



# Avenir et adaptation des ETF aux nouveaux enjeux (mécanisation, gestion durable, etc.) & Capacité des ETF à investir dans la modernisation de leur outil de travail



Avec le financement de :

La Direction Régionale de l'Alimentation,  
de l'Agriculture et de la Forêt



et le partenariat de :  
La Région Alsace



Avec la collaboration de :

L'Institut technologique FCBA



Espace Européen de l'Entreprise  
2, rue de Rome  
67300 Schiltigheim

Tél. : 03 88 19 17 19  
Fax : 03 88 19 17 88  
Email : [info@fibois-alsace.com](mailto:info@fibois-alsace.com)

Groupement Syndical des Entrepreneurs  
de Travaux Forestiers d'Alsace



  
**FIBOIS**  
*Alsace*  
[www.fibois-alsace.com](http://www.fibois-alsace.com)

# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. PRESENTATION DES MATERIELS DE RECOLTE.....</b>	<b>6</b>
2.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA MISE EN ŒUVRE DE DIFFERENTS TYPES DE RECOLTE.....	6
2.1.1 Le cheval.....	6
2.1.2 Le cheval de fer.....	7
2.1.3 Le débusqueur à câble.....	8
2.1.4 Le débusqueur à grue.....	10
2.1.5 L'abatteuse (ou machine de bûcheronnage).....	11
2.1.6 Le porteur.....	13
2.1.7 Le câble mât.....	14
2.2 FICHES SYNTHETIQUES.....	16
2.2.1 Machine de bûcheronnage.....	17
2.2.2 Porteur.....	19
2.2.3 Débusqueur à câble.....	21
2.2.4 Débusqueur à grue.....	23
<b>3. REGLEMENTATION SUR LE TRANSPORT CONCERNANT LE MATERIEL D'EXPLOITATION.....</b>	<b>25</b>
3.1 AGE ET PERMIS.....	25
3.1.1 Dimensions des gabarits autorisés.....	25
3.1.2 Dimensions pour les hors gabarits.....	25
3.2 SIGNALISATION.....	26
3.2.1 Tracteur forestier (largeur inférieure à 2,55 m).....	26
3.2.2 Tracteurs et engins forestiers (groupe A).....	27
3.2.3 Tracteurs et engins forestiers (groupe B).....	27
3.2.4 Signalisation des véhicules immobilisés.....	27
3.3 TRANSPORT DE MATERIELS FORESTIERS.....	28
3.3.1 Règles générales.....	28
3.3.2 Interdictions générales de circulation.....	28
3.3.3 Vitesse.....	28
<b>4. IMPACTS DE LA MECANISATION.....</b>	<b>30</b>
4.1 LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT.....	30
4.1.1 Les impacts de la mécanisation au niveau du sol.....	30
4.1.1.1. Nature des dégâts infligés au sol.....	31
4.1.1.2. Cause des dégâts infligés au sol.....	31
4.1.1.3. Intensité des dégâts infligés au sol.....	31
4.1.1.3.1. Quelques éléments sur les pressions au sol exercées par les machines.....	32
4.1.1.3.2. La portance des sols.....	33
4.1.1.4. Solutions mises en œuvre et recommandations pour limiter les impacts au sol des engins forestiers.....	34
4.1.1.4.1. Planification des travaux forestiers.....	34
4.1.1.4.2. Adaptation des engins utilisés.....	36
4.1.1.4.3. Méthodes alternatives de débardage.....	39
4.1.2 Les impacts de la mécanisation au niveau des cours d'eau.....	41
4.1.3 Les pollutions par les huiles et carburants.....	41

4.2	LES IMPACTS SUR LA MAIN D'ŒUVRE .....	42
4.2.1	L'évolution du parc national d'engins .....	42
4.2.2	L'évolution des effectifs de main d'œuvre .....	43
4.2.3	Les perspectives à 2012 et 2020.....	44
<b>5.</b>	<b>ETAT DES LIEUX DE L'ACTIVITE RECOLTE EN ALSACE.....</b>	<b>46</b>
5.1	LA METHODOLOGIE .....	46
5.1.1	L'enquête.....	46
5.1.2	Les entretiens.....	47
5.2	LES ENTREPRISES ALSACIENNES.....	47
5.2.1	Leur nombre et leur localisation .....	47
5.2.2	Les catégories et les statuts .....	48
5.2.3	Les activités.....	49
5.2.4	La localisation géographique des activités .....	50
5.2.5	La répartition des activités par région.....	50
5.2.6	Le chiffre d'affaires 2008 .....	51
5.3	LES SALARIES.....	51
5.3.1	Les fonctions .....	52
5.3.2	Les âges .....	53
5.4	LES FORMATIONS EXISTANTES .....	54
5.4.1	Les établissements.....	54
5.4.1.1.	Maison Familiale Rurale (MFR) .....	55
5.4.1.2.	Centre de Formation d'Apprentis (CFA) .....	55
5.4.1.3.	Lycée d'Enseignement Professionnel (LEP).....	55
5.4.1.4.	Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole (LEGTA).....	56
5.4.1.5.	Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricole (CFPPA).....	56
5.4.1.6.	Lycée privé.....	56
5.4.1.7.	Centre de Formation Professionnelle .....	56
5.4.2	Les formations.....	56
5.4.2.1.	Nomenclature des diplômes .....	56
5.4.2.2.	Niveaux des formations .....	57
5.4.2.3.	Modes de formation .....	57
5.4.2.3.1.	Formation scolaire .....	58
5.4.2.3.2.	Formation par l'apprentissage .....	58
5.4.2.3.3.	Formation professionnelle continue.....	58
5.4.2.4.	Détail des formations .....	58
5.4.2.4.1.	BEPA Travaux forestiers.....	58
5.4.2.4.2.	BPA Chef d'entreprise ou ouvrier hautement qualifié en travaux forestiers.....	58
5.4.2.4.3.	BPA Travaux forestiers.....	59
5.4.2.4.4.	CAPA Travaux forestiers .....	59
5.4.2.4.5.	Bac Pro Gestion et conduite de chantier forestier .....	59
5.4.2.4.6.	BP Travaux forestiers .....	59
5.4.2.4.7.	BTSA Gestion forestière .....	59
5.4.2.4.8.	BTSA Technico commercial produits d'origine forestière .....	59
5.4.2.4.9.	CS Taille et soin aux arbres.....	59
5.4.2.4.10.	CCTAR Technicien forestier .....	59
5.4.2.4.11.	RPP Certificat de capacité élagage .....	60
5.4.2.4.12.	Formations courtes .....	60
5.4.2.4.13.	Tableau de synthèse des formations dispensées par établissement .....	61
5.4.2.5.	Effectifs .....	62
5.4.3	Les métiers et les débouchés.....	63

5.5	LES MATERIELS D'EXPLOITATION FORESTIERE EN 2008 .....	63
5.5.1	Le nombre d'engins .....	64
5.5.2	L'âge moyen des engins spécifiques forestiers .....	65
5.5.3	La motricité des engins .....	67
5.5.4	Les marques .....	67
5.5.5	Les machines de bûcheronnage .....	68
5.5.6	Les porteurs .....	68
5.5.7	Les débusqueurs .....	68
5.6	LES CONDITIONS D'UTILISATION DES ENGIN ET LEUR PRODUCTION .....	71
5.6.1	Le fonctionnement .....	71
5.6.2	Les types de coupes et de produits façonnés .....	71
5.6.3	Les productions moyennes .....	73
5.7	L'ANALYSE DU PARC ALSACIEN .....	75
5.7.1	Le potentiel de production des machines alsaciennes .....	75
5.7.2	Comparaison du parc alsacien à d'autres régions .....	76
5.8	LES DECHETS .....	77
5.8.1	Les différents types de déchets .....	77
5.8.2	Estimation des quantités de déchets générées .....	78
5.8.3	La gestion des déchets par les entreprises mécanisées .....	80
5.9	LES DIVERSIFICATIONS DE L'ACTIVITE .....	81
5.9.1	Objectifs des entreprises .....	81
5.9.2	Les activités liées au bois énergie (sous forme de bois en bûche ou de plaquettes forestières) .....	83
5.9.3	La collaboration .....	85
5.10	LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION .....	87
5.10.1	Synthèse des résultats .....	88
5.10.2	Domaines de progression .....	91
<b>6.</b>	<b>PROPOSITION DE PLAN D' ACTIONS .....</b>	<b>93</b>
6.1	Parc machines .....	93
6.2	Diversification et regroupement d'entreprises .....	94
6.3	Gestion des déchets .....	95
6.4	Technologies de l'information .....	95
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>98</b>
	<b>Bibliographie sur le thème des impacts sur l'environnement .....</b>	<b>119</b>
	<b>Bibliographie sur le thème de l'exploitation mécanisé .....</b>	<b>119</b>
	<b>Bibliographie sur le thème du bois énergie .....</b>	<b>119</b>

## 1. INTRODUCTION

Le programme forestier national diffusé en juin 2006 par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, proposait de « continuer à améliorer la gestion forestière et de contribuer au développement durable », tout en soulignant que « le temps de la récolte était venu ».

Il s'agissait donc de privilégier les investissements favorisant la mobilisation des bois, comme notamment l'exploitation mécanisée, et l'amélioration de la desserte forestière (routes et pistes). Cette orientation, toujours d'actualité, reposait sur le constat du déficit d'exploitation entre l'accroissement biologique des forêts et les volumes effectivement exploités.

Dans le même temps, la forêt est aujourd'hui de plus en plus sollicitée :

- pour répondre à la demande de sciages, notamment dans la région accueillant les 2 plus grosses unités de sciages de résineux à l'échelle nationale,
- pour satisfaire les demandes émergentes de production de bois énergie.

Dans ce contexte, les acteurs de l'exploitation forestière et de travaux forestiers sont donc appelés à poursuivre leur effort de modernisation et à accroître leur productivité alors que leur effectif reste constant.

De plus, les équipements de ces entreprises (tracteurs de débardage, porteurs, abatteuses, etc.) sont également supposés satisfaire désormais à certains critères de développement durable.

Le développement économique général entraîne en outre des modifications et des évolutions significatives dans les entreprises. Ainsi, les entreprises de travaux forestiers alsaciennes, actrices incontournables de la récolte et maillons indispensables de la filière forêt-bois, connaissent des évolutions sans précédents. C'est pourquoi, il semble important d'envisager l'avenir et l'adaptation de ces dernières aux nouveaux enjeux auxquels elles seront confrontées suite à des mutations importantes de la filière (ex : développement du bois énergie, certification forestière, mécanisation, etc.).

Dans ce cadre, FIBOIS Alsace a sollicité une demande de subvention auprès de l'État, après concertation avec ses membres, portant :

- sur l'avenir et l'adaptation des entreprises de travaux forestiers (ETF) aux nouveaux enjeux (mécanisation, gestion durable, etc.) afin de réaliser une vision prospective et objective de l'avenir des ETF au sein de la filière forêt bois alsacienne, pour envisager différentes solutions d'adaptation,
- sur l'évaluation de la capacité des ETF à investir dans la modernisation de leur outil de travail afin de réaliser un état des lieux exhaustif du parc machines des ETF présentes en Alsace ainsi que de réaliser une grille de lecture technico-économique par rapport aux projets d'investissements, afin de pouvoir juger de leur pertinence.

Pour la réalisation de cette action, plusieurs opérations ont été réalisées :

1. Étude des avantages et inconvénients de la mise en œuvre de différents types de récoltes possibles (cheval, câble, abatteuse, etc.).
2. Évaluation pour chaque équipement, des conditions nécessaires pour aboutir à un retour sur investissements satisfaisant, en fonction du chiffre d'affaires, du volume exploité, du nombre de salariés, etc.
3. Conception et édition de fiches synthétiques par type de machines et par taille d'entreprise permettant l'évaluation des projets d'investissement.
4. Étude sur le respect et l'application de la réglementation sur le transport concernant le matériel d'exploitation.

5. Étude de l'impact de la mécanisation au niveau social (nombre d'emplois) et environnemental (tassement, dégradation des sols).
6. Étude de l'adaptation aux contraintes liées à la gestion durable par une exploitation respectueuse de l'environnement, notamment vis-à-vis des milieux aquatiques.
7. Étude des possibilités de diversification de l'activité notamment par l'intermédiaire de la production ou du négoce du bois en bûche ou de la plaquette forestière destinés au marché du bois énergie.
8. Étude de l'impact de la mise en place de regroupements d'entrepreneurs aux activités similaires ou complémentaires permettant de répondre à de plus gros marchés.
9. Étude sur l'intégration des nouvelles technologies telles que le GPS et les cartes sous SIG, et sur l'utilisation d'Internet comme outil de travail et d'information.
10. Étude de la transmission du patrimoine par un état des lieux des différentes formations existantes et un état des lieux des entreprises actuelles.
11. Réalisation d'un état des lieux le plus exhaustif possible, de l'ensemble des entreprises de travaux forestiers et de leur parc de matériels. Les renseignements collectés et structurés, comprennent entre autres :
  - pour l'entreprise :
    - sa structure (effectif, chiffre d'affaires, âge des salariés, etc.),
    - le volume mobilisé,
    - sa localisation et son rayon d'intervention (répertoriés sous SIG),
  - pour le parc de matériel :
    - le coût,
    - les fonctionnalités,
    - les conditions d'utilisation,
    - la durée de vie,
    - le rendement,
    - la pression au sol.
12. Propositions opérationnelles assurant l'insertion des entreprises de travaux forestiers dans un plan d'optimisation de la récolte des bois.

Pour effectuer l'ensemble de ces travaux, une partie a été sous-traitée à l'Institut technologique FCBA et une autre a été réalisée par FIBOIS Alsace en interne et en collaboration avec le Groupement Syndical des Entreprises de Travaux Forestiers d'Alsace (GSETFA).

Cette étude exhaustive a donc comme objectif d'aider au développement et à la modernisation des entreprises alsaciennes du secteur de l'exploitation forestière.

