



**FORMALISATION ET VALIDATION
DES TECHNIQUES FORESTIERES
UTILISANT LA TRACTION ANIMALE
dans le cadre du Programme « Compétitivité + »**

*Action d'accompagnement
de la Coopérative Forestière du Limousin*

Rapport rédigé par Pierre VAUTHERIN

Septembre 1998

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

9

1ère partie

Présentation de l'étude

10

1. CONTEXTE

11

2. INTERVENTION DU CTBA

12

2.1. Cadre de l'intervention

12

2.2. Accompagnement de la démarche

12

2.2.1. Validation des résultats enregistrés

12

2.2.2. Formalisation des techniques

13

2.2.3. Etablissement des procédures à respecter

13

2ème partie

Validation des résultats enregistrés

14

1. ORIGINE DES DONNEES

15

2. AXES DE RECHERCHE RETENUS

16

SOMMAIRE (suite)

3. RESULTATS ENREGISTRES 17

3.1. Incidence de l'essence 17

3.2. Incidence du volume moyen de la tige exploitée 18

3.3. Incidence des critères spécifiques aux chantiers 19

3ème partie

Formalisation des techniques 21

1. METHODOLOGIE RETENUE 22

2. NOMBRE DE SEQUENCES ENREGISTREES 23

3. CARACTERISTIQUES DES CHANTIERS 24

3.1. Essence 24

3.2. Type de peuplement 24

3.3. Prélèvement 24

3.4. Caractéristiques dimensionnelles des tiges prélevées 25

3.4.1. Diamètre 25

3.4.2. Volume moyen 26

SOMMAIRE (suite)

4. AXE DE RECHERCHE N° 1 - PRODUCTIVITE POTENTIELLE DE LA TRACTION ANIMALE	27
4.1. Analyse des temps productifs directs	27
4.1.1. Déplacement à vide	27
4.1.1.1. Vitesse moyenne de déplacement	27
4.1.1.2. Facteurs limitants	28
4.1.1.2.1. Densité du peuplement restant après exploitation	28
4.1.1.2.2. Pente	30
4.1.1.2.3. Pénétrabilité du peuplement	31
4.1.2. Accrochage de la charge	33
4.1.2.1. Influence de l'essence	33
4.1.2.2. Influence du nombre de perches accrochées	34
4.1.3. Déplacements en charge	35
4.1.3.1. Vitesse moyenne de déplacement	35
4.1.3.1.1. Incidence de l'essence	36
4.1.3.1.2. Incidence du volume de la charge	37
4.1.3.2. Facteurs limitants	38
4.1.3.2.1. Densité du peuplement restant après exploitation	38

SOMMAIRE (suite)

4.1.3.2.2. Pente	38
------------------	----

4.1.3.2.3. Pénétrabilité du peuplement	41
--	----

4.1.4. <i>Déchrochage de la charge</i>	41
--	----

4.2. Autres opérations	43
------------------------	----

4.2.1. <i>Opérations enregistrées sur coupe</i>	44
---	----

4.2.2. <i>Opérations enregistrées sur place de dépôt</i>	46
--	----

4.3. Répartition globale des opérations	47
---	----

4.4. Synthèse	50
---------------	----

5. AXE DE RECHERCHE N° 2 - INTEGRATION DE LA TRACTION ANIMALE AU NIVEAU DE LA RECOLTE DES BOIS	51
---	----

5.1. Complément au niveau du bûcheronnage	51
---	----

5.2. Complément au niveau de la reprise des bois	53
--	----

5.2.1. <i>Bois repris en grandes longueurs</i>	53
--	----

SOMMAIRE (suite)

5.2.2. Bois repris en courtes longueurs	57
5.2.2.1. Billonnage sur place de dépôt	57
5.2.2.2. Chargement des billons	58
5.3. Complément au niveau de la valorisation des produits	59
5.3.1. Grumes laissées en toutes longueurs	59
5.3.2. Bois billonnés	60
5.4. Synthèse	60
6. AXE DE RECHERCHE N° 3 - LA TRACTION ANIMALE ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR LES PEUPELEMENTS FORESTIERS	61
6.1. Préambule	61
6.2. Méthodologie retenue	61
6.3. Risque de blessure lié à la traction animale	62
6.3.1. Incidence de l'essence	62

SOMMAIRE (suite)

<i>6.3.2. Incidence du volume de la charge</i>	64
<i>6.3.3. Incidence de la longueur de débusquage</i>	66
<i>6.3.4. Incidence de la pente</i>	67
<i>6.3.5. Incidence de la pénétrabilité du peuplement</i>	68
6.4. Incidence de la méthode retenue sur le risque de blessure	70
6.5. Synthèse	72

4ème partie

<u>Etablissement des procédures à respecter</u>	74
1. PRODUCTIVITE POTENTIELLE	75
1.1. Incidence des critères	75
<i>1.1.1. Incidence de l'essence</i>	75
<i>1.1.2. Incidence du volume moyen de la perche</i>	76
<i>1.1.3. Incidence de la distance de débusquage</i>	77
<i>1.1.4. Incidence du nombre de tiges restant après exploitation</i>	77
<i>1.1.5. Incidence de la pente (relief)</i>	77

SOMMAIRE (suite)

<i>1.1.6. Incidence de la qualité de la place de dépôt</i>	78
<i>1.1.7. Incidence de l'organisation</i>	78
<i>1.1.8. Synthèse</i>	78
1.2. Résultats	79
1.3. Organisation à retenir	80
2. APPROCHE FINANCIERE	81
2.1. Coût de la mise en oeuvre d'un équipage de débardage par traction animale	81
<i>2.1.1. Décomposition des frais</i>	81
<i>2.1.2. Coût de la mise en oeuvre</i>	83
3. COMPENSATION DU COUT DE MISE EN OEUVRE DE LA TRACTION ANIMALE POUR ASSURER LE DEBUSQUAGE DANS LE PROCESSUS DE RECOLTE DES PERCHES RESINEUSES ISSUES DE COUPES D'ECLAIRCIE SELECTIVES	83
3.1. Préambule	83
3.2. Débusquage des produits	84
<i>3.2.1. Débusquage des perches en toutes longueurs</i>	84
<i>3.2.2. Débusquage de produits billonnés</i>	86

SOMMAIRE (suite et fin)

3.3. Reprise des produits après débusquage	87
3.3.1. Reprise des perches en toutes longueurs	87
3.3.2. Reprise de billons	87
3.4. Aide à l'abattage	87
3.5. Validation des résultats économiques	89

5ème partie

<u>Synthèse de l'étude</u>	93
-----------------------------------	----

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

AVANT-PROPOS

Cette étude entre dans le cadre de l'opération « Compétitivité plus » engagée par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et qui a pour but d'analyser les possibilités d'amélioration sur le plan technique et économique de la filière mobilisation des bois ronds destinés aux industries de premières transformations des bois.

*Elle a été conduite sous l'égide de la **Coopérative Forestière du Limousin**.*

Sa réalisation a été rendue possible grâce au concours d'un ensemble de partenaires que nous tenons à remercier pour l'aide efficace qu'ils nous ont apportée et plus particulièrement Messieurs Philippe FOUGEROUSSE et Pol JASPART meneurs d'équipage de débardage par traction animale (cheval).

1ère Partie

PRESENTATION DE L'ETUDE

1. CONTEXTE

Dans le cadre du programme « Compétitivité + » (C+), la Coopérative Forestière du Limousin (C.F.L.) a présenté sous le couvert d'un ensemble de professionnels de la filière bois limousine un projet d'étude sur la formalisation et la validation des techniques forestières utilisant la traction animale (cheval essentiellement). En effet, il est apparu qu'il existait une opportunité à saisir compte tenu des résultats enregistrés au cours des nombreuses expérimentations réalisées depuis plusieurs années sous l'égide de structures privées.

Au terme de ces travaux, les conclusions qui peuvent se dégager des analyses sont que la traction animale peut représenter :

- Un facteur incitatif pour la mobilisation
- Un facteur qualitatif pour la sylviculture
- Un facteur de productivité et, au-delà, de gains économiques au niveau des travaux de récolte
- Un moyen de modifier l'image des exploitants forestiers qui est trop souvent mal perçue
- Un gisement d'emplois potentiels qui sont souvent intégrés au milieu rural.

