (ULAVAL-Canada).

Remerciements : les auteurs remercient chaleureusement Catherine Riond et Laurent Malabeux (ONF-Pôle RDI de Chambéry) pour leurs relectures et recommandations sur le projet de ce document.

Recommandation de citation : Ulrich E., Ruch P., Montagny X., Bonche N., Pischedda D., Wittkopf S., Hauck A., Heppelmann J., Bennemann C., 2023 : Rapport de synthèse et recommandations techniques « Têtes d'Abattage-Écorceuse » - Technique d'écorçage en forêt avec des machines de bûcheronnage. Édition ONF, 23 p.

Projet co-financé de 2020 à 2022 par France-Bois-Forêt (Projets n°20RD1115, 21RD1290 et 22RD1467), intitulé « Utilisation des têtes d'abattage-écorceuse en forêt tempérée pour la protection sanitaire des peuplements et pour le maintien de la fertilité des sols – Projet « TAÉ » (acronyme) ».

Office national des forêts
2 bis avenue du Général Leclerc
CS 30042
94704 Maisons-Alfort Cedex
Mars 2023
© ONF
Maquette ONF/DCOM

Office National des Forêts

onf.fr