## 2. PRESENTATION DES MATERIELS DE RECOLTE

### 2.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA MISE EN ŒUVRE DE DIFFERENTS TYPES DE RECOLTE

Le débardage, est une technique de travail qui consiste à transporter des arbres abattus de leur lieu de coupe, vers une route ou un lieu de dépôt provisoire. Plusieurs systèmes de récoltes sont utilisés comme le traînage, le portage, le téléphérage (par câble) et le débardage par utilisation d'animaux.

Le débardage par traînage est la méthode la plus courante. Dans nos forêts, il est de plus en plus souvent remplacé par le débardage mécanisé, auquel on reproche des dégâts importants sur le sol (tassement...) et des nuisances environnementales (pollution due aux huiles, bruit, nécessité de pistes et de layons plus importants). Le débardage par animal connaît un petit renouveau grâce à la volonté d'utiliser une méthode plus écologique et moins gourmande en carburants. Toutefois, il reste encore et toujours la méthode la moins utilisée. Enfin, le débardage par câble permet de limiter les impacts sur le sol, le coût restant élevé, sauf en milieux difficiles (fortes pentes, milieux humides) qui sont peu accessibles aux engins traditionnels.

Les différents chapitres ci-après permettent de comparer les différents modes de débardage, avec leurs avantages et leurs inconvénients.

#### 2.1.1 Le cheval

L'intérêt de la traction animale est d'apporter une réponse technique pour réaliser des éclaircies sans faire de cloisonnements et d'accéder à des zones en fort devers. Il permet de diminuer le tassement du sol et n'impose pas de créer de nouveaux layons ou de nouvelles pistes ou accès. Se contentant de passages de moins d'un mètre de large, il respecte les sols fragiles et travaille sans bruit de moteur, ni pollution. Le cheval, avec des performances variables selon l'animal, la taille et la forme des arbres à débarder et le terrain, peut traîner un cube maximal moyen en traîne directe de 1 m<sup>3</sup>, avec un maximum d'efficacité à 0.5 m<sup>3</sup> pour un cheval seul. Ceci donne par conséquent un volume moyen quotidiennement débardable traîné sur 100 m, de 18 m<sup>3</sup> par jour.

Le cheval est moins rapide en moyenne, mais plus efficace pour le débusquage sur les sols difficiles. Le tracteur reste plus rentable pour le débardage hors du boisement lui-même (sur pistes). Le cheval est plus coûteux par m<sup>3</sup> exporté mais il exploite plus facilement les fortes pentes (dans le sens de la descente) et ce surcoût est parfois entièrement compensé par l'absence de besoin d'infrastructures et par le bénéfice d'éco-labels tels que PEFC ou FSC.



*Cheval*

La nécessaire préservation des richesses naturelles et un développement plus respectueux de l'environnement donnent à la traction animale une nouvelle chance de trouver sa place à côté des engins motorisés.

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>	faible investissement par rapport aux débusqueurs ou autres porteurs	
<b>Entretien, consommation</b>	pas de graissage, vidange	soigner le cheval, soins vétérinaire nourrir le cheval repos pour l'animal
<b>Rentabilité</b>	accès facile dans les terrains accidentés	utilisation en bois longs petit rendement - volume de charge limité (1 m <sup>3</sup> ) distance de débardage limitée risque de maladie et d'accident physique
<b>Mobilité, polyvalence</b>	pente avec une simple bêtaillère travail hors cloisonnement	pas de gros bois
<b>Fiabilité</b>	pas de panne mécanique	blessures laisser reposer la bête dans la journée
<b>Maniabilité</b>	pas de convoi exceptionnel très facile si bien dressé	dressage obligatoire
<b>Concurrence</b>		tous les autres moyens de débardage
<b>Condition de travail</b>	bien adapté aux petits chantiers en harmonie avec la bête et la nature pas de bruit	marcher autant que la bête lenteur des travaux mise à quai difficile, bois à remonter tous les travaux à l'extérieur
<b>Sécurité</b>		pas de cabine dangereux si cheval mal dressé morsure ou coup de sabot
<b>Ecologie</b>	pas ou peu de dégâts, tassement au sol inexistant pas de fuite d'hydrocarbure renforcement de l'humus	
<b>Normes sur route</b>	déplacements faciles	déplacement lents et longs

*Figure 1 : Avantages et inconvénients du cheval*

### 2.1.2 Le cheval de fer

Le cheval de fer est un engin suédois de petite taille, conçu essentiellement pour travailler dans les premières éclaircies résineuses, et qui symbolise le concept de la petite mécanisation. Il se déplace à l'aide de chenilles en caoutchouc très larges, ce qui explique la très faible pression exercée au sol (0,15 kg/cm<sup>2</sup>), contre 3 à 5 kg/cm<sup>2</sup> par roue pour un porteur ou un débusqueur, soit 20 à 30 fois plus. Il avance à environ 3,5 km/h, soit à la vitesse d'un homme ou d'un cheval se déplaçant en forêt. Sur un chantier, en moyenne, seul 4% de la surface exploitée présente des perturbations légères, c'est-à-dire moins de 5 cm de profondeur et aucune perturbation sévère. Les cheminements de l'engin sont très difficiles à retrouver au « premier coup d'œil ». La productivité observée lors du débardage ne dépasse pas 1,2 m<sup>3</sup>/heure entraînant un coût de revient fort élevé. L'utilisation du cheval de fer démontre un résultat très positif vis-à-vis du sol.





*Cheval de fer*



*Traces au sol après son passage du cheval de fer*

Le cheval de fer n'est pas un concurrent des méthodes classiques. Il peut trouver sa place sur de petits chantiers ne justifiant pas le déplacement d'une abatteuse, ou sur des chantiers plus vastes mais aux sols très sensibles, pour rassembler les bois sur des cloisonnements très espacés en synergie avec un porteur.

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>	faible investissement financier par rapport à un débusqueur traditionnel environ 18 000 € contre 250 000 €	
<b>Entretien, consommation</b>		
<b>Rentabilité</b>	il faut se limiter aux petits bois	petite productivité (25 m <sup>3</sup> /jour) lenteur de l'appareil (vitesse d'homme) distance de débardage limitée
<b>Mobilité, polyvalence</b>		
<b>Fiabilité</b>		gros bois, manque de puissance, risque de casse plus grand
<b>Maniabilité</b>	facilité de maniement par rapport à de gros engin	
<b>Concurrence</b>	cheval	tous les autres modes de débardage
<b>Condition de travail</b>	bien adapté aux petits chantiers	en extérieur, pas de cabine de protection il faut suivre la machine, physique
<b>Sécurité</b>		
<b>Ecologie</b>	pas ou peu de dégâts, légèreté du matériel faible pression au sol donc pas de tassement	
<b>Normes sur route</b>		

*Figure 2 : Avantages et inconvénients du cheval de fer*

### 2.1.3 Le débusqueur à câble

C'est un tracteur solide et très maniable qui passe très bien dans les dévers. Il accède à presque tous les chantiers en plaine ou en montagne. Il reste l'engin le plus utilisé en Alsace. Le débusqueur à câble est un tracteur équipé d'un treuil simple ou double, permettant de tirer des bois de grande longueur. En général, un débusqueur à câble est utilisé pour les grumes d'une taille supérieure à 5 mètres. Pour effectuer ces opérations, le débusqueur à câble est muni d'un câble (entre 50 et 150 mètres), avec un chocker (un système d'attache qui se resserre quand on tire). Avec ce grand câble, le débusqueur à câble peut aller chercher une grume à plusieurs dizaines de mètres (dans les endroits reculés et difficiles d'accès par

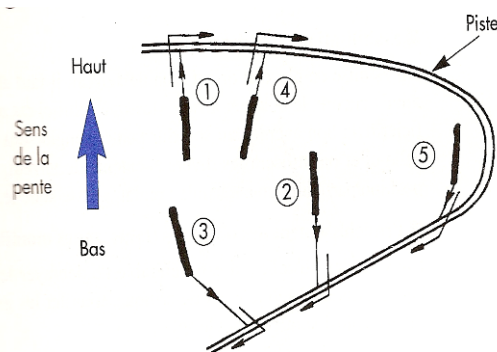
exemple). La télécommande qui sert à activer les treuils, permet de suivre les bois tirés, ce qui provoque moins de blessures aux arbres et moins de casse sur le débusqueur à câble. Cet engin robuste est très maniable et il est utilisé sur les coupes de toute nature, même celles au prélèvement faible.

Le débusqueur à câble travaille dans des conditions souvent difficiles. Etant donné l'importance de la charge (tracteur + grumes) au moment du débardage, les ornières et les tassements de sol sont souvent inévitables. Ce mode d'exploitation peut également nécessiter la construction de nouvelles pistes. En effet, il est difficile de tirer un câble à plus de 150 m. Les conditions météorologiques jouent également un rôle important.

Le conducteur est amené à sortir du tracteur pour chaque grume vidangée, une bonne condition physique est donc nécessaire. Le conducteur de machine travaille la plupart du temps seul sur les chantiers. L'utilisation d'un débusqueur à câble demande des connaissances mécaniques et électriques.



*Débusqueur avec double-treuil*



*Mode opératoire (Source : Manuel d'exploitation forestière)*

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>	investissement plus léger par rapport au débusqueur à pince ou à l'abatteuse facilité de banque, subvention	investissement coûteux
<b>Entretien, consommation</b>	moindre réparations plus faciles pas de camion atelier	demande à avoir des connaissances en mécanique et électrique
<b>Rentabilité</b>	moins de main d'œuvre, 1 personne fait office de chauffeur et câbleur structure plus légère, consommation moins de frais, taxe professionnelle restreinte	moins de volumes qu'avec les débusqueurs à pince ou porteur
<b>Mobilité, polyvalence</b>	déplacement facile accès à presque tous les chantiers	de plus en plus de chantiers pour les abatteuses et câble mât
<b>Fiabilité</b>	a fait ses preuves moins de pannes mécaniques	électronique
<b>Maniabilité</b>	moins lourd moins gros, moins large accès plus facile sur chantier avec des petites pistes	tri des bois mise en polder
<b>Concurrence</b>	cheval	chute du prix de revient par rapport à l'abatteuse, au porteur, au câble
<b>Condition de travail</b>	pas besoin de layons pas besoin d'autres intervenants enlèvement des bois par rapport au câble	plus pénible, souvent seul intempéries hors cabine plus de manipulation, moins de technicité
<b>Sécurité</b>	cabine de sécurité télécommande signalisation	souvent seul danger hors cabine fatigue, pénibilité

<b>Ecologie</b>	huile bio, tassement au sol reste sur piste grâce au câble moins d'huile si casse flexible	traîner bois sur chemin risque de dégâts aux arbres de bordure ou chemin touristique
<b>Normes sur route</b>	pas de convoi exceptionnel	déplacement sur route dangereuse

Figure 3 : Avantages et inconvénients du débusqueur à câble

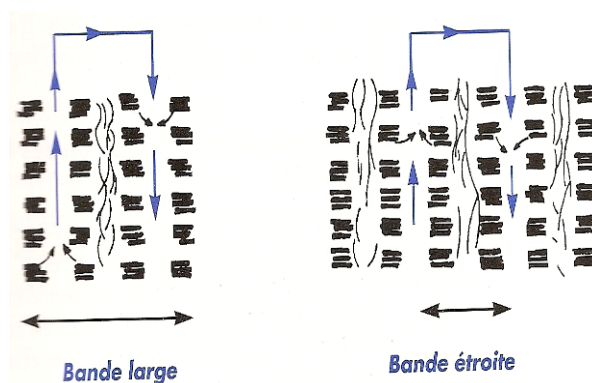
#### 2.1.4 Le débusqueur à grue

Très ressemblant au débusqueur traditionnel, cet engin permet néanmoins à l'exploitant forestier de travailler en s'organisant, sous toute condition météorologique. Les nouveaux débusqueurs à grue gagnent en productivité, en facilité de conduite et en confort. Le conducteur ne quitte sa cabine qu'en cas de nécessité. La qualité du travail est due à une prestation rendue dans de meilleures conditions. Le débardage par cloisonnement permet d'éviter les tassements intempestifs au sol dans les parcelles. La grue est l'outil idéal pour trier les bois, les empiler et réaliser une belle présentation qui rend plus attractifs les lots bord de route. L'investissement financier est beaucoup plus lourd que pour les modes de débardage précédemment cités.

Par ailleurs, les nouvelles technologies utilisées nécessitent lors de pannes, l'intervention de professionnels.