Par un courrier en date du 19 Juillet 1996, le Service Régional de la Forêt et du Bois de la région Limousin a informé l'Association Nationale pour le Débardage par la Traction Animale (A.N.D.T.A.) que le comité national de pilotage du programme C+ avait donné un avis favorable pour la réalisation de l'action permettant de chiffrer et de valider économiquement les intérêts du recours à la traction animale. Compte tenu de la spécificité limousine de l'opération, l'A.N.D.T.A. a renvoyé la maîtrise de l'opération à la C.F.L. et aux professionnels locaux.

2. INTERVENTION DU CTBA

2.1. Cadre de l'intervention

Dans la mesure où les expérimentations réalisées depuis de nombreuses années ont été menées sous l'égide de structures essentiellement privées, il est apparu nécessaire de faire appel à un organisme reconnu pour sa neutralité, sa compétence et son impartialité. C'est donc pour cela que le Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (C.T.B.A.) a été retenu dans le projet présenté dans le cadre du programme C+ pour accompagner sur le plan technique la démarche entreprise.

2.2. Accompagnement de la démarche

Pour atteindre les objectifs, il a été convenu de partager le travail du C.T.B.A. en trois phases distinctes :

- validation des résultats enregistrés
- formalisation des techniques
- établissement des procédures à respecter

2.2.1. Validation des résultats enregistrés

Un traitement statistique a été réalisé à partir des résultats enregistrés depuis plusieurs années par la Coopérative Forestière du Limousin en fonction de différents paramètres.

Ce travail a permis d'établir une liste de critères qui ont fait l'objet d'une analyse approfondie par un suivi sur le terrain.

2.2.2. Formalisation des techniques

Un suivi de sites expérimentaux présentant un ou plusieurs éléments d'analyse retenus a été réalisé en partenariat avec les professionnels concernés.

Cette phase a fait ressortir les possibilités techniques de l'utilisation de la traction animale pour le débardage des bois.

De plus, il a été réalisé en parallèle un comparatif des dégâts occasionnés lors des opérations de débardage selon les principales méthodes employées à ce jour par C.F.L. (traction mécanique et traction animale) ; ces travaux ont été menés suivant un protocole de quantification élaboré par un collège européen.

2.2.3. Etablissement des procédures à respecter

A partir de l'analyse des résultats complets enregistrés sur le terrain, une synthèse a été réalisée. Elle définit et justifie les procédures à respecter pour :

- assurer le bon fonctionnement de la technique proposée
- optimiser la mise en place d'une telle technique lors des opérations de récolte des bois ronds
- garantir la pérennité sylvicole des peuplements concernés
- assurer une rentabilité économique aux travaux forestiers ainsi réalisés.

2ème Partie

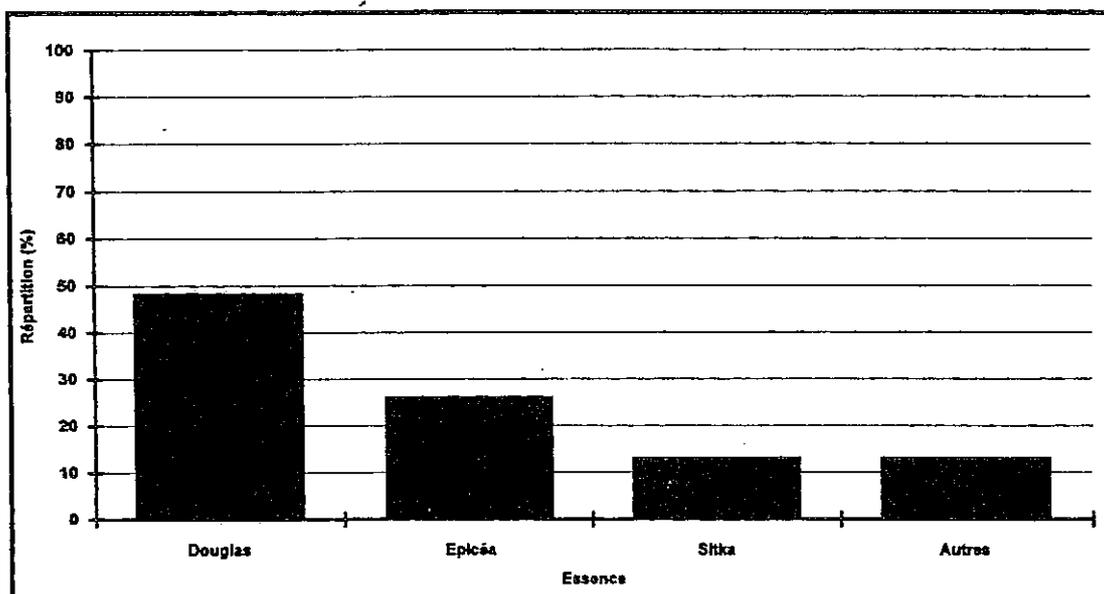
VALIDATION DES RESULTATS ENREGISTRES

1. ORIGINE DES DONNEES

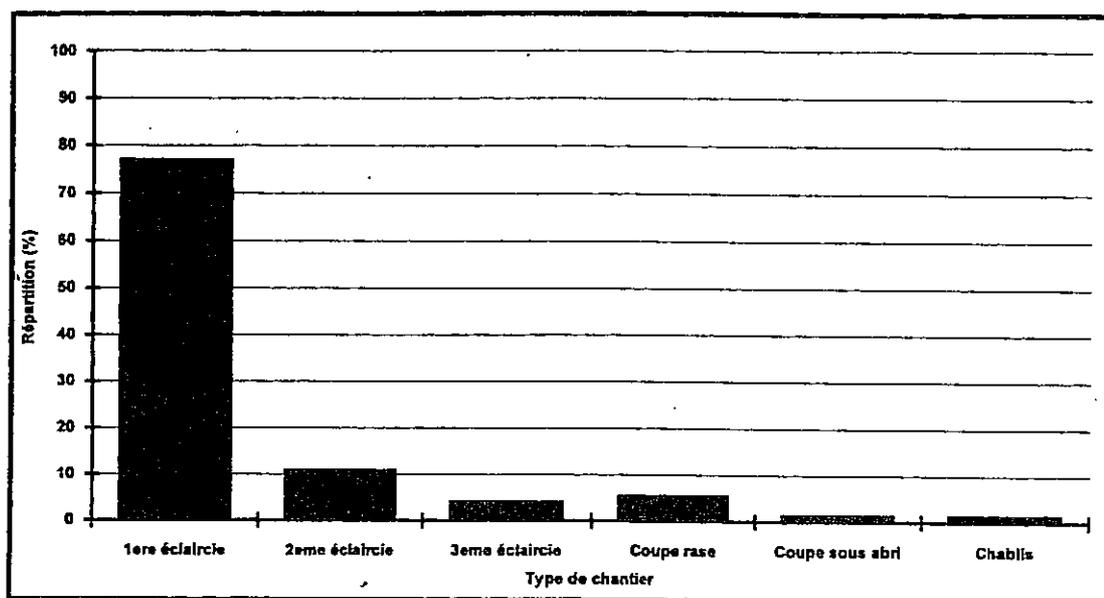
Les données analysées ont été fournies par la C.F.L. à partir de chantiers débardés par la traction animale entre 1992 et 1996.

En fait, l'échantillonnage proposé couvre 74 lots différents. Il représente environ 8.000 m³ de bois exploités composés à 90 % d'essences résineuses pures ou en mélange, et principalement de douglas et d'épicéas (**graphique n° 2.1**) ; les produits récoltés provenaient de coupes d'éclaircies et plus particulièrement de premières éclaircies sélectives (**graphique n° 2.2**).

GRAPHIQUE N° 2.1 : Essences résineuses analysées.



GRAPHIQUE N° 2.2 : Types de chantiers analysés.



2. AXES DE RECHERCHE RETENUS

Afin d'essayer de cerner l'influence de l'ensemble des critères susceptibles d'avoir une réelle incidence sur la productivité enregistrée lors des opérations de débusquage et/ou de débardage à l'aide de la traction animale, l'analyse a porté sur les axes de recherche suivants :

- *l'essence*
- *le volume moyen de la tige débardée*
- *le relief*
- *la distance de débardage*
- *le volume prélevé*

- la densité du peuplement restant après exploitation
- le nombre de tiges prélevées
- la branchaison
- l'adaptation de la place de dépôt
- la qualité du bûcheronnage
- la taille des lots
- la nature du travail demandé

3. RESULTATS ENREGISTRES

PREAMBULE : L'ensemble des résultats enregistrés après analyses a été regroupé dans différents documents qui ont déjà été remis aux membres du comité de pilotage et qui sont néanmoins joints en complément du présent rapport ; les références sont indiquées ci-après :

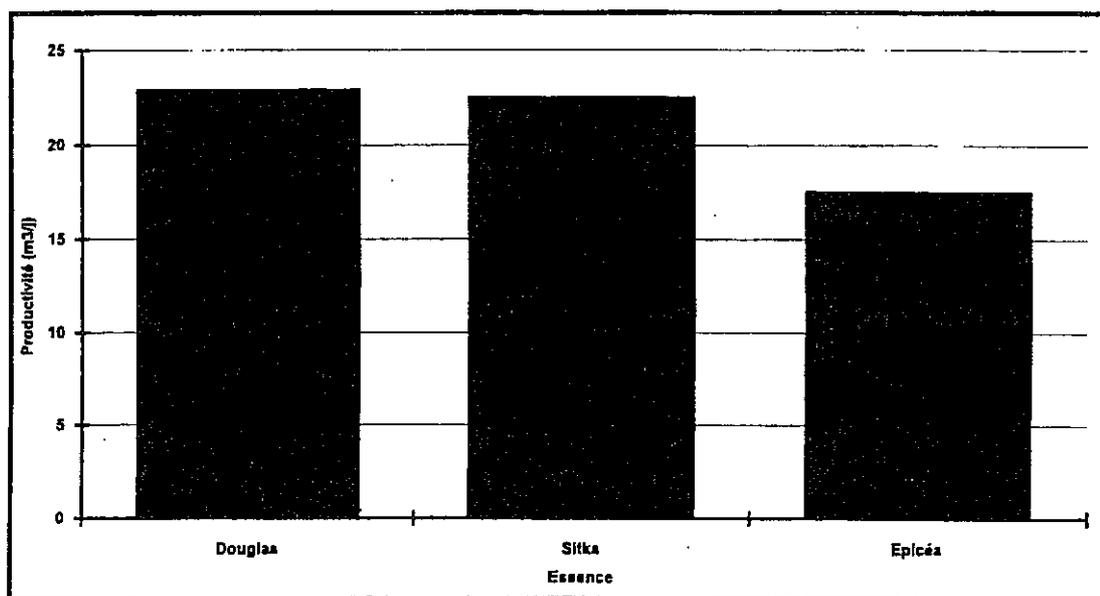
- validation des résultats - CTBA - Mai 1997
- validation des résultats - Annexe - CTBA - Mai 1997
- validation des résultats - Complément de l'analyse - CTBA -
Septembre 1997

Il est cependant intéressant de rappeler ici les principaux enseignements obtenus de l'analyse.

3.1. Incidence de l'essence

L'essence semble devoir jouer un rôle non négligeable sur la productivité journalière moyenne (graphique n° 2.3).

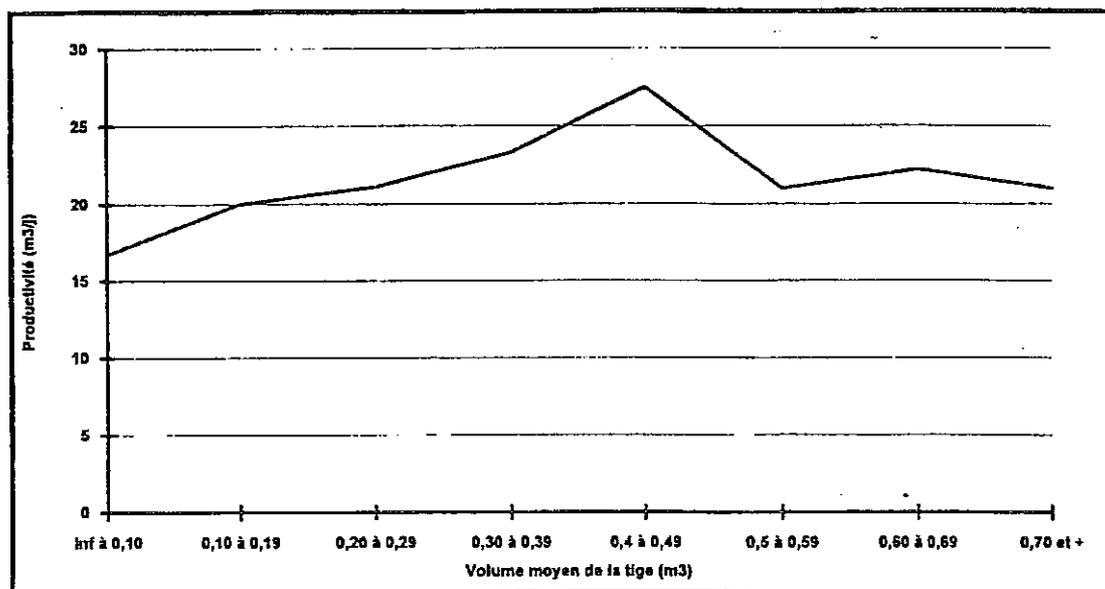
GRAPHIQUE N° 2.3 : Productivités moyennes journalières enregistrées (volume de la tige compris entre 0,15 m³ et 0,25 m³)



3.2. Incidence du volume moyen de la tige exploitée

Le volume moyen unitaire de la perche débardée joue un rôle très important sur la productivité journalière moyenne (graphique n° 2.4).

GRAPHIQUE N° 2.4 : Productivité journalière moyenne en fonction du volume moyen de la tige

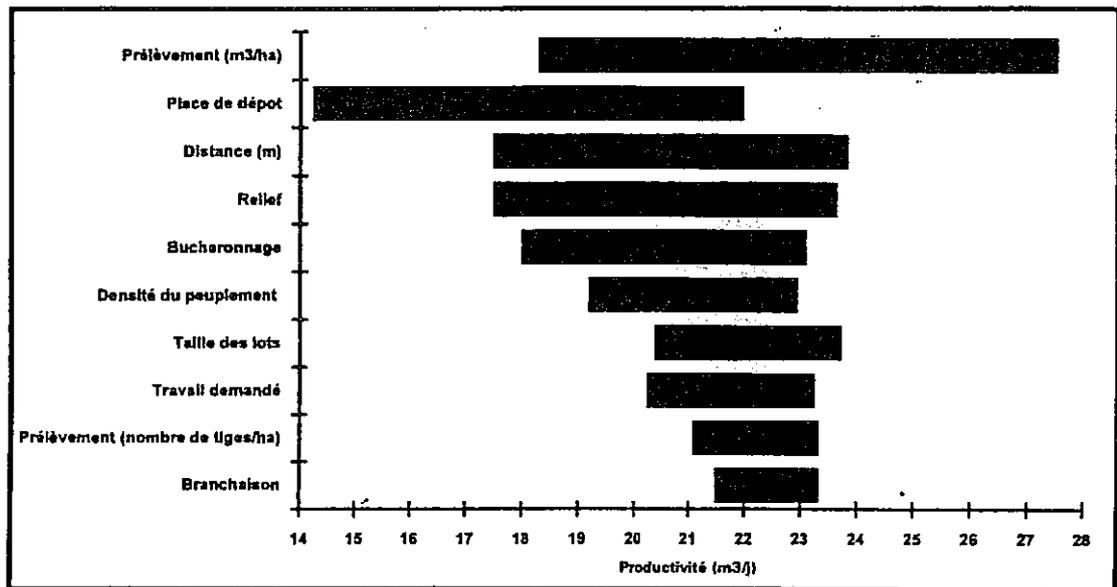


3.3. Incidence des critères spécifiques aux chantiers

A la lecture du **graphique n° 2.5** qui visualise par critère analysé l'amplitude des productivités journalières enregistrées, il apparaît que **les différents critères retenus influent à des degrés différents.**

En effet, alors que le volume prélevé à l'hectare et l'adaptabilité de la place de dépôt semblent faire varier la productivité de l'ordre de 50 %, la branchaison (pénétrabilité du peuplement) ou le nombre de tiges prélevées n'ont qu'une influence toute relative puisque l'amplitude enregistrée varie dans une proportion inférieure à 10 %.