Débusqueur à grue



Débardage avec cloisonnement nécessaire  
(Source : Manuel d'exploitation forestière)

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>		coûteux, il faut compter un supplément pour la grue allant jusqu'à 50 000 €
<b>Entretien, consommation</b>		plus de nouvelles technologies, donc plus d'électronique plus cher à l'entretien plus de consommation fioul
<b>Rentabilité</b>	tri des bois, mise en polder gain de temps si les bois sont accessibles à la grue plus de volume que débusqueur traditionnel ou cheval	abatteuse, porteur, câble
<b>Mobilité, polyvalence</b>	tous chantiers	cloison de débardage pratiquement indispensable moins de mobilité que le débusqueur accessibilité aux pentes abruptes réduite
<b>Fiabilité</b>		déséquilibre plus facile en pente à cause de la grue

<b>Maniabilité</b>	rapidité d'exécution pour mise à quai tri des bois	beaucoup plus lourd (grue = plus de poids)
<b>Concurrence</b>	cheval	câble, débusqueur
<b>Condition de travail</b>	rapidité du travail dans coupes à blanc moins pénible, au sec peu de travail physique	attention soutenue, plus de concentration douleurs dans le dos
<b>Sécurité</b>	avantage de la grue	risque plus élevé au renversement (grue) attention aux personnes
<b>Ecologie</b>	moins de traîne au sol	risque de panne supplémentaire (hydraulique) donc fuite
<b>Normes sur route</b>	plus rapide transport, effectué par porte-engin	transport en convoi exceptionnel

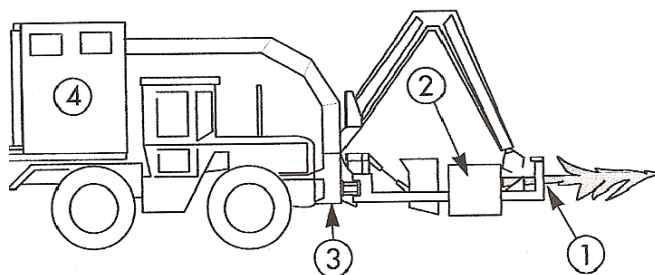
*Figure 4 : Avantages et inconvénients du débusqueur à grue*

### 2.1.5 L'abatteuse (ou machine de bûcheronnage)

Une abatteuse est un type de véhicule lourd employé pour l'exploitation forestière dans les opérations de coupe, d'ébranchage et de tronçonnage des arbres et plus particulièrement des résineux. Une abatteuse est en général utilisée conjointement avec un porteur qui transporte les billons ou les grumettes (6 m de long) dans une zone de dépôt. C'est une machine assez imposante, avec 6 roues motrices le plus souvent, qui permet d'effectuer la récolte des bois et leur découpe à des dimensions bien définies. L'abatteuse se déplace d'arbre en arbre. La tête d'abattage vient se placer à la base du tronc et le maintient grâce à ses deux rouleaux. Ensuite, la lame coupe l'arbre. La tête d'abattage pivote alors pour placer l'arbre parallèlement au sol. Les rouleaux permettent de déplacer l'arbre afin de couper les branches quand celles-ci passent au niveau des couteaux. Les machines les plus évoluées peuvent couper, ébrancher et billonner, sans que les arbres ne touchent le sol. L'opération pour un arbre dure moins d'une minute. L'avantage est une productivité plus importante par rapport à l'exploitation réalisée à la tronçonneuse lorsqu'il s'agit de coupes à blanc et de certains types d'éclaircies. Les conditions de travail sont meilleures, et le conducteur est plus en sécurité. Les côtés négatifs ne sont pas des moindres : « il faut être amateur de sensation forte et aimer la solitude ». Des connaissances en mécanique, en électricité et en informatique sont nécessaires, car toute la maintenance, ou presque (à hauteur de 90%), est effectuée par le chauffeur lui-même. Le tassement du sol dû au poids de la machine est néfaste pour la croissance des arbres à replanter par la suite. L'abatteuse traditionnelle ne peut que couper les résineux (tronc droit) ou les feuillus de petite taille. La création de layons tous les 15 à 20 m est indispensable.



*Abatteuse (ou machine de bûcheronnage)*



1 : Couteaux ébrancheurs – 2 : Ecorceuse – 3 : Déchiqueteuse – 4 : Conteneur basculant  
(Source : Manuel d'exploitation forestière)

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>	beaucoup de choix	niveau d'investissement élevé
<b>Entretien, consommation</b>		camion atelier indispensable connaissance en mécanique, en hydraulique et en électronique maîtrise des nouvelles technologies
<b>Rentabilité</b>	productivité globale élevée et bonne maîtrise en résineux organisation et planification aisées utilisation pour les petits bois circulation sur les rémanents permet de faciliter les opérations de nettoyage et de diminuer les coûts du reboisement	plutôt bois court et petits bois
<b>Mobilité, polyvalence</b>		déplacement dans les layons
<b>Maniabilité</b>	moins pénible	mauvaise visibilité en marche arrière très lourd
<b>Concurrence</b>	sur tous les autres	câble
<b>Condition de travail</b>	cabine confortable, à l'abri du mauvais temps moins pénible	connaissance des essences et des qualités du bois, de la sylviculture stress, solitude, amateur de sensation forte travail de précision
<b>Sécurité</b>	cabine de sécurité	retournement rapide
<b>Ecologie</b>	travail dans des cloisonnements circulation sur les rémanents permet de limiter les impacts au sol	tassement linéaire important, ornières
<b>Normes sur route</b>		convoi exceptionnel

Figure 5 : Avantages et inconvénients de l'abatteuse

## 2.1.6 Le porteur

Cet engin est adapté pour les bois courts. Néanmoins, l'option reste ouverte pour faire des bois longs (Klemband / pince spéciale pour le portage des bois longs). Il est également confortable et permet de travailler par tous les temps. On constate qu'il faut 1,5 porteur pour suivre une abatteuse.



*Porteur*

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>	moins cher qu'un débusqueur	
<b>Entretien, consommation</b>	facilité d'entretien avec la cabine basculante	camion atelier indispensable maîtrise des nouvelles technologies
<b>Rentabilité</b>	volume plus conséquent qu'un débusqueur même petits bois vidange rapide	plutôt bois courts
<b>Mobilité, polyvalence</b>	accessibilité à pratiquement tous les chantiers (hors aléas climatiques)	déplacement en convoi exceptionnel obligatoire
<b>Fiabilité</b>	matériel solide	
<b>Maniabilité</b>	facilité de conduite	rarement équipé d'un treuil pour câbler les grumes difficiles parcelles non adaptées au porteur, dévers
<b>Concurrence</b>	sur tous les autres	câble forte pente
<b>Condition de travail</b>	cabine confortable moins pénible, à l'abri du mauvais temps	attention soutenue il faut de gros chantiers pour rentabiliser le déplacement
<b>Sécurité</b>	cabine de sécurité	risque de retournement plus important centre de gravité élevé
<b>Ecologie</b>	travail dans les cloisonnements vidange des bois par porteur donc pas de frottements chenille de marécage	plus de dégâts au sol dus aux nombreux passages
<b>Normes sur route</b>		convoi exceptionnel

*Figure 6 : Avantages et inconvénients du porteur*

### 2.1.7 Le câble mât

Le débardage par câble consiste à équiper temporairement une parcelle à exploiter d'une ligne de câbles, d'une longueur variant de 300 à 400 m (beaucoup plus en montagne), à laquelle seront suspendues les grumes. Cela permet d'éviter la construction de voies d'accès, et la circulation des tracteurs forestiers. Plus douce et moins perturbante, la technique devrait donc être amenée à se développer. Les volumes des bois débardés au câble ont progressé de 70% en 5 ans. Bien que peu consommateur d'énergie, le débardage par câble reste actuellement d'un coût supérieur à celui des autres modes de débardage, et nécessite une main d'œuvre plus importante (3 personnes) et qualifiée. Les connaissances spécifiques et la haute technicité des différentes étapes de l'opération, le montage et le démontage des lignes de câbles, l'accrochage et le décrochage des grumes, et la conduite du treuil, demandent un personnel hautement qualifié.

L'utilisation du câble mât trouve tout naturellement son application dans les zones à protéger au titre des sols. Le bois peut alors être débardé sans dégâts et par tous les temps. Le câble mât rend possible des exploitations qui par des moyens classiques étaient inenvisageables.

Par rapport aux autres modes de débardage, on constate des performances de productivité accrues (hors temps de préparation) et des impacts aux sols et aux cours d'eau se situant à des niveaux nuls ou très faibles. La contre partie est financière : l'investissement est très lourd, le nombre de personnes à employer élevé et la gestion et l'organisation des chantiers sont longues. L'enlèvement des bois en fin de ligne peut également bloquer le travail du câble par saturation de la place de dépôt.



*Câble mât*



*Enlèvement de bois*

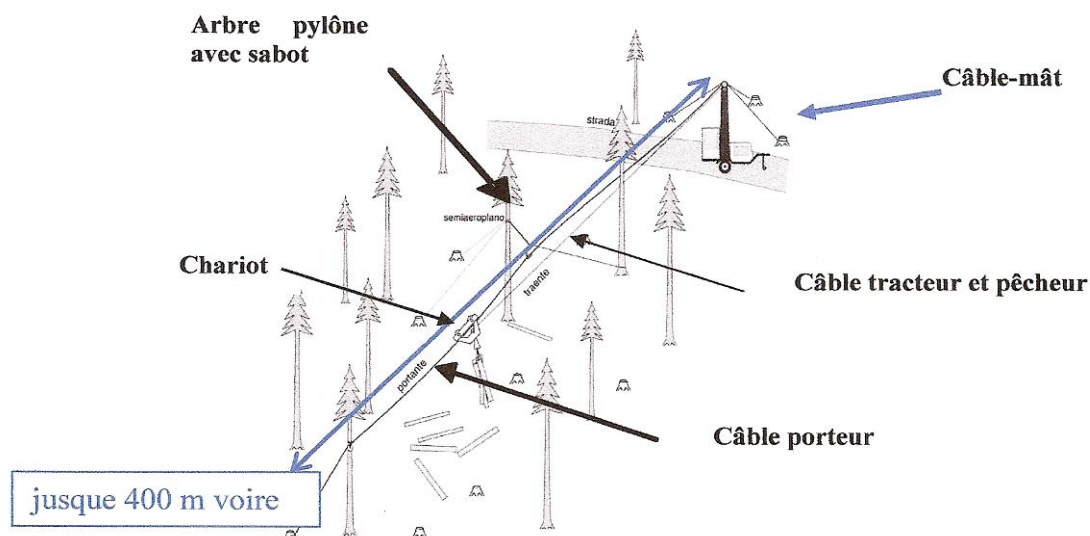


Schéma en 3 dimensions d'un chantier débardage au câble-mât (source : R. Leysen, modifié)

CRITERES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Achat</b>		investissement très lourd
<b>Entretien, consommation</b>		en cas de panne importante, main d'œuvre arrêtée
<b>Rentabilité</b>	rapidité d'exploitation récupération des rémanents possible	coûts d'exploitation élevés plus de main d'œuvre : 3 personnes minimum formation spéciale au moins 0,5 m <sup>3</sup> par mètre linéaire de ligne
<b>Mobilité, polyvalence</b>	terrain raide ou plat et humide gros chantiers sur grande distance de câblage avec des lignes d'exploitation	convoi, déplacement lointain pas de petits chantiers, chablis, abattage directionnel, ouverture de piste obligation de travailler sur chemin, intervenant extérieur
<b>Fiabilité</b>		
<b>Maniabilité</b>		halage des produits vers le câble-mât difficile sans dégâts
<b>Concurrence</b>	câble sur pylônes fixes hélicoptère	autres formes d'exploitation
<b>Condition de travail</b>	en dehors du montage de ligne, moins pénible ne travaille jamais seul contrairement à un débusqueur utilisation par tous les temps	fatigue nerveuse car manipulations diverses, travail moins varié fermeture chemin ou route organisation du chantier enlèvement des bois nécessité d'un espace suffisant pour le dépôt des bois
<b>Sécurité</b>	moins de risques car plus de personnes sur le chantier moins de fatigue	
<b>Ecologie</b>	protection des sols pas d'ornières, pas de frottements aux arbres de bordure passage de cours d'eau ou crevasses aisé	si ligne mal montée, dégâts aux arbres gros tas de branches en bordure de chemin
<b>Normes sur route</b>		convoi exceptionnel

Figure 7 : Avantages et inconvénients du câble mât



## 2.2 FICHES SYNTHETIQUES

Les fiches synthétiques « Investissements et coûts de revient » ont été élaborées pour 4 types d'engins :

- le débusqueur à câble,
- le débusqueur à grue,
- le porteur,
- l'abatteuse ou machine de bûcheronnage.

Les coûts de revient ont été calculés à partir d'hypothèses moyennes, recueillies au niveau national, dont les plus importantes sont détaillées dans les fiches. Ils comprennent les charges fixes (amortissement, frais financiers et assurances), les frais de fonctionnement de l'engin (carburants, lubrifiants, entretien/réparation...), les frais de personnel, les frais de déplacement et une estimation des frais généraux. **Il s'agit donc de coûts de revient moyens hors marge et hors subvention.** Ils varient donc d'une entreprise à l'autre en fonction notamment des valeurs d'achat, des rémunérations, des productivités...

Ces coûts de revient calculés (et les volumes à réaliser) sont des valeurs indicatives à obtenir pour l'entreprise. Le chiffre d'affaires à réaliser doit être supérieur à ces valeurs pour que l'entreprise puisse dégager une marge permettant de financer le développement de l'entreprise, le renouvellement de l'engin, d'augmenter ses capitaux propres et sa trésorerie pour faire face aux périodes de crise ou d'intempéries.

Les fiches comportent également des graphiques qui illustrent les variations de ces coûts de revient en fonction de la valeur d'achat, du prix du carburant, de la durée d'utilisation, de la productivité et un graphique établissant le lien entre le prix de la prestation et le volume annuel à réaliser.

Les interactions entre les différents paramètres sont nombreuses et peuvent le faire varier très sensiblement la rentabilité de l'investissement, en agissant à la fois sur le coût de revient et sur le chiffre d'affaires généré.

## 2.2.1 Machine de bûcheronnage

Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient

## MACHINE DE BUCHERONNAGE

**Valeur d'achat** : très variable de 220 000 à 450 000 €, liée à sa taille, à sa puissance (de 100 à 350 CV) et aux caractéristiques de la tête de bûcheronnage (de 40 à 80 cm de diamètre en capacité d'abattage).