GRAPHIQUE N° 2.5 : Incidence des critères spécifiques aux chantiers sur la productivité journalière



3ème Partie

FORMALISATION DES TECHNIQUES

1. METHODOLOGIE RETENUE

Différents suivis chronométriques en continu de chantiers de récolte ont été réalisés afin de relever un nombre important d'informations sur différents axes de recherche :

- la productivité potentielle de la traction animale au niveau du débardage des bois et les facteurs limitants.
- l'intégration de la traction animale au niveau de la récolte des bois
- la traction animale et son impact environnemental sur les peuplements forestiers.

Chaque suivi a été décomposé en séquences pour lesquelles étaient relevés les éléments suivants :

- **l'essence traitée**
- **le nombre et les caractéristiques dimensionnelles des pièces débardées**
- **la distance de traînage**
- **les différents temps productifs** correspondant aux opérations suivantes :
 - déplacement à vide
 - accrochage de la charge
 - déplacement en charge
 - décrochage de la charge
 - manoeuvre sur coupe
 - aide à l'abattage
 - manutention sur dépôt

auxquels ont été ajoutés les temps d'attente.

- **les principaux éléments liés au chantier**
 - la pente
 - la pénétrabilité du peuplement
 - les obstacles éventuels
 - la qualité de la place de dépôt

- **les blessures occasionnées et leur gravité.**

La notation individuelle de ces données a permis d'effectuer ensuite une analyse sélective pour chacun de ces critères à partir d'un échantillonnage établi sur un nombre important de chiffres ; il a été ainsi possible d'évacuer facilement toute donnée faussée par une quelconque « pollution externe » liée à tel ou tel paramètre extérieur.

2. NOMBRE DE SEQUENCES ENREGISTREES

Deux équipages par traction animale différents ont été suivis ; celui actuellement employé par la C.F.L. et un belge dont le meneur est spécialisé dans ce travail depuis une vingtaine d'années.

Cinq chantiers différents ont été enregistrés ; ce qui représente quelques 800 séquences différentes.

Remarque : le choix de la Belgique s'est imposé dans le cadre de cette étude car le débardage par traction animale est une activité qui y est plus fortement développée qu'en France ; elle fait cependant intervenir une méthode différente à celle retenue par C.F.L. puisqu'elle s'organise à partir de la récolte des bois en toutes longueurs.

3. CARACTERISTIQUES DES CHANTIERS

3.1. Essence

Deux essences différentes ont été recensées : l'épicéa qui couvre environ 55 % des séquences et le douglas.

RAPPEL : Ces deux essences couvrent 75 % de la population débardée par traction animale par la C.F.L.

3.2. Type de peuplement

Les chantiers analysés ont été essentiellement des coupes de premières éclaircies et plus particulièrement d'éclaircies sélectives puisqu'aucun cloisonnement intermédiaire n'a été réalisé.

RAPPEL : Ce type de peuplement représente 78 % de la population débardée par traction animale par la C.F.L.

3.3. Prélèvement

Chaque chantier analysé a présenté des caractéristiques différentes au niveau du nombre de tiges prélevées ; cinq résultats différents variant de 200 tiges/ha à 900 tiges/ha ont été recensés.

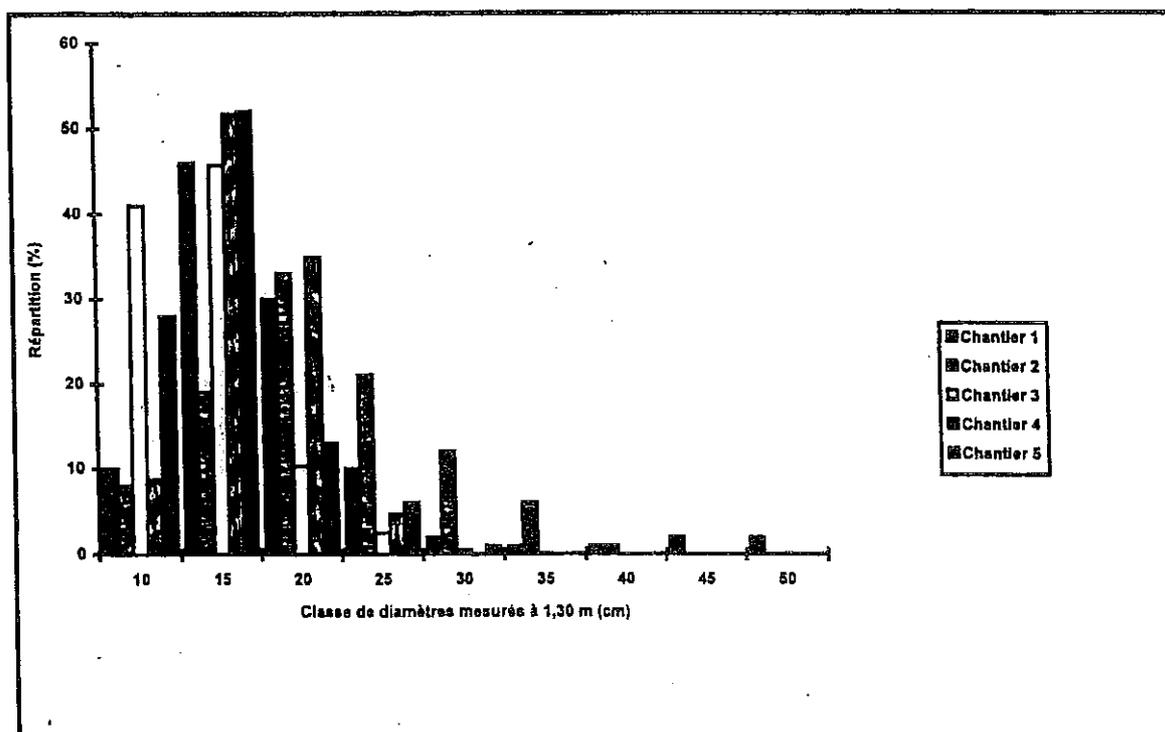
3.4. Caractéristiques dimensionnelles des tiges prélevées

3.4.1. Diamètre

Le graphique n° 3.1 qui visualise la répartition des classes de diamètres mesurés à 1,30 m pour les tiges prélevées fait apparaître que ces dernières étaient essentiellement de petits diamètres ce qui correspond aux caractéristiques de prélèvement enregistrées habituellement dans ce type de peuplement.

En fait, le diamètre moyen établi pour chaque chantier varie de 14 cm à 22 cm.

GRAPHIQUE N° 3.1 : Répartition des classes de diamètre des tiges prélevées



3.4.2. Volume moyen

Cinq volumes différents de la perche moyenne ont été enregistrés ; ils varient de 0,100 m³ à 0,275 m³.

4. AXE DE RECHERCHE N° 1 - PRODUCTIVITE POTENTIELLE DE LA TRACTION ANIMALE

PREAMBULE : *La présente analyse est basée, d'une part, sur la recherche de la productivité optimum potentielle et, d'autre part, sur la détermination de l'influence de facteurs extérieurs.*

C'est pour cela qu'elle se décomposera en deux parties :

- *La productivité optimum*
- *Les facteurs limitant*

De plus, afin de répondre à une demande du comité de pilotage de l'étude, il a été convenu de distinguer les résultats enregistrés en Belgique qui concernent en fait essentiellement l'épicéa.

4.1. Analyse des temps productifs directs

4.1.1. Déplacement à vide

4.1.1.1. Vitesse moyenne de déplacement

La vitesse moyenne de déplacement à vide du cheval déterminée sur les différents chantiers dans les conditions optimales est relativement constante puisqu'elle varie de 2,08 km/h à 2,36 km/h ; ce qui correspond à un écart d'environ 10 %.