**Masse** : variable de 7 à 21 tonnes

**Durée d'amortissement** : 5 ans généralement

**Valeur résiduelle indicative** :

Age	Valeur en % de la valeur d'achat
3	35 %
5	10 %



Coût de revient annuel moyen HT hors marge	Répartition des coûts
<p>Hypothèses de base :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Valeur d'achat : 350 000 €</li> <li>– Amortissement : 5 ans</li> <li>– Heures horamètres : 1 800 h/an</li> <li>– Hors subvention</li> <li>– Taux des frais financiers : 5 %</li> <li>– Consommation moyenne : 15 l/heure machine</li> <li>– Gazole : 0,7 €/l</li> <li>– Entretien/réparation : 10 % de la valeur d'achat/an</li> <li>– Transport machine : 7 000 €/an</li> <li>– Salaires + charges : 3 500 €/mois, sur 12 mois</li> <li>– Déplacements : 15 000 km/an</li> <li>– Frais généraux : 12 % de l'ensemble des coûts</li> </ul>	
<p align="center"><b>Coût de revient annuel moyen HT hors marge, hors subvention :</b> <b>225 000 €, soit 125 €/heure machine.</b></p> <p><i>Le coût de revient intègre les charges fixes (amortissements, frais financiers et assurances), les frais de fonctionnement de l'engin (carburants, lubrifiants, entretiens...), les frais de personnel, les frais de déplacement et les frais généraux de l'entreprise. Dans le cas de l'octroi d'une subvention à l'achat, (30% sur un montant éligible maximal de 320 000 € en Alsace en 2009), les charges fixes baissent et le coût de revient annuel HT hors marge diminue à 200 000 €, soit 111 €/heure machine.</i></p>	

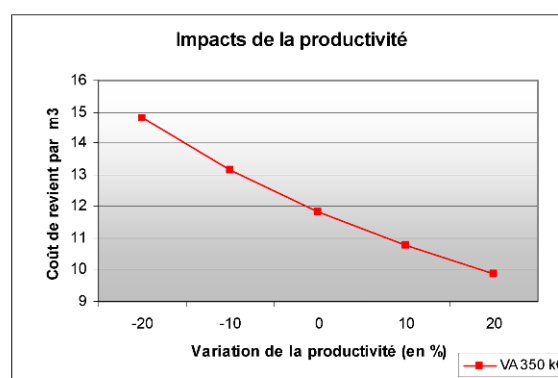
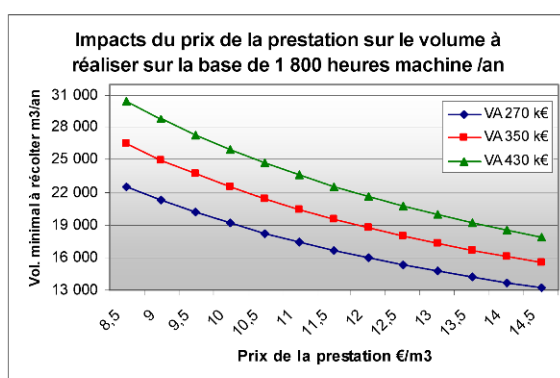
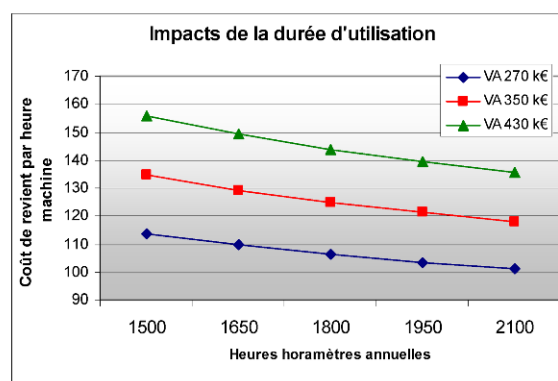
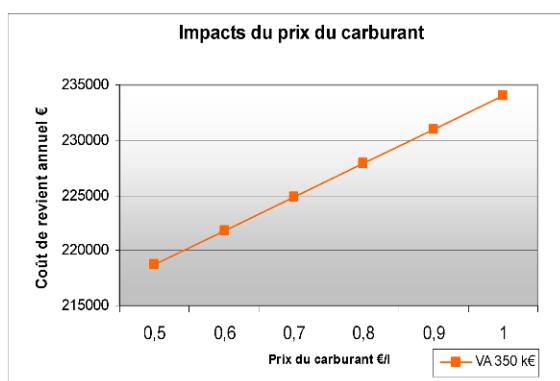
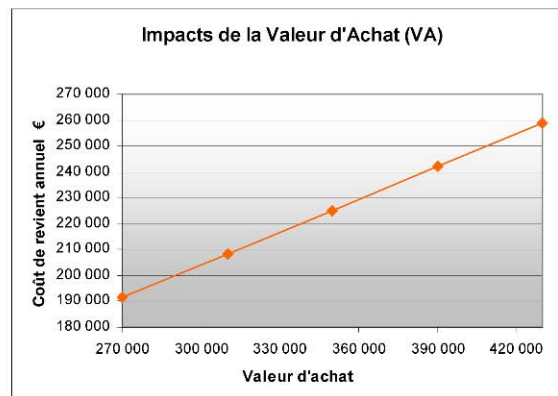
Coût de revient moyen et production			Paramètres qui influent sur la productivité																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Production annuelle</th> <th>Productivité</th> <th>Coût de revient</th> </tr> <tr> <th><math>m^3</math></th> <th><math>m^3/h. machine</math></th> <th>€/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15 000</td> <td>8,3</td> <td>15,0</td> </tr> <tr> <td>17 000</td> <td>9,4</td> <td>13,2</td> </tr> <tr> <td>19 000</td> <td>10,6</td> <td>11,8</td> </tr> <tr> <td>21 000</td> <td>11,7</td> <td>10,7</td> </tr> <tr> <td>23 000</td> <td>12,8</td> <td>9,8</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center"><i>sur la base de 1800 heures machine</i></p> <p>Le coût de revient au m<sup>3</sup> est lié au volume annuel traité. Il est de 11,8 €/m<sup>3</sup> dans le cas d'une production annuelle de 19 000 m<sup>3</sup>.</p>	Production annuelle	Productivité	Coût de revient	$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>	15 000	8,3	15,0	17 000	9,4	13,2	19 000	10,6	11,8	21 000	11,7	10,7	23 000	12,8	9,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le TERRAIN : pente, portance, obstacles...</li> <li>▪ Le PEUPLEMENT : essence, volume unitaire, conformation et branchaison...</li> <li>▪ La SYLVICULTURE PRATIQUÉE : type de coupe, cloisonnements, prélèvement par ha, clauses particulières...</li> <li>▪ L'ORGANISATION ET LES METHODES DE TRAVAIL : programmation des chantiers, logistique et intendance, organisation, réglementation</li> <li>▪ LA MACHINE : puissance, capacité de charge, équipements, fiabilité...</li> <li>▪ Les PRODUITS : longueurs, nombre de produits, tri...</li> <li>▪ Le CONDUCTEUR : habileté, expérience et qualification...</li> </ul>		
Production annuelle	Productivité	Coût de revient																						
$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>																						
15 000	8,3	15,0																						
17 000	9,4	13,2																						
19 000	10,6	11,8																						
21 000	11,7	10,7																						
23 000	12,8	9,8																						

Fiche synthétique : Abatteuse

**Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient**
**Variations du coût de revient annuel en fonction des principaux paramètres**
*Coût de revient annuel HT hors marge hors subvention*

Les coûts de revient calculés (et les volumes à réaliser) sont des valeurs indicatives à obtenir pour l'entreprise. Le chiffre d'affaires à réaliser doit être supérieur à ces valeurs pour que l'entreprise puisse dégager une marge permettant de financer le développement de l'entreprise, le renouvellement de l'engin, d'augmenter ses capitaux propres et sa trésorerie pour faire face aux périodes de crise ou d'intempéries.

Ces graphiques ont été établis sur la base des hypothèses formulées précédemment. Les interactions entre les différents paramètres sont nombreuses et peuvent faire varier très sensiblement la rentabilité de l'investissement en agissant à la fois sur le coût de revient et sur le chiffre d'affaires généré.



Fiche synthétique : Abatteuse

## 2.2.2 Porteur

Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient

## PORTEUR

**Valeur d'achat : de 200 000 à 290 000 €**

Liée à la capacité de charge (de 8 à 20 tonnes)  
et aux équipements (grue, lame avant, treuil...)

**Masse** (en charge) : de 20 tonnes (petit porteur) à  
40 tonnes (gros porteur)

**Durée d'amortissement** : De 3 à 7 ans et **5 ans en moyenne**

**Valeur résiduelle indicative :**

Age	Valeur en % de la valeur d'achat
3	45 %
5	30 %
7	15 %



Coût de revient annuel HT hors marge	Répartition des coûts
<p>Hypothèses de base (porteur 8x8) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeur d'achat : 250 000 €</li> <li>- Amortissement : 5 ans</li> <li>- Heures horamètres : 1 650 h/an</li> <li>- Hors subvention</li> <li>- Taux des frais financiers : 5 %</li> <li>- Consommation moyenne : 13 l/heure machine</li> <li>- Gazole : 0,7 €/l</li> <li>- Entretien/réparation : 8 % de la valeur d'achat/an</li> <li>- Transport machine : 7 000 €/an</li> <li>- Salaires + charges : 3 000 €/mois, sur 12 mois</li> <li>- Déplacements : 15 000 km/an</li> <li>- Frais généraux : 12 % de l'ensemble des coûts</li> </ul>	<p>Diagramme circulaire montrant la répartition des coûts :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CHARGES FIXES : 28%</li> <li>FONCTIONNEMENT : 29%</li> <li>PERSONNEL : 24%</li> <li>FRAIS GENERAUX : 12%</li> <li>DEPLACEMENTS : 7%</li> </ul>
<p><b>Coût de revient annuel moyen HT hors marge, hors subvention :</b> <b>154 000 €, soit 93 €/heure machine.</b></p> <p><i>Le coût de revient intègre les charges fixes (amortissements, frais financiers et assurances), les frais de fonctionnement de l'engin (carburants, lubrifiants, entretiens...), les frais de personnel, les frais de déplacement et les frais généraux de l'entreprise. Dans le cas de l'octroi d'une subvention à l'achat, (30% sur un montant éligible maximal de 200 000 € en Alsace en 2009), les charges fixes baissent et le coût de revient annuel HT hors marge diminue à 138 000 €, soit 83 €/heure machine.</i></p>	

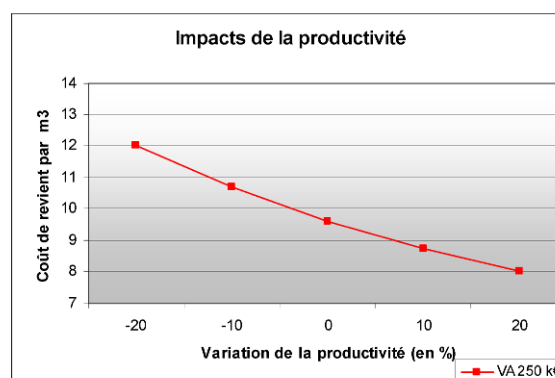
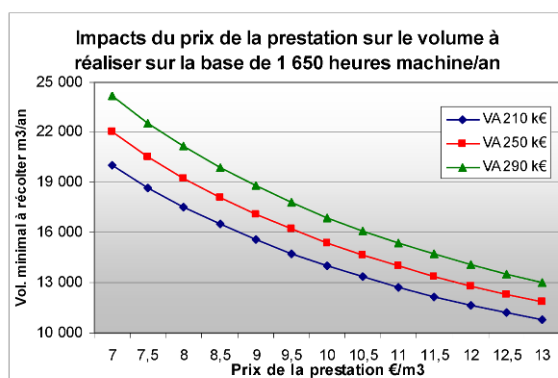
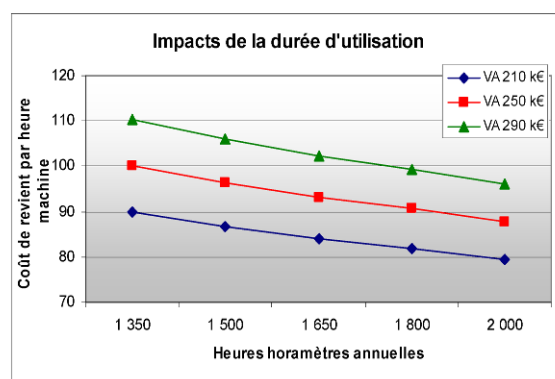
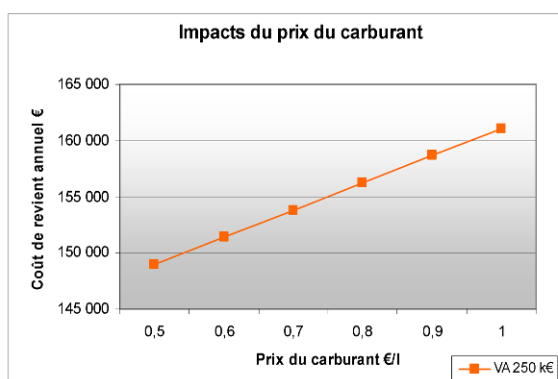
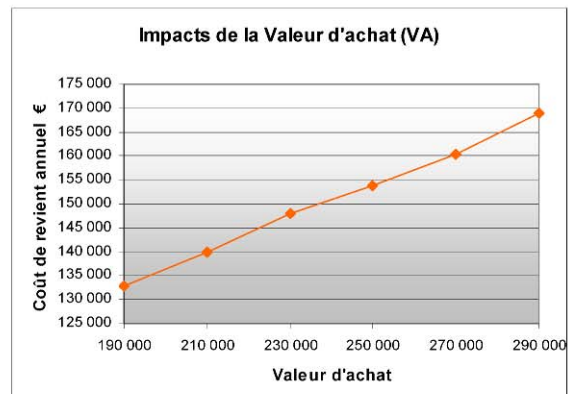
Coût de revient moyen et production			Paramètres qui influent sur la productivité																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Production annuelle</th> <th>Productivité</th> <th>Coût de revient</th> </tr> <tr> <th><math>m^3</math></th> <th><math>m^3/h. machine</math></th> <th>€/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12 000</td> <td>7,3</td> <td>12,8</td> </tr> <tr> <td>14 000</td> <td>8,5</td> <td>11,0</td> </tr> <tr> <td>16 000</td> <td>9,7</td> <td>9,6</td> </tr> <tr> <td>18 000</td> <td>10,9</td> <td>8,5</td> </tr> <tr> <td>20 000</td> <td>12,1</td> <td>7,7</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>sur la base de 1650 heures machine</i></p> <p>Le coût de revient au m<sup>3</sup> débardé est lié au volume annuel traité. En Alsace, il est de l'ordre de 16 000 m<sup>3</sup>, soit un coût de revient annuel HT hors marge de 9,6 €/m<sup>3</sup>.</p>	Production annuelle	Productivité	Coût de revient	$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>	12 000	7,3	12,8	14 000	8,5	11,0	16 000	9,7	9,6	18 000	10,9	8,5	20 000	12,1	7,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le TERRAIN : <b>pen</b>te, portance, <b>distance de débardage</b>, obstacles...</li> <li>▪ La SYLVICULTURE PRATIQUEE : type de coupe, cloisonnements, <b>prélèvement par ha</b>, clauses particulières...</li> <li>▪ L'ORGANISATION ET LES METHODES DE TRAVAIL : programmation des chantiers, logistique et intendance, organisation, réglementation</li> <li>▪ Le PORTEUR : puissance, capacité de charge, équipements, fiabilité...</li> <li>▪ Les PRODUITS : longueurs, nombre de produits, tri...</li> <li>▪ Le CONDUCTEUR : habileté, expérience et qualification...</li> </ul>		
Production annuelle	Productivité	Coût de revient																						
$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>																						
12 000	7,3	12,8																						
14 000	8,5	11,0																						
16 000	9,7	9,6																						
18 000	10,9	8,5																						
20 000	12,1	7,7																						