Cependant, il convient de retenir que la vitesse s'accroît au fur et à mesure de l'augmentation de la distance parcourue. En effet, le démarrage du cheval est conditionné, d'une part, à la compréhension et à l'interprétation de l'ordre donné par le meneur de l'équipage et, d'autre part, à son positionnement dans l'axe de déplacement. Cela se traduit, dans les faits, par un instant d'immobilité relative entre la réception du son et le début du mouvement.

Aussi, l'importance représentée par ce phénomène évolue à l'intérieur du découpage des opérations retenu en fonction de la durée globale de cette phase des travaux.

C'est ainsi que l'on peut retenir que la vitesse moyenne de déplacement à vide est multipliée par 2,5 entre une distance parcourue de 5 mètres et une de 70 mètres.

4.1.1.2. Facteurs limitants

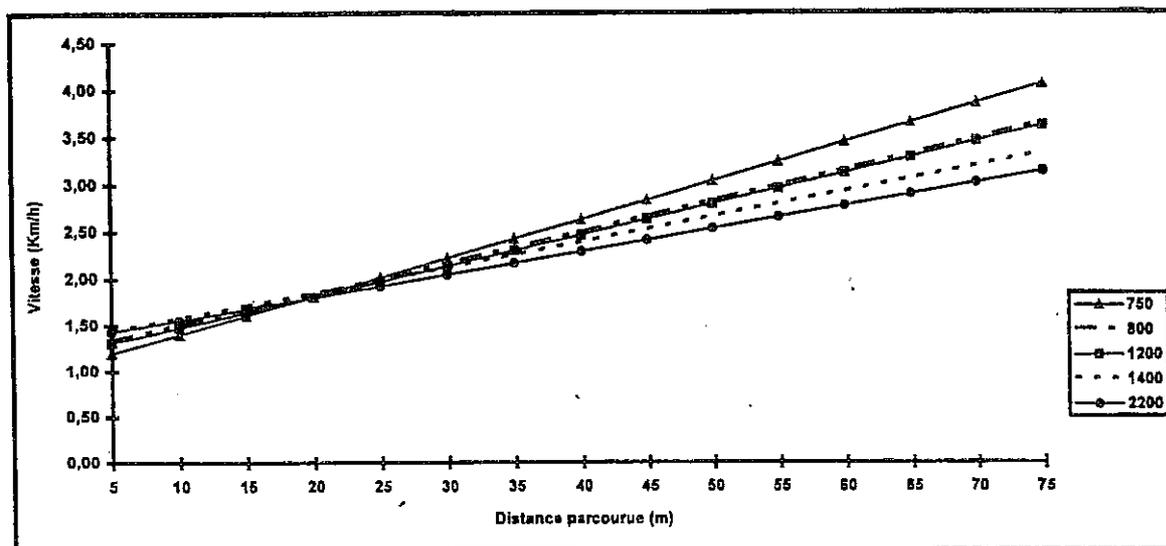
Différents facteurs limitants ont été étudiés :

- la densité du peuplement restant après exploitation
- la pente
- la pénétrabilité du peuplement

4.1.1.2.1. Densité du peuplement restant après exploitation

Le **graphique n° 3.2** visualise les différentes courbes de vitesses de déplacement du cheval à vide, extrapolées à partir des données enregistrées ; les données calculées correspondantes sont regroupées en **annexe n° 1**.

GRAPHIQUE N° 3.2 : Vitesse de déplacement à vide du cheval selon la densité du peuplement restant



A la lecture, il apparaît que le nombre de tiges restant après exploitation a une réelle incidence sur la vitesse de déplacement à vide du cheval et, cela, à partir d'une distance parcourue supérieure à 20 mètres.

Ce phénomène tient essentiellement à la sinuosité relative du parcours effectué pour atteindre le lieu d'accrochage.

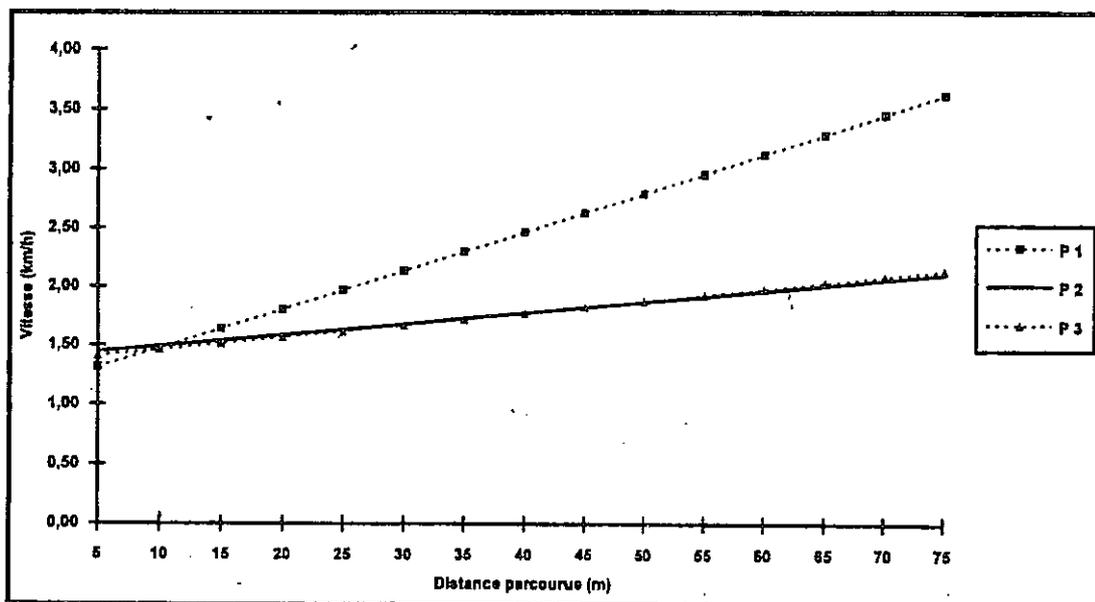
4.1.1.2.2. Pente

Il convient ici de distinguer deux types de pente.

- la montée
- la descente

Si, pour la montée, il n'existe pas de différences notables entre les vitesses enregistrées, il n'en est pas de même pour la descente comme le montre le **graphique n° 3.3** qui visualise les résultats extrapolés à partir des données enregistrées ; les données calculées correspondantes sont regroupées en **annexe n° 2**.

GRAPHIQUE N° 3.3 : Vitesse de déplacement à vide du cheval selon l'inclinaison de la descente



P1 : Pente nulle - P2 : Pente moyenne - P3 : Pente forte -

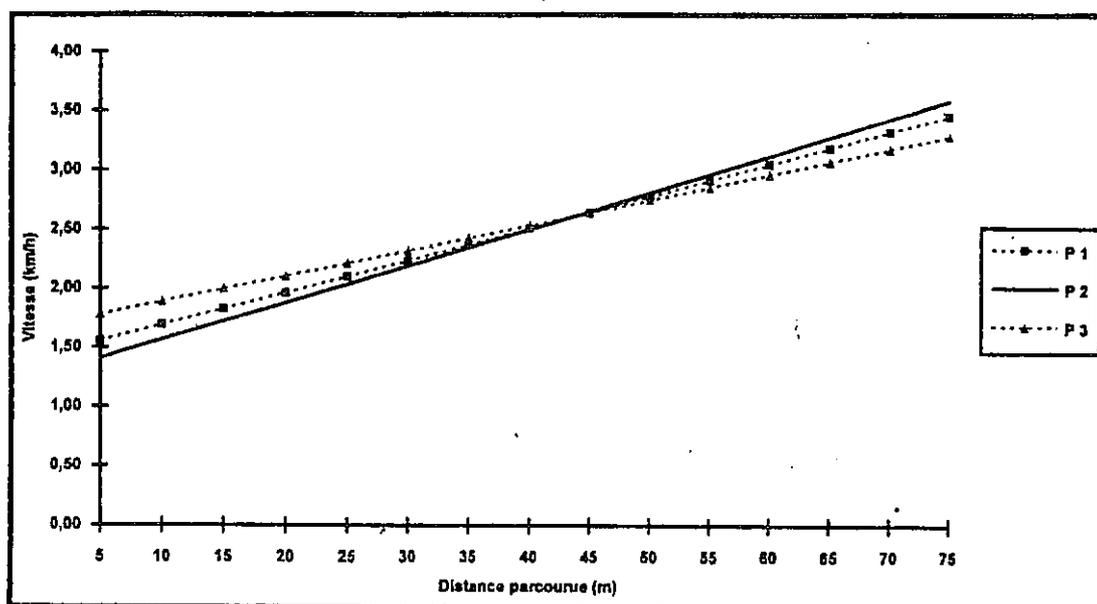
En effet, que ce soit en pente moyenne (P2) ou en pente forte (P3), la vitesse reste relativement constante, mais inférieure à celle enregistrée en terrain plat (P1) ; ceci tient au fait que le meneur ralentit volontairement la marche du cheval afin qu'il ne se laisse pas entraîner vers une vitesse incompatible à tout changement de direction à l'intérieur du peuplement.