Fiche synthétique : Porteur

**Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient**
**Variations du coût de revient en fonction des principaux paramètres  
Coût de revient HT hors marge hors subvention**

Les coûts de revient calculés (et les volumes à réaliser) sont des valeurs indicatives à obtenir pour l'entreprise. Le chiffre d'affaires à réaliser doit être supérieur à ces valeurs pour que l'entreprise puisse dégager une marge permettant de financer le développement de l'entreprise, le renouvellement de l'engin, d'augmenter ses capitaux propres et sa trésorerie pour faire face aux périodes de crise ou d'intempéries.

Ces graphiques ont été établis sur la base des hypothèses formulées précédemment. Les interactions entre les différents paramètres sont nombreuses et peuvent faire varier très sensiblement la rentabilité de l'investissement en agissant à la fois sur le coût de revient et sur le chiffre d'affaires généré.



Fiche synthétique : Porteur

## 2.2.3 Débusqueur à câble

Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient

## DEBUSQUEUR A CABLE

**Valeur d'achat : de 150 000 à 230 000 €**

Liée à la puissance et aux options (lame avant avec ou sans griffe, treuil simple ou double, radiocommande plus ou moins sophistiquée...)

**Masse :** variable de 9 à 14 tonnes

**Durée d'amortissement :**  
De 5 à 7 ans et 7 ans en moyenne

**Valeur résiduelle indicative :**

Age	Valeur en % de la valeur d'achat
3	50 %
5	35 %
7	25 %



Coût de revient annuel HT hors marge	Répartition des coûts
<p>Hypothèses de base pour un matériel bien équipé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeur d'achat : 210 000 € (avec options)</li> <li>- Amortissement : 7 ans</li> <li>- Heures horomètres : 1 500 h/an</li> <li>- Hors subvention</li> <li>- Taux des frais financiers : 5 %</li> <li>- Consommation moyenne : 10 l/heure machine</li> <li>- Gazole : 0,7 €/l</li> <li>- Entretien/réparation : 6 % de la valeur d'achat/an</li> <li>- Transport machine : 5 000 €/an</li> <li>- Salaires + charges : 3 000 €/mois, sur 12 mois</li> <li>- Déplacements : 15 000 km/an</li> <li>- Frais généraux : 12 % de l'ensemble des coûts</li> </ul>	
<p align="center"><b>Coût de revient annuel moyen HT hors marge, hors subvention :</b> <b>120 000 €, soit 80 €/heure machine.</b></p> <p><i>Le coût de revient intègre les charges fixes (amortissements, frais financiers et assurances), les frais de fonctionnement de l'engin (carburants, lubrifiants, entretiens...), les frais de personnel, les frais de déplacement et les frais généraux de l'entreprise. Dans le cas de l'octroi d'une subvention à l'achat, (30% sur un montant éligible maximal de 200 000 € en Alsace en 2009), les charges fixes baissent et le coût de revient annuel HT hors marge diminue à 108 000 €, soit 72 €/heure machine.</i></p>	

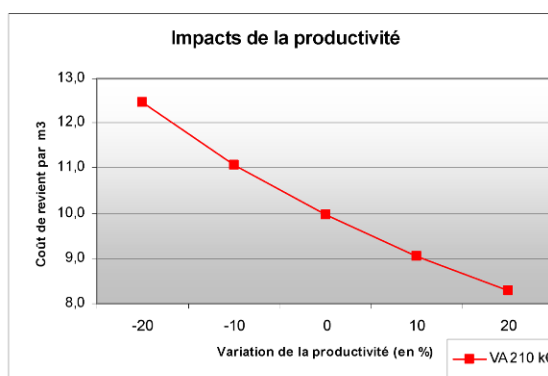
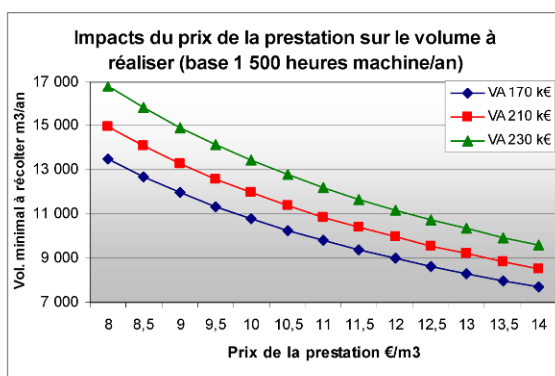
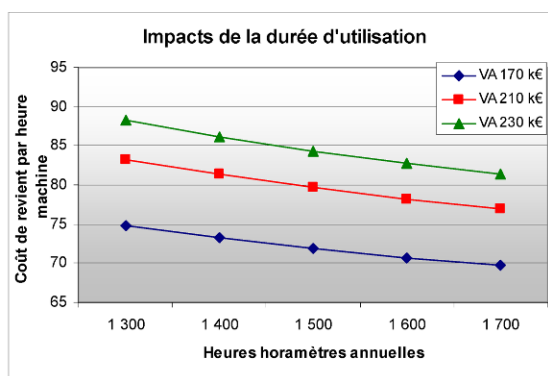
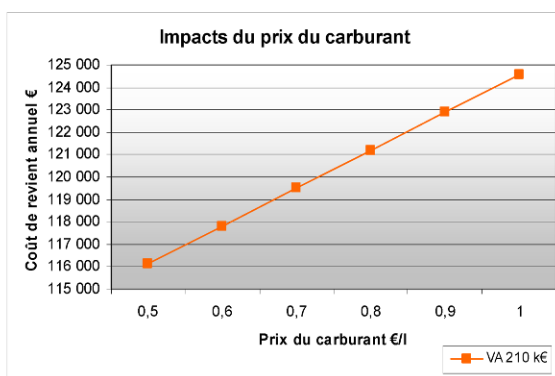
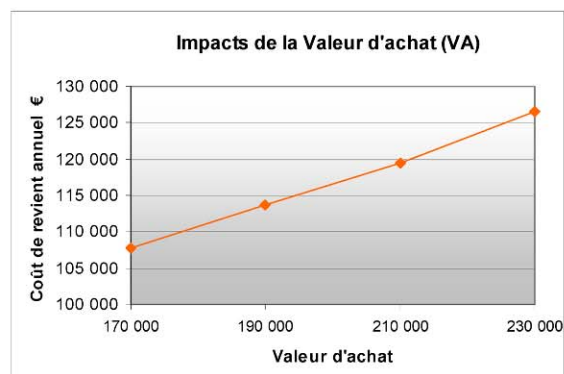
Coût de revient moyen et production	Paramètres qui influent sur la productivité																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Production annuelle</th> <th>Productivité</th> <th>Coût de revient</th> </tr> <tr> <th><math>m^3</math></th> <th><math>m^3/h. machine</math></th> <th>€/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8 000</td> <td>5,3</td> <td>14,9</td> </tr> <tr> <td>10 000</td> <td>6,7</td> <td>11,9</td> </tr> <tr> <td>12 000</td> <td>8,0</td> <td>10,0</td> </tr> <tr> <td>14 000</td> <td>9,3</td> <td>8,5</td> </tr> <tr> <td>16 000</td> <td>10,7</td> <td>7,5</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center"><i>sur la base de 1500 heures machine</i></p> <p>Le coût de revient au m<sup>3</sup> débardé est lié au volume annuel traité. En Alsace, il est de l'ordre de 12 000 m<sup>3</sup>, soit un coût de revient annuel HT hors marge de près de 10 €/m<sup>3</sup>.</p>	Production annuelle	Productivité	Coût de revient	$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>	8 000	5,3	14,9	10 000	6,7	11,9	12 000	8,0	10,0	14 000	9,3	8,5	16 000	10,7	7,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le TERRAIN : pente, distance de débardage, portance, obstacles...</li> <li>- Le PEUPELEMENT : volume unitaire des arbres...</li> <li>- La SYLVICULTURE PRATIQUÉE : type de coupe, cloisonnements, prélèvement par ha, clauses particulières...</li> <li>- L'ORGANISATION ET LES METHODES DE TRAVAIL : programmation des chantiers, logistique et intendance, organisation, réglementation</li> <li>- Le DEBUSQUEUR : puissance, équipements, fiabilité...</li> <li>- Les PRODUITS : longueurs, nombre de produits, tri...</li> <li>- Le CONDUCTEUR : habileté, expérience et qualification...</li> </ul>
Production annuelle	Productivité	Coût de revient																				
$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>																				
8 000	5,3	14,9																				
10 000	6,7	11,9																				
12 000	8,0	10,0																				
14 000	9,3	8,5																				
16 000	10,7	7,5																				

Fiche synthétique : Débusqueur à câble

**Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient**
**Variations du coût de revient annuel en fonction des principaux paramètres  
Coût de revient annuel HT hors marge hors subvention**

Les coûts de revient calculés (et les volumes à réaliser) sont des valeurs indicatives à obtenir pour l'entreprise. Le chiffre d'affaires à réaliser doit être supérieur à ces valeurs pour que l'entreprise puisse dégager une marge permettant de financer le développement de l'entreprise, le renouvellement de l'engin, d'augmenter ses capitaux propres et sa trésorerie pour faire face aux périodes de crise ou d'intempéries.

Ces graphiques ont été établis sur la base des hypothèses formulées précédemment. Les interactions entre les différents paramètres sont nombreuses et peuvent faire varier très sensiblement la rentabilité de l'investissement en agissant à la fois sur le coût de revient et sur le chiffre d'affaires généré.



Fiche synthétique : Débusqueur à câble

## 2.2.4 Débusqueur à grue

Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient

## DEBUSQUEUR A GRUE

**Valeur d'achat : de 250 000 à 290 000 €**

Liée à la puissance et aux options (lame avant avec ou sans griffe, treuil simple ou double, grue, pince, radiocommande plus ou moins sophistiquée...)

**Masse** : variable de 10 à 16 tonnes**Durée d'amortissement** :  
De 5 à 7 ans et **5 ans en moyenne****Valeur résiduelle indicative** :

Age	Valeur en % de la valeur d'achat
3	50 %
5	35 %
7	25 %



Coût de revient annuel HT hors marge	Répartition des coûts
Hypothèses de base pour un matériel bien équipé : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeur d'achat : 270 000 €</li> <li>- Amortissement : 5 ans</li> <li>- Heures horamètres : 1 600 h/an</li> <li>- Hors subvention</li> <li>- Taux des frais financiers : 5 %</li> <li>- Consommation moyenne : 10 l/heure machine</li> <li>- Gazole : 0,7 €/l</li> <li>- Entretien/réparation : 7 % de la valeur d'achat/an</li> <li>- Transport machine : 7 000 €/an</li> <li>- Salaires + charges : 3 000 €/mois, sur 12 mois</li> <li>- Déplacements : 15 000 km/an</li> <li>- Frais généraux : 12 % de l'ensemble des coûts</li> </ul>	
<b>Coût de revient annuel moyen HT hors marge, hors subvention : 149 000 €, soit 93 €/heure machine.</b>	
<i>Le coût de revient intègre les charges fixes (amortissements, frais financiers et assurances), les frais de fonctionnement de l'engin (carburants, lubrifiants, entretiens...), les frais de personnel, les frais de déplacement et les frais généraux de l'entreprise. Dans le cas de l'octroi d'une subvention à l'achat, (30% sur un montant éligible maximal de 200 000 € en Alsace en 2009), les charges fixes baissent et le coût de revient annuel HT hors marge diminue à 132 000 €, soit 83 €/heure machine.</i>	

Coût de revient moyen et production			Paramètres qui influent sur la productivité																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Production annuelle</th> <th>Productivité</th> <th>Coût de revient</th> </tr> <tr> <th><math>m^3</math></th> <th><math>m^3/h. machine</math></th> <th>€/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 000</td> <td>6,3</td> <td>14,8</td> </tr> <tr> <td>12 000</td> <td>7,5</td> <td>12,4</td> </tr> <tr> <td>14 000</td> <td>8,8</td> <td>10,6</td> </tr> <tr> <td>16 000</td> <td>10,00</td> <td>9,3</td> </tr> <tr> <td>18 000</td> <td>11,3</td> <td>8,3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>sur la base de 1600 heures machine</i></p> <p>Le coût de revient au m<sup>3</sup> débardé est lié au volume annuel traité. En Alsace, il est de l'ordre de 14 000 m<sup>3</sup>, soit un coût de revient annuel HT hors marge de 10,6 €/m<sup>3</sup>.</p>	Production annuelle	Productivité	Coût de revient	$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>	10 000	6,3	14,8	12 000	7,5	12,4	14 000	8,8	10,6	16 000	10,00	9,3	18 000	11,3	8,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le TERRAIN : pente, distance de débardage, portance, obstacles...</li> <li>- Le PEUPEMENT : volume unitaire des arbres...</li> <li>- La SYLVICULTURE PRATIQUEE : type de coupe, cloisonnements, prélèvement par ha, clauses particulières...</li> <li>- L'ORGANISATION ET LES METHODES DE TRAVAIL : programmation des chantiers, logistique et intendance, organisation, réglementation</li> <li>- Le DEBUSQUEUR : puissance, équipements, fiabilité...</li> <li>- Les PRODUITS : longueurs, nombre de produits, tri...</li> <li>- Le CONDUCTEUR : habileté, expérience et qualification...</li> </ul>
Production annuelle	Productivité	Coût de revient																				
$m^3$	$m^3/h. machine$	€/m <sup>3</sup>																				
10 000	6,3	14,8																				
12 000	7,5	12,4																				
14 000	8,8	10,6																				
16 000	10,00	9,3																				
18 000	11,3	8,3																				

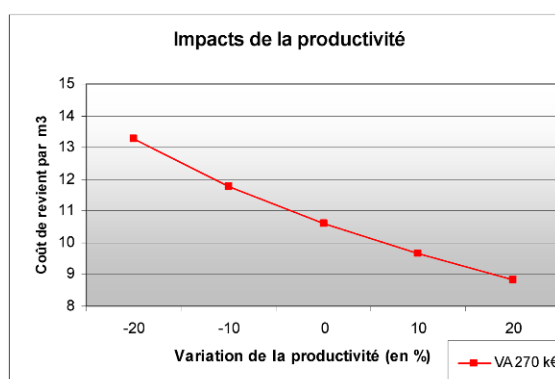
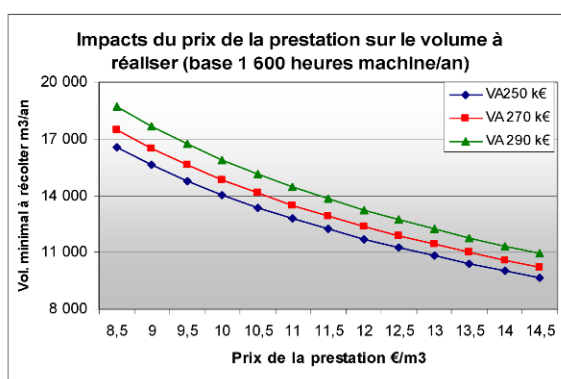
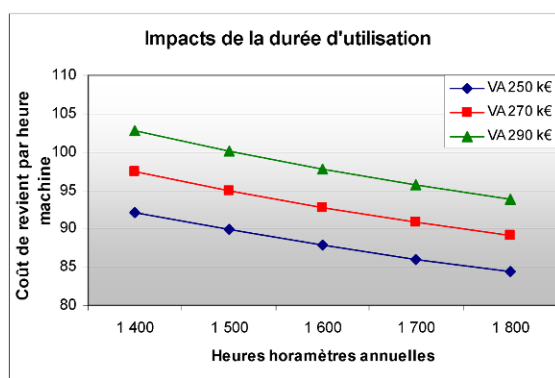
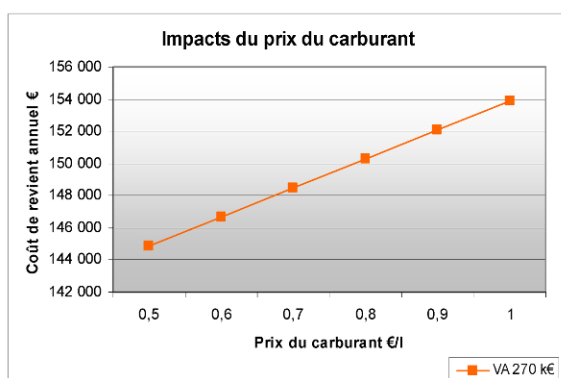
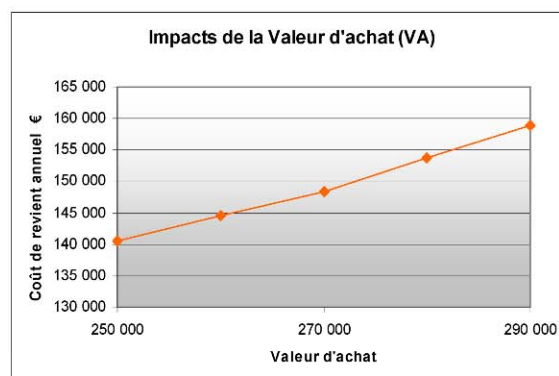
Fiche synthétique : Débusqueur à grue



**Fiche synthétique :  
Investissements et coûts de revient**
**Variations du coût de revient annuel en fonction des principaux paramètres  
Coût de revient annuel HT hors marge hors subvention**

Les coûts de revient calculés (et les volumes à réaliser) sont des valeurs indicatives à obtenir pour l'entreprise. Le chiffre d'affaires à réaliser doit être supérieur à ces valeurs pour que l'entreprise puisse dégager une marge permettant de financer le développement de l'entreprise, le renouvellement de l'engin, d'augmenter ses capitaux propres et sa trésorerie pour faire face aux périodes de crise ou d'intempéries.

Ces graphiques ont été établis sur la base des hypothèses formulées précédemment. Les interactions entre les différents paramètres sont nombreuses et peuvent faire varier très sensiblement la rentabilité de l'investissement en agissant à la fois sur le coût de revient et sur le chiffre d'affaires généré.



Fiche synthétique : Débusqueur à grue

### 3. REGLEMENTATION SUR LE TRANSPORT CONCERNANT LE MATERIEL D'EXPLOITATION

#### 3.1 AGE ET PERMIS

Le conducteur d'un tracteur forestier peut circuler sans permis de conduire lorsque celui-ci est rattaché à une société d'exploitation forestière.

L'âge minimum du conducteur est de 18 ans pour un engin forestier.

Cependant, une formation dispensée par le chef d'entreprise doit être donnée au chauffeur afin qu'il prenne connaissance des points nécessaires à la conduite en sécurité.

#### Exemples de points à aborder dans la formation

- ▶ Principe de fonctionnement du matériel
- ▶ Information sur les risques spécifiques de l'équipement
- ▶ Conduite à tenir en cas de panne
- ▶ Port éventuel des équipements de protection individuelle

#### 3.1.1 Dimensions des gabarits autorisés

- largeur autorisée inférieure à 2,55 m
- longueur autorisée : 12 m
- hauteur autorisée : le code de la route ne prévoit pas de restriction



#### A SAVOIR

La signalisation des ponts et tunnels n'étant pas systématique au-dessus de 4,3 m, la vigilance s'impose dès que la hauteur du véhicule dépasse 4 m.

Avant de prendre le volant, étudiez toujours votre parcours.



#### 3.1.2 Dimensions pour les hors gabarits

Au-delà des gabarits autorisés, il faut respecter l'arrêté du 4 mai 2006 sur la circulation des véhicules et matériels agricoles et forestiers.

Cet arrêté prévoit :

Une répartition des véhicules en 2 groupes selon leur largeur et longueur.

CARACTERISTIQUES	GROUPES	
	A	B
LARGEUR en mètres (l)	$2,55 < l \leq 3,5$	$3,5 < l \leq 4,5$
LONGUEUR en mètres (L)	Limites Code de la Route $< L \leq 22$	$22 < L \leq 25$

## Pour les véhicules du groupe A sont prévus

- Une vitesse de circulation fixée à 40 km/h pour les modèles de tracteurs livrés après le 4 septembre 1998 homologués et réceptionnés (se référer au certificat de réception des Mines) pour rouler à cette vitesse.  
Pour les tracteurs mis en service avant le 4 septembre 1998 ou non homologués pour 40 km/h, la vitesse est plafonnée à 30 km/h.
- La limitation de la circulation au département d'activité et aux départements limitrophes.

## Pour les véhicules du groupe B s'ajoutent

- Vitesse de circulation réduite à 25 km/h
- Interdiction de circuler du samedi ou veille de fête à partir de midi, jusqu'au lundi ou lendemain de fête à six heures.

## Au-delà de 4,50 m de large ou 25 m de long

- Transport exceptionnel soumis à autorisation préfectorale
- Escorte par la police ou la gendarmerie

### 3.2 SIGNALISATION

Les matériels forestiers sont destinés à l'exploitation forestière et répondent aux mêmes critères que ceux retenus pour les véhicules et appareils agricoles.

#### 3.2.1 Tracteur forestier (largeur inférieure à 2,55 m)

L'équipement de signalisation obligatoire est le suivant :

A l'avant :

- 1 gyrophare
- 1 rétroviseur placé à gauche
- 2 clignotants
- 2 feux de position
- 2 feux de croisement

A l'arrière :

- 2 feux rouges de position
- 2 clignotants
- 2 catadioptres rouges



Attention : sur la route, l'utilisation des feux de travail est interdite.

### 3.2.2 Tracteurs et engins forestiers (groupe A)

L'équipement de signalisation obligatoire est le suivant :

- 2 gyrophares (1 à l'avant et 1 à l'arrière)
- 4 feux d'encombrement (2 à l'avant et 2 à l'arrière)
- Catadioptres latéraux
- Panneaux rouge et blanc vers l'avant et vers l'arrière
- Feux de croisement allumés de jour comme de nuit



### 3.2.3 Tracteurs et engins forestiers (groupe B)

Les dispositifs supplémentaires obligatoires sont :

- 2 panneaux CONVOI AGRICOLE (1 à l'avant et 1 à l'arrière)
- Un véhicule d'accompagnement

## Le véhicule d'accompagnement doit être muni

- d'un ou deux gyrophare(s)
- de feux de croisement allumés de jour comme de nuit
- d'un panneau rectangulaire **CONVOI AGRICOLE** disposé verticalement visible de l'avant et de l'arrière

Le véhicule d'accompagnement peut être une voiture particulière ou une camionnette, sans remorque.



**ATTENTION** : Des prescriptions locales complémentaires peuvent être instaurées par arrêté préfectoral.

### 3.2.4 Signalisation des véhicules immobilisés

Lorsque le véhicule est immobilisé sur la chaussée et constitue un danger pour la circulation, vous devez assurer la présignalisation de l'obstacle au moyen de feux de détresse ou d'un triangle de présignalisation. Le conducteur doit se munir d'un gilet de sécurité.



### 3.3 TRANSPORT DE MATERIELS FORESTIERS

Ce transport concerne celui des matériels forestiers qui doivent, du fait de leur gabarit ou leur vitesse, être déplacés à l'aide d'un convoi.

Les caractéristiques maximales du convoi sont les suivantes :

- longueur hors tout du convoi :
  - 15m pour véhicule isolé incluant un dépassement éventuel maximal de la charge de 3 m
  - 22m pour un ensemble routier incluant un dépassement éventuel maximal de la charge de 3 m
- largeur hors tout : 3 m
- masse totale roulante : limite générale du code de la route
- charges par essieu : limite générale du code la route



#### 3.3.1 Règles générales

Le conducteur doit être en possession de l'arrêté préfectoral portant autorisation de portée locale pour effectuer un transport exceptionnel de marchandises, d'engins ou de véhicules à bord de son véhicule.

Il doit se conformer à toutes prescriptions du code de la route et des arrêtés d'application qui en découlent et auxquels il n'est pas dérogé dans l'arrêté, ainsi qu'aux arrêtés préfectoraux, départementaux et municipaux règlementant la circulation des véhicules.

Il doit être en règle avec la réglementation du transport routier de marchandises.

Il doit s'assurer de la possibilité d'emprunter l'itinéraire en fonction des caractéristiques de son convoi et en tenant compte que la circulation normale doit toujours avoir la prépondérance. Le convoi ne doit en aucun cas stationner sur la voie publique. En cas de panne, le conducteur doit prendre immédiatement toutes dispositions pour signaler son convoi et permettre au plus tôt le rétablissement de la circulation.

Le conducteur doit enfin respecter les interdistances entre véhicules prévues par le code de la route.

#### 3.3.2 Interdictions générales de circulation

La circulation des véhicules effectuant des transports exceptionnels est interdite :

- sur les autoroutes, sauf dérogations concernant les éventuels itinéraires autorisés,
- sur les routes à accès réglementé,
- sur les routes à caractères prioritaire, lorsque la largeur du convoi dépasse les 3m,
- la nuit, lorsque la largeur du convoi dépasse les 3m,
- sur l'ensemble du réseau routier et autoroutier du samedi ou veille de fête à partir de midi, jusqu'au lundi ou lendemain de fête à six heures,
- par temps de neige ou de verglas ou lorsque la visibilité est insuffisante,
- pendant la fermeture des barrières de dégel, sur les itinéraires qu'elles concernent.

#### 3.3.3 Vitesse

Sous réserve de sa compatibilité avec les véhicules utilisés, et sans préjudice de l'application de prescriptions plus restrictives, imposées par arrêtés préfectoraux, départementaux ou municipaux sur certaines routes ou sections de route, la vitesse maximale des convois doit toujours être adaptée aux conditions de circulation imposées par le trafic ou par les caractéristiques de la route, et conforme aux dispositions de l'article 14 de l'arrêté interministériel relatif aux transports exceptionnel, rappelée ci-après :

- 80 km/h sur les autoroutes,

- 60 km/h sur les autres routes,
- 50 km/h en agglomération.

La signalisation se fait par 2 panneaux « convoi agricole », et pour les véhicules d'accompagnement les feux de croisement doivent être allumés (1 ou 2 gyrophares).