4.1.1.2.3. Pénétrabilité du peuplement

Quelque soit l'importance de la branchaison qui peut être plus importante au pied des arbres de certaines essences ou la présence d'obstacles plus ou moins nombreux sur le sol (arbres cassés, rochers, ...), il apparaît que la vitesse de déplacement à vide du cheval reste constante comme le visualise le **graphique n° 3.4** où apparaissent les résultats enregistrés sur terrain propre (P1), terrain moyennement dégagé (P2), ou terrain difficilement accessible (P3) ; les données calculées correspondantes sont regroupées en **annexe n° 3**.

Ce phénomène s'explique par le fait que le meneur de l'équipage choisi souvent d'éviter les obstacles en les contournant ; cela se traduit sur le terrain par un allongement de la distance parcourue cependant difficilement quantifiable.

GRAPHIQUE N° 3.4 : Vitesse de déplacement à vide du cheval selon la pénétrabilité du peuplement



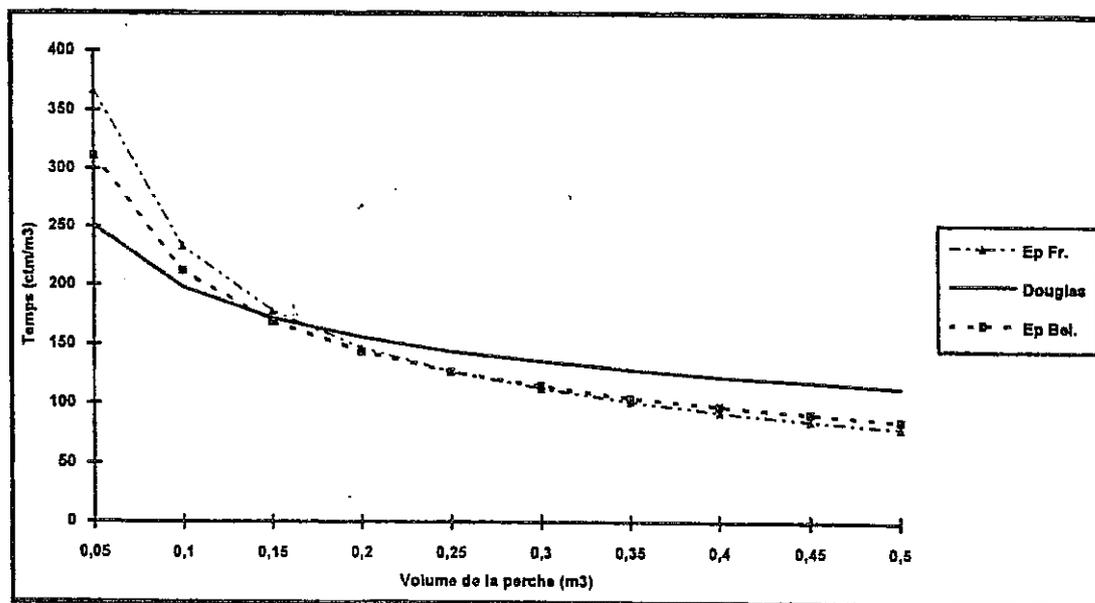
P1 : Absence d'obstacles - P2 : Quelques obstacles - P3 : Nombreux obstacles -

4.1.2. Accrochage de la charge

4.1.2.1. Influence de l'essence

L'essence semble avoir une réelle incidence sur le temps d'accrochage des perches comme le montre le **graphique n° 3.5** sur lequel sont distingués les résultats enregistrés sur les coupes d'Épicéa en France et en Belgique ainsi que sur les chantiers de Douglas ; les données calculées sont regroupées en **annexe n° 4**.

GRAPHIQUE N° 3.5 : Temps d'accrochage de la charge selon l'essence



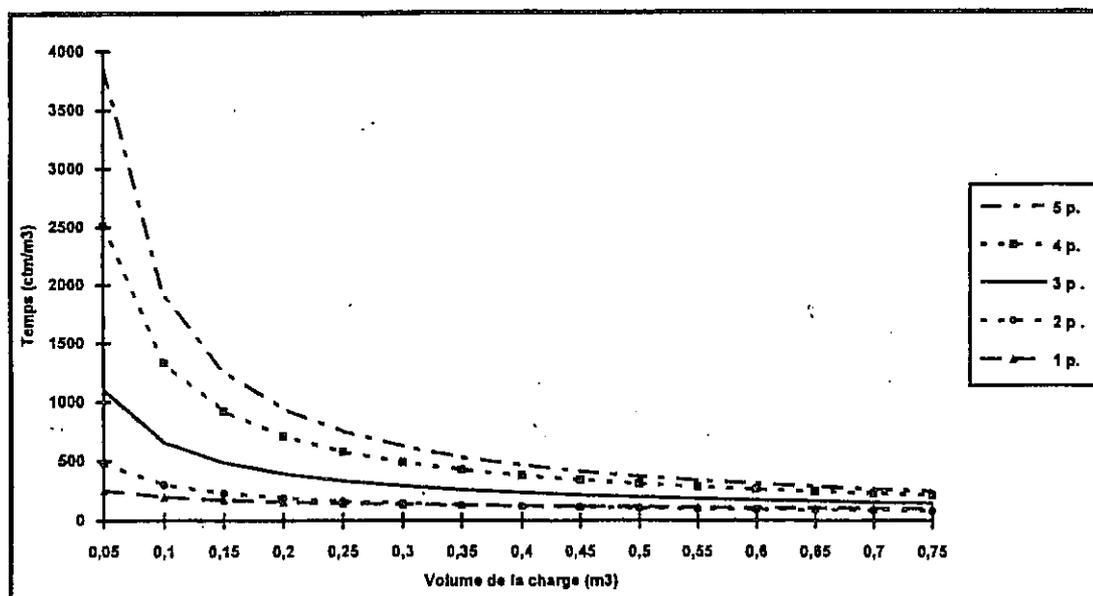
Dans la mesure où il n'apparaît pas d'explications plausibles à ce phénomène, nous ne ferons qu'enregistrer cette tendance.

Par contre, il faut retenir que, quelque soit l'essence, les temps moyens d'accrochage de la charge rapportés au m³ de bois débardé, sont inversement proportionnels au volume des perches.

4.1.2.2. Influence du nombre de perches accrochées

A volume égal, le nombre de perches, accrochées par charge a une influence certaine sur le temps moyen nécessaire rapporté au m³ débardé comme le montre le **graphique n° 3.6** sur lequel sont visualisés les résultats enregistrés ; les données calculées correspondantes sont regroupées en **annexe n° 5**. Ce phénomène est d'autant plus accentué que le volume moyen de la perche diminue. Cela tient au fait que, dans le cas de perches de faibles volumes, l'accrocheur a tendance à regrouper manuellement les pieds qui sont éparpillés. Par contre, aussitôt que le volume augmente, l'accrochage des différentes tiges est réalisé successivement le long de la voie de cheminement de l'équipage ; ce qui réduit toute perte de temps malencontreuse.

GRAPHIQUE N° 3.6 : Incidence du nombre de perches sur la vitesse d'accrochage



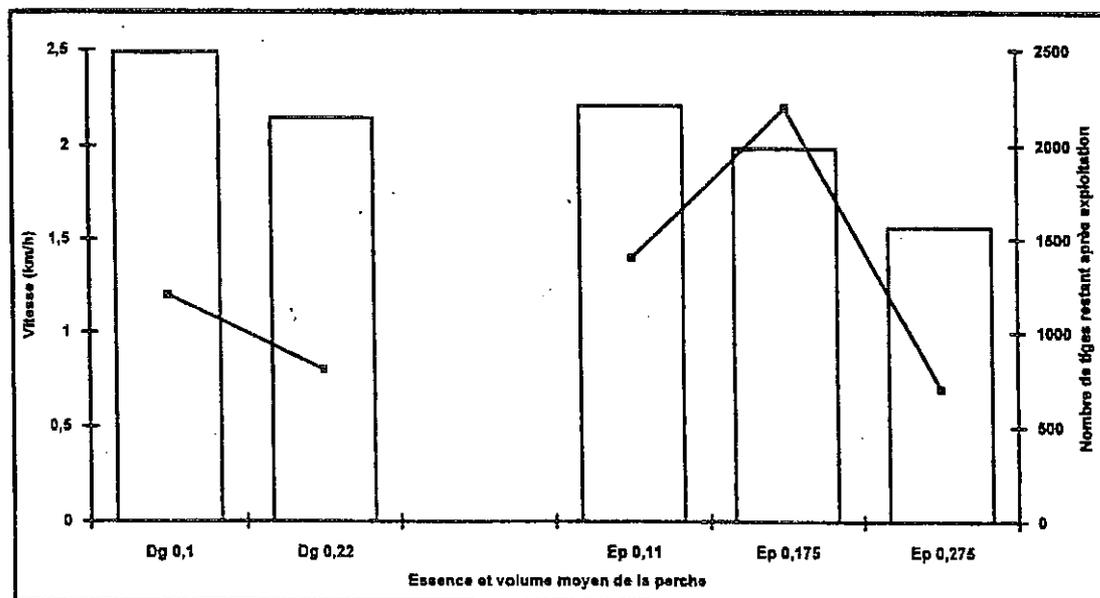
4.1.3. Déplacements en charge

4.1.3.1. Vitesse moyenne de déplacement

La vitesse moyenne de déplacement en charge enregistrée dans les conditions optimales a varié fortement puisqu'elle passe d'environ 1,6 km/h à quelque 2,5 km/h.

Dans la mesure où les distances moyennes sont restées relativement constantes puisqu'elles varient de 25 m à 35 m, l'origine de l'écart enregistré n'est donc pas liée à ce critère mais plus sûrement à l'essence et/ou au volume moyen de la charge débardée comme le montre le graphique n° 3.7.

GRAPHIQUE N° 3.7 : Incidence de l'essence, du volume moyen de la charge et du nombre de tiges restant après exploitation sur la vitesse de déplacement en charge



4.1.3.1.1. Incidence de l'essence

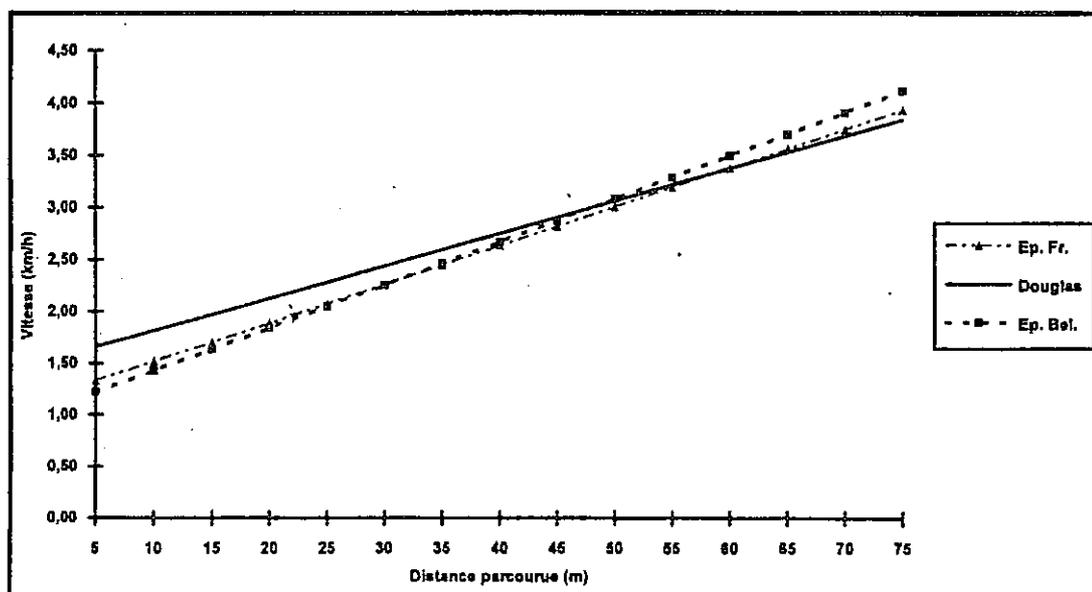
Le **graphique n° 3.8** sur lequel sont visualisées les vitesses optimums de déplacement à charge mises en évidence par essence à l'exclusion de toute perturbation fait apparaître que :

- la vitesse augmente ici encore au fur et à mesure de l'allongement de la distance.
- le débusquage de perches d'épicéa est moins rapide que celui de douglas jusqu'à une distance d'environ 50 mètres. Au-delà, ce phénomène disparaît.

Au-delà, ce phénomène disparaît.

Les données calculées sont regroupées en **annexe n° 6**.

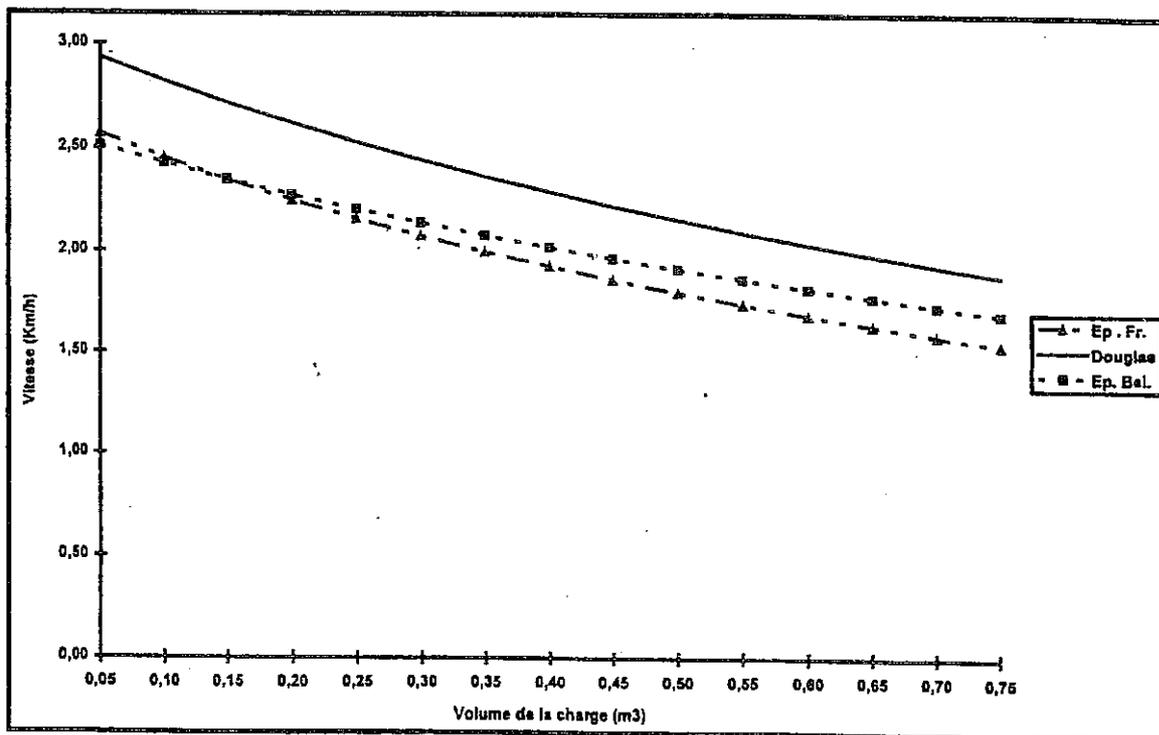
GRAPHIQUE N° 3.8 : Incidence de l'essence sur la vitesse de débusquage



4.1.3.1.2. Incidence du volume de la charge

Le graphique n° 3.9 met en évidence que, sur une distance de 30 mètres et pour les deux essences analysées, le volume de la charge a une réelle incidence sur la vitesse de débusquage ; les résultats calculés sont regroupés en annexe n° 7.