*Références : Plaquette CMSA – Groupama – Arrêté du 4 mai 2006 relatif à la circulation des véhicules et matériels agricoles ou forestiers et de leurs ensembles – Arrêtés préfectoraux portant autorisation de portée locale pour effectuer un transport exceptionnel de marchandises, d'engins ou de véhicules.*

Remarque générale :

Avec le nouveau décret n°2009-780 du 23 juin 2009 relatif au transport de bois ronds, les ETF ne sont pas soumis à l'obligation d'inscription au registre des transporteurs si et seulement si elles se limitent à la seule activité de débardage (sortir le bois de la parcelle forestière jusqu'à la première voie forestière). Dès lors que l'entreprise assure le transport de bois (en grumes ou bois ronds), elle est soumise à l'inscription au registre des transporteurs.

## 4. IMPACTS DE LA MECANISATION

### 4.1 LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

La mécanisation des opérations forestières s'est développée au cours des dernières décennies, facilitant les opérations d'extraction de bois. Parallèlement, des problématiques nouvelles sont apparues avec l'arrivée des engins en forêt, notamment leurs impacts sur le sol, l'eau et les risques de pollution.

#### 4.1.1 Les impacts de la mécanisation au niveau du sol

A la suite de travaux d'exploitation, les dégâts aux sols constituent la manifestation la plus négative que ressent tout visiteur de la forêt. Outre cet aspect esthétique, le tassement et la dégradation des sols forestiers par les engins a une influence négative sur la fertilité forestière. Le sol est le support de toute la diversité et de la production forestière : le dégrader engendre des conséquences importantes sur la forêt.

En effet, le sol est un milieu complexe et évolutif qui joue un grand rôle dans l'écosystème forestier. Il résulte d'un lent processus géologique (dégradations de la roche mère...), puis pédologique (évolutions physiques, chimiques et biologiques). Les sols forestiers se caractérisent en général par une faible densité et une bonne structuration. Les espaces entre les particules et agrégats du sol (la porosité) sont nécessaires à la circulation de l'eau et de l'air.

Les engins forestiers sont susceptibles de perturber ce milieu complexe, notamment par des phénomènes de tassement dus à des pressions au sol inadaptées et de patinage par manque d'adhérence. Il s'agit principalement des engins de débardage (un porteur en charge est plus lourd qu'une machine de bûcheronnage) qui doivent passer plusieurs fois dans certaines zones.

Le tassement se traduit par une diminution du nombre et de la taille des pores du sol. En parallèle, sa densité augmente. L'eau pénètre difficilement, le sol est mal aéré, diminuant ainsi l'activité des microorganismes. De plus, la prospection racinaire est plus difficile. Les zones compactes vont rester en l'état pendant de nombreuses années et les techniques de remise en état par le biais du travail du sol sont coûteuses et peu efficaces, car un sol ne retrouve pas sa structure originelle. 65 à 90% du tassement des horizons de surface du sol a lieu entre le premier et le troisième passage d'engin.

Le patinage des roues lié au manque d'adhérence provoque une dégradation de la couche superficielle du sol par fraisage et scalpage. Le sol perd sa cohésion ce qui diminue encore l'adhérence et favorise les phénomènes d'érosion dans les terrains en pente.

Il est donc important de protéger le capital sol par la mise en œuvre de méthodes et de moyens d'exploitation adaptés.

#### 4.1.1.1. Nature des dégâts infligés au sol

La circulation d'engins en forêt peut entraîner différents types de dégâts au sol. Il faut différencier : le tassement du sol, le scalpage et le lissage des horizons supérieurs.



*Tassement causé par le passage d'un engin*

Le tassement du sol est la réduction de la macroporosité puis de la microporosité du sol. Ceci induit une réduction du volume et une augmentation de la densité du sol. Les espaces de circulation de l'eau et de l'air sont donc également réduits. Cela conduit à une réduction des capacités de drainage naturel.

La circulation d'engins peut également avoir comme conséquence un scalpage, un entraînement des horizons supérieurs du sol et en particulier de la couche d'humus, mais également un lissage des horizons supérieurs entraînant une moins bonne pénétration de l'eau dans le sol. La suppression de la couche d'humus peut avoir des conséquences en termes de fertilité pour le peuplement existant ainsi que pour le peuplement à venir.

#### 4.1.1.2. Cause des dégâts infligés au sol

Les causes principales de dégâts sont les pneumatiques et autres organes de roulement des machines, ainsi que les bois treuillés, semi-portés, manutentionnés et stockés. La circulation des engins dans les parcelles a comme conséquences, selon les conditions, de tasser ou de scalper les sols.

Les moyens employés ne comportent pas tous les mêmes risques. Le débardage est une opération bien plus agressive que le bûcheronnage, même mécanisé. La bibliographie montre que l'agressivité des machines décroît ainsi :

débusqueur > porteur > machine de bûcheronnage

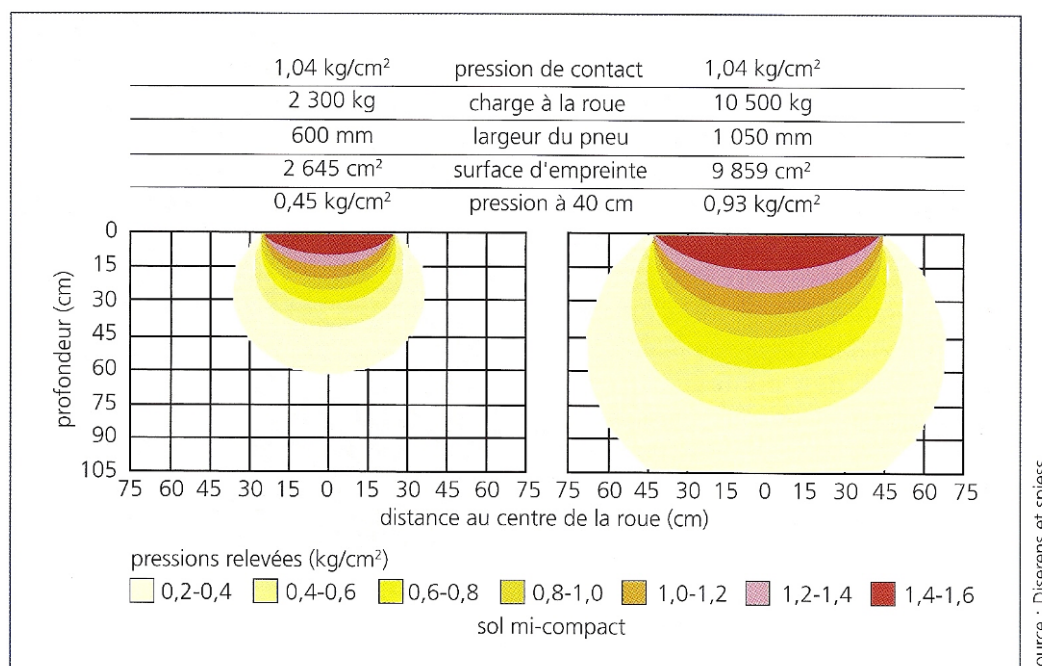
#### 4.1.1.3. Intensité des dégâts infligés au sol

L'intensité du tassement impliquée par les engins dépend de leur poids et de la surface de contact avec le sol. Plus un engin est lourd, plus les contraintes appliquées au sol sont grandes. L'augmentation de la surface de contact entre le sol et l'engin (pneumatiques, chenilles, tracks, etc.) permet de répartir le poids de l'engin sur une surface plus grande et donc de mieux répartir les contraintes. Le tassement peut alors être diminué.

Afin de limiter le tassement engendré par un engin plus lourd, le nombre et la largeur des roues sont souvent augmentés. Des engins peuvent alors afficher la même pression de contact au sol



pour des poids allant du simple au presque quadruple. Malgré une pression de contact égale, l'impact sur le sol est malgré tout différent : l'impact de l'engin le plus lourd se ressentira bien plus profondément que celui de l'engin léger comme le montre le graphique suivant.



**Figure 8 : Relevé des pressions exercées par deux pneus de dimension différentes mais ayant une même pression de contact**

Le tassement des sols, le plus souvent, a des conséquences néfastes sur la croissance des arbres. Des analyses de l'INRA (Institut National de Recherche Agronomique) ont mis en évidence que sur 142 cas étudiés, la croissance des arbres avait été affectée dans 82% des cas suite à un tassement du sol. Les causes exactes de diminution de croissance sont difficiles à déterminer.

#### 4.1.1.3.1. Quelques éléments sur les pressions au sol exercées par les machines

##### **La pression en statique (à l'arrêt) :**

**La pression exercée par les roues sur le sol est le rapport entre la masse ou charge exercée sur chaque roue et la surface de contact de la roue avec le sol.** Cette pression s'exprime en kg/cm<sup>2</sup> ou en bar ou en Pascal (1 kg/cm<sup>2</sup> = 1 bar = 100 kPa).

*Quelques pressions au sol :*

*Homme : environ 0,2 kg/cm<sup>2</sup>*

*Chevreuil : 1 à 2 kg/cm<sup>2</sup>*

*Cheval : 2 kg/cm<sup>2</sup>*

*Engins forestiers à pneus : 1,5 à 5 kg/cm<sup>2</sup>*

##### **La pression en dynamique (en phase de travail) :**

La pression moyenne en statique n'est qu'indicative et la pression réelle exercée à un instant donné en conditions de travail est beaucoup plus élevée et très variable (jusqu'à huit fois plus importante).

En effet, la pression exercée par les machines n'est pas répartie uniformément :

- sur toute la surface du pneu ou des chenilles. La pression maximale ne s'exerce que sur environ 20% de la surface du pneu, ce qui correspond à la surface des crampons,
- sur l'ensemble des roues : selon leur conception et selon que le porteur est vide ou chargé, l'avant et l'arrière supportent des masses différentes et selon les irrégularités du terrain, les efforts sur chaque roue sont différents.

#### 4.1.1.3.2. La portance des sols

Le sol résiste à la pression du pneu par sa portance ou « pouvoir porteur » qui est très lié à l'humidité du sol et à sa texture (Limon, Argile et Sable). Elle s'exprime dans les mêmes unités que la pression.

Si la portance du sol est égale ou supérieure à la pression exercée par les roues, l'engin ne s'enfonce pas.

Dans le cas contraire, l'engin s'enfonce jusqu'à retrouver une situation d'équilibre entre la pression qu'il exerce au sol et le pouvoir porteur de ce dernier.

<b>Marais</b>	<b>0,1 à 0,4</b>	<b>Limon</b> - <b>Sec</b> - <b>Détrempé</b>	<b>3 à 5</b> <b>0,2 à 0,6</b>
<b>Sable tassé</b>	<b>1,5 à 2,5</b>	<b>Roche compacte</b>	<b>125</b>
<b>Gravier</b>	<b>3 à 8</b>	<b>Neige</b> - <b>Fraîche</b> - <b>Très tassée</b>	<b>0,1 à 0,3</b> <b>4 à 8</b>
<b>Argile</b> - <b>Molle</b> - <b>Sèche</b>	<b>0,5 à 1,5</b> <b>4 à 12</b>		

*Tableau 16 : Pouvoir porteur de différents sols (en bars)*

NB : comme pour la portance, l'adhérence d'un sol diminue lorsque son humidité augmente.

Ainsi, plus le sol est humide au moment de la contrainte plus la croissance des arbres est affectée. Les contraintes appliquées au sol lors de travaux forestiers peuvent se répercuter par une dégradation effective ou potentielle de la capacité de régénération des peuplements : dégradation des facteurs du milieu favorables au développement des semis ou des jeunes plants.

Certains sols sont donc plus sensibles que d'autres, en particulier les sols limoneux, engorgés ou hydromorphes.

Il faut donc à tout prix éviter de perturber le sol qui est une ressource non renouvelable, car la restauration de la structure physique des sols, qu'elle soit naturelle ou qu'elle résulte de l'action humaine, est lente, incertaine, coûteuse et à durée limitée (non définitive).

#### 4.1.1.4. Solutions mises en œuvre et recommandations pour limiter les impacts au sol des engins forestiers

En premier lieu, il faut sensibiliser les conducteurs et améliorer leur savoir-faire par la formation pratique.

		Etat d'humidité			
		Sol sec <small>sur 50 cm de profondeur</small>	Sol frais	Sol humide	Nappe d'eau présente <small>à moins de 50 cm de la surface</small>
Texture	Sol très caillouteux (EG ≥ 50 %)				
	Sol très sableux (Sable ≥ 70 %)				
	Argile dominante				
	Limon dominant et sable limoneux				

**Pas de restriction pour la circulation des engins sur cloisonnements**  
**Tous les systèmes d'exploitation forestière sont possibles**

**Circulation sur cloisonnements possible avec précautions (utilisation d'accessoires type pneus larges et tracks) et/ou mettre les rémanents sur les cloisonnements**

**Aucun passage d'engins terrestres**  
**Utiliser les systèmes alternatifs (petite mécanisation, câble aérien)**

EG : éléments grossiers

Tableau 17 : Sensibilité du sol (source : Guide Prosol)

##### 4.1.1.4.1. Planification des travaux forestiers

Il faut planifier les travaux forestiers en fonction des conditions de sensibilité et d'humidité du sol : ne faire pénétrer les engins sur les sols sensibles que par temps de gel ou très sec. En cas de dégradation des conditions météorologiques, il faut interrompre momentanément l'exploitation de la parcelle.

Ainsi, lorsque les conditions de portance des sols deviennent critiques, les travaux peuvent être interrompus afin de laisser le temps au sol de se ressuyer. Les entreprises peuvent alors, le plus souvent, se reporter sur d'autres chantiers en cours dans des zones où le sol est moins fragile.

Néanmoins, certains sols restent impraticables même dans les conditions les plus sèches de l'année. Dans ces cas là, une exploitation sur sol gelé peut être conseillée. Le sol résiste alors mieux aux pressions exercées.

Lors des périodes de grand gel, durant lesquelles ces zones deviennent exploitables, les entreprises peuvent être amenées à travailler le week-end afin de réaliser les travaux dans les meilleures conditions.

Malgré toutes ces précautions et ces aménagements, il reste des zones particulières, des zones de tourbière entre autres, où l'exploitation reste très difficile et souvent peu rentable.

#### 1.1.1.1.1. Cloisonnements d'exploitation

Il faut limiter la circulation des engins sur la parcelle par la mise en place de cloisonnements d'exploitation judicieusement implantés. Le

cloisonnement est une voie de vidange ouverte dans un peuplement adapté à la circulation des machines d'exploitation forestière (débusqueurs, porteurs, etc.). Ces cloisonnements doivent prendre en compte les dimensions des engins (par exemple une largeur de 4 m est requise pour des engins dont la largeur moyenne est de 2,5 à 3 m) et leurs capacités, notamment celle des grues (par exemple portées moyennes de 8 à 11 m pour les machines de bûcheronnage). Les rémanents déposés dans ces cloisonnements permettent de réduire la pression au sol.



*Abatteuse circulant dans un cloisonnement sur un tapis de rémanents (source FCBA)*

L'objectif est de limiter la circulation des engins à ces voies afin que la surface de sol dégradé soit réduite au maximum. Les grumes sont câblées jusqu'au cloisonnement avant d'être débardées par cette voie. Leur écartement est raisonné en fonction de la capacité des machines et de la hauteur des arbres.

La présence de cloisonnement ne signifie pas que les travaux sont réalisables quelques soient les conditions climatiques. En cas de conditions défavorables sur un sol sensible, les travaux devront être arrêtés.

Les engins ne peuvent pas sortir de ces voies lorsqu'ils interviennent dans les parcelles sans une autorisation du donneur d'ordres.



*Opérations de débardage à l'aide d'un débusqueur à pince*

L'aménagement de cloisonnements se généralise permettant ainsi de ménager le sol des parcelles.

#### 4.1.1.4.2. Adaptation des engins utilisés

Il faut réduire la charge dans les zones peu portantes.

Il faut également baisser la pression au sol et augmenter l'adhérence par l'utilisation de moyens appropriés :

- des engins à chenilles avec des tuiles extra larges permettent d'atteindre des pressions au sol très faibles (de 0,3 à 0,4 bar voire moins pour certains petits chenillards),

En forêt, les tracteurs à chenilles sont utilisés pour le débardage et l'entretien des chemins forestiers. Ces engins polyvalents présentent certains avantages économiques par rapport aux débusqueurs, qui ne peuvent remplir qu'une seule fonction. Aussi, les exploitants forestiers ont-ils tendance à employer ces engins pour aménager des pistes de débardage par facilité plutôt que de les utiliser uniquement aux endroits où cela s'avère nécessaire pour des raisons de sécurité ou d'efficacité. De plus, ces tracteurs équipés de chenilles en acier et de puissantes lames de boteurs, peuvent être utilisés sur des pentes importantes.

L'utilisation de tracteurs à chenilles pour le débardage de billes de bois s'accompagne cependant trop souvent d'une dégradation importante du sol et d'un endommagement excessif des arbres restants et de la régénération préexistante. Ces machines n'exercent qu'une très faible pression sur le sol mais elles le labourent en surface lorsqu'elles virent.

Malgré les inconvénients, ces engins sont appelés à devenir les machines de débardage les plus couramment employées dans bon nombre de zones forestières, et notamment dans les régions accidentées où les arbres sont de grandes dimensions et les pluies particulièrement abondantes.



### *Tracteur à chenilles*

- des engins à pneus de faible tonnage (un petit porteur en charge pèse environ 20 tonnes contre un gros porteur qui avoisine en charge les 40 tonnes) et avec un nombre important de roues (plus de 80% des porteurs actuellement vendus sont des 8 x 8),
- des pneus larges passer de 600 mm de large à 710 mm voire plus permet de diminuer la pression au sol, à condition de ne pas charger davantage l'engin pour éviter de se retrouver avec la même pression de départ. Dans ce cas de figure, les phénomènes de tassement sont même aggravés. En effet, d'après M.A. de Paul et M. Bailly, à pression de contact égale, les effets du pneu large s'enregistrent beaucoup plus profondément et de manière plus intense,

Une solution existante qui permet de réduire l'impact des engins sur les sols est donc l'adaptation des pneumatiques.



*Pneu d'engin forestier*

Préserver les sols signifie garder un terrain praticable. En ce qui concerne les pneumatiques, l'objectif est d'équiper les machines en pneus basse pression ou « spécial marécage » pour optimiser le travail sur des pistes humides et autres terrains marécageux et difficiles d'accès. Les pneus basse pression permettent de

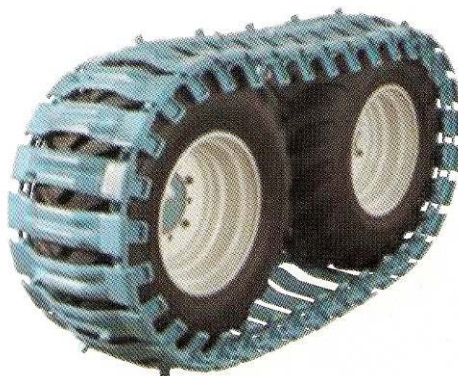
répartir un peu mieux la masse, en écrasant le pneu sur une plus grande surface. Cependant, le risque de crevaison est accru. Par ailleurs, les entrepreneurs ont tendance à souvent plus charger les véhicules, notamment les porteurs.

Ces pneumatiques permettent d'augmenter la portance des véhicules sur les sols les plus fragiles et donc de réduire leur impact. Le tracteur équipé de la sorte ne cède en rien en qualité ni en fiabilité tout en ayant un impact moindre sur les sols.

Aujourd'hui, 70 à 80% des engins en Alsace sont équipés de pneus basse pression. Les nouvelles machines sont équipées de la sorte par défaut. Cet équipement n'entraîne pas de surcoût à l'achat mais uniquement une légère augmentation des frais de renouvellement des pneumatiques

- des semi-chenilles métalliques ou tracks qui sont montées sur les 2 roues d'un bogie (ensemble de 2 roues montées sur un balancier). Ils permettent d'augmenter la surface de contact au sol grâce à la présence de tuiles entre les deux roues qui sont légèrement supérieures à celles de pneus. Ces outils sont performants, à condition de les installer avant l'apparition de profondes ornières.

Certains modèles (avec des tuiles larges et longues au profil peu agressifs) ont été spécialement conçus pour diminuer de 30 à 40% la pression moyenne exercée au sol en augmentant fortement la surface de contact au sol. D'autres tracks ont été conçus pour augmenter l'adhérence (tuiles étroites avec des crampons nombreux et saillants). Il faut donc bien choisir les tracks en fonction des terrains. Sur la majorité des sols français sensibles au tassement, il convient de privilégier des tracks à tuiles larges.



*Tracks conçus pour limiter la pression au sol (Source : Olofsfors)*

Même si les tracks permettent de continuer les travaux dans des conditions moins favorables, il est parfois nécessaire de stopper ces travaux afin d'éviter de créer des dégâts irrémédiables.

Les tracks ne sont pas utilisés par les entreprises de travaux forestiers en Alsace. En effet, cet équipement n'est pas demandé par les maîtres d'œuvre pour la réalisation des chantiers.

- des chaînes : permettent d'augmenter l'adhérence des engins, facilitant ainsi le travail et la sécurité des opérateurs. Un engin ne peut avancer que si l'adhérence entre le sol et les pneumatiques est suffisante. Même équipé de bons pneus, il arrive que certains engins patinent, en particulier sur des sols argileux et détremés. Afin d'augmenter leur adhérence, on peut utiliser un dispositif de chaînes. Il faut les monter assez tôt, avant que le sol ne se dégrade. En revanche, les chaînes sont agressives pour les racines, le pied des arbres, les pistes et les routes mais protègent toutefois le sol en évitant les phénomènes de patinage.



*Porteur 10 roues muni de tracks à tuiles larges  
(source Ponssé)*



*Chaînes (source FCBA)*

#### 4.1.1.4.3. Méthodes alternatives de débardage

Dans les zones très sensibles du type tourbière, il faut utiliser des systèmes alternatifs comme le câble aérien afin de permettre de réduire l'impact aux sols.

##### ➤ Le câble mât :

Le débardage par câble consiste à équiper temporairement la parcelle à traiter d'une ligne de câbles, d'une longueur variant de 300 m à 400 m (le plus souvent en montagne) à laquelle seront suspendues les grumes afin de les débarder. Cette technique permet d'éviter la mise en place et l'entretien de voies d'accès à l'intérieur des parcelles et la circulation des engins de débusquage et de débardage dans les peuplements.

Plus douce et moins perturbante pour les sols, la technique devrait donc être amenée à se développer en condition de plaine. Ce procédé, traditionnellement utilisé dans les zones de montagne où les contraintes liées à la pente sont importantes, trouve tout naturellement une nouvelle application dans les zones à protéger au titre des sols.

Les bois peuvent alors être mobilisés avec des dégâts moindres et même lorsque les sols seraient impraticables en utilisant une méthode classique, jusque dans des zones où le bois sera repris par un camion ou une abatteuse.

Les abattages doivent toutefois être orientés de façon à faciliter la sortie des bois tirés par le câble.

Le câble téléphérique constitue actuellement une alternative à l'ouverture de pistes forestières. Cette technique constitue un point important à suivre pour concilier exploitation forestière et respect de l'environnement.

Même si cette technique peut représenter un surcoût pour le donneur d'ordres, l'aspect économique doit être mis en perspective avec les bénéfices, à long terme, sur la productivité et la pérennité des forêts.





*Câble mât*

En Alsace, 4 entrepreneurs possèdent l'équipement nécessaire pour pratiquer le débardage par câble. Ce nombre est amené à se développer.

➤ La traction animale : le cheval :

La traction animale peut être utilisée dans les zones les plus sensibles au niveau du sol mais également en rapport avec une fréquentation du public forte. Elle est malgré tout limitée au niveau des volumes tractables et de la pente dans laquelle la méthode est applicable.

En Alsace, seulement quelques entrepreneurs exercent encore une activité de débardage à cheval. Cette méthode de travail est très ponctuelle et souvent liée à des démonstrations lors de manifestations destinées au grand public.

➤ Les engins légers : le cheval de fer :

Le « cheval de fer » est un engin suédois de petite taille conçu pour travailler principalement dans les premières éclaircies résineuses. Il se déplace à l'aide de larges chenilles en caoutchouc. Ceci explique la très faible pression exercée au sol. Il se déplace à environ 3,5 km/h, soit la vitesse d'un homme ou d'un cheval se déplaçant en forêt.

L'engin peut être équipé d'un treuil, d'une remorque, d'une petite grue ou d'un trinqueballe. Ceci permet de diversifier les travaux qui peuvent être réalisés avec son aide.

Plutôt conçu pour le débardage des premières éclaircies, il permet tout de même de sortir des arbres allant jusqu'à un volume de 1 m<sup>3</sup> sans trop de difficultés.

Cet engin léger n'est pas encore utilisé dans la région, ainsi que plus généralement en France. Cet outil scandinave se développera peut-être dans les années à venir.

Pour conclure, la protection des sols passe, avant tout, par une réflexion en amont de chaque chantier afin d'adapter les périodes de travail, en fonction des conditions météorologiques principalement, et le matériel à utiliser en fonction des conditions spécifiques à chaque chantier (utilisation de pneus basse pression, de tracks, du câble mât, etc.).

La réflexion doit être menée en partenariat entre le gestionnaire qui connaît les spécificités de chaque parcelle et l'ETF qui connaît les solutions techniques qui existent et peuvent être appliquées en fonction des contextes.

#### 4.1.2 Les impacts de la mécanisation au niveau des cours d'eau

Les parcelles forestières sont souvent traversées ou bordées par des cours d'eau qu'il est nécessaire de franchir lors des travaux d'exploitation forestière.

Pratiqué sans ouvrage adapté, le franchissement des cours d'eau par des engins forestiers peut provoquer des dégâts irrémédiables sur les écosystèmes aquatiques : pollution des eaux, dégradation des berges, perturbation de la flore et de la faune...

La loi sur l'eau de 2006 interdit de telles pratiques, et une autorisation ou une déclaration, à déposer auprès de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, est obligatoire pour la mise en place d'ouvrages de franchissement.

Les principales techniques de franchissement temporaires de cours d'eau sont :



*Les tubes de type PEHD (PolyEthylène à Haute Densité) avec rondins (6 kits recensés par l'enquête) (source FCBA)*



*Les rampes métalliques utilisables pour les porteurs et machines de bûcheronnage (source FCBA)*



*Le pont de bois (source FCBA)*

Ces ouvrages de franchissement doivent être complétés par une protection des berges : mise en place d'une importante couche de rémanents de part et d'autre de l'ouvrage.

#### 4.1.3 Les pollutions par les huiles et carburants

Les pollutions par les hydrocarbures concernent les huiles moteur, les huiles hydrauliques, les huiles de chaîne ainsi que le gazole. Ces pollutions peuvent être accidentelles, par exemple en cas de rupture de flexible de circuit hydraulique ou de débordement lors des remplissages.

Dans le cas de l'huile de chaîne, la dispersion de l'huile dans le milieu est inévitable. La consommation journalière d'un bûcheron ou d'une abatteuse est de l'ordre de 4 à 6 l/jour. En France, la consommation annuelle est estimée à environ 10 millions de litres d'huile de chaîne.

Les principales recommandations pour limiter les risques de pollution par les hydrocarbures sont les suivantes :

- entretenir le matériel très régulièrement. Les flexibles et raccords hydrauliques doivent être vérifiés et resserrés régulièrement et dès qu'une fissure apparaît, il faut les changer,
- adopter des systèmes de pompage efficaces qui limitent les risques de fuite au moment des pleins et s'équiper de cuves à double paroi,
- stocker les cuves de carburants et de lubrifiants loin des points sensibles (cours d'eau, fossé...),