GRAPHIQUE N° 3.9 : Incidence du volume de la charge sur la vitesse de débusquage (distance : 30 m)



4.1.3.2. Facteurs limitants

On trouvera ci-après l'analyse liée aux trois facteurs limitants étudiés précédemment (cf. § 4.1.1.2.), à savoir :

- la densité du peuplement restant après exploitation
- la pente
- la pénétrabilité du peuplement

4.1.3.2.1. Densité du peuplement restant après exploitation

L'analyse de ce critère ne fait pas apparaître de réelle variation au niveau de la vitesse de débusquage ; cela tient au fait que le meneur choisi toujours l'axe le plus rectiligne pour les voies de sorties afin de limiter les courbes, car ces dernières sont par ailleurs souvent synonymes de blessures.

Cela se traduit alors dans les faits par un allongement difficilement quantifiable de la distance de débusquage.

4.1.3.2.2. Pente

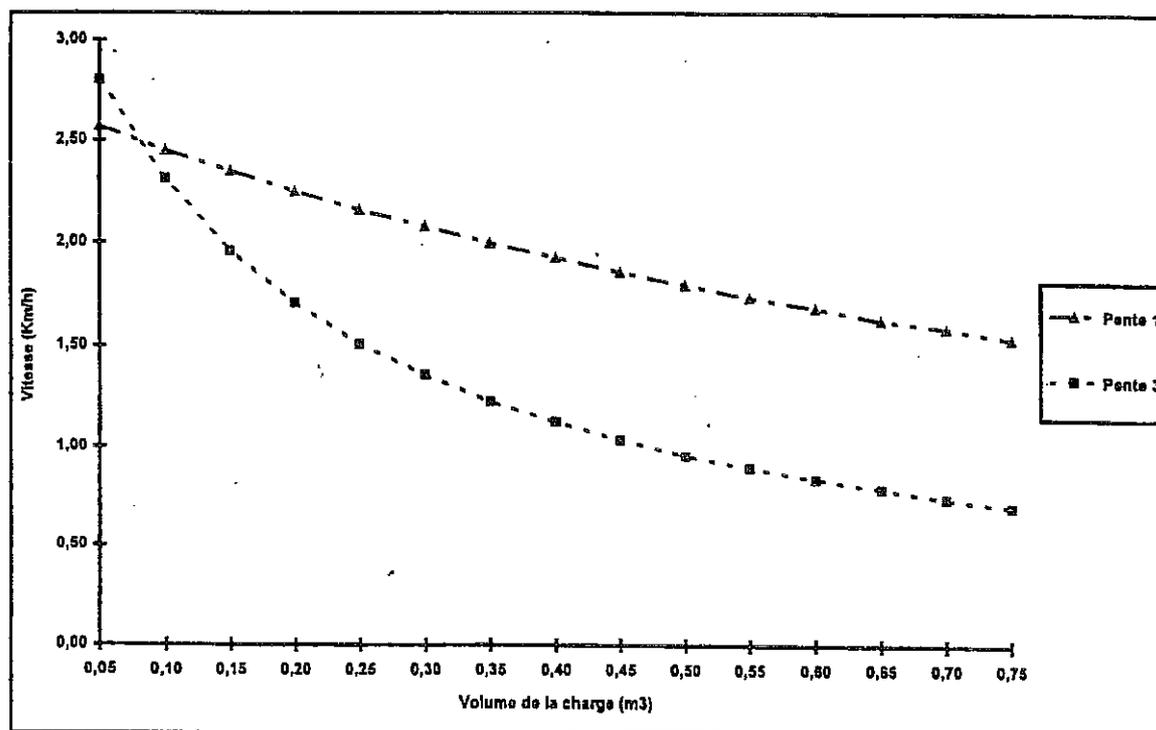
Il convient ici de traiter deux cas différents : la montée et la descente.

MONTEE

Au cours du suivi chronométrique ont été distingués pour l'épicéa deux types d'intervention : le débusquage en terrain plat et celui réalisé en forte pente.

Le **graphique n° 3.10** visualise les vitesses de déplacement en charge sur une distance de 30 m ; les résultats calculés sont regroupés en **annexe n° 8**.

GRAPHIQUE N° 3.10 : Vitesse de déplacement en charge sur terrain plat et sur forte pente (montée)



Pente 1 : Pente nulle - Pente 2 : Pente moyenne - Pente 3 : Pente forte

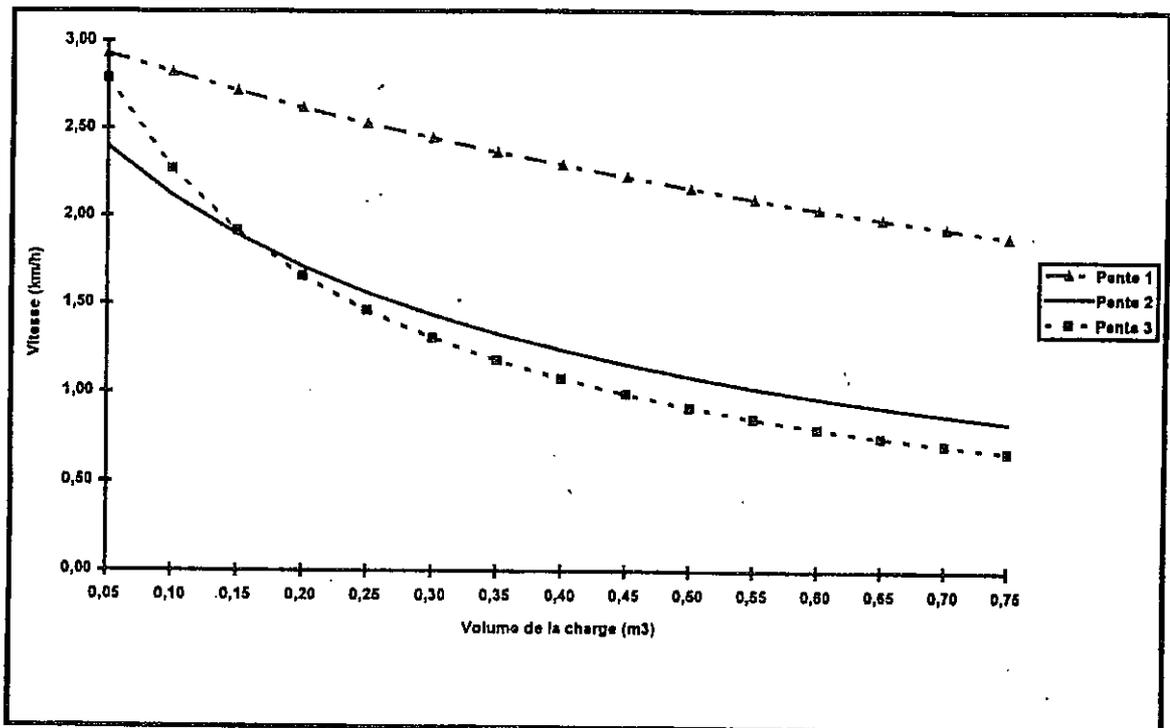
La pente (montée) a donc une incidence réelle sur la vitesse de débusquage ; ce phénomène s'accroît au fur et à mesure de l'augmentation du volume de la charge, et il s'explique logiquement par l'effort plus important qu'il est nécessaire d'appliquer pour assurer cette opération.

DESCENTE

Pour le douglas, trois cas distincts ont pu être analysés dans le cadre du suivi chronométrique à savoir : le débusquage en terrain plat, sur pente moyenne et sur pente forte.

Le **graphique n° 3.11** visualise la vitesse de déplacement en charge enregistrée sur une distance de 30 mètres pour les trois types de chantier distingués : les résultats calculés sont regroupés en **annexe n° 9**.

GRAPHIQUE N° 3.11 : Vitesse de déplacement en charge (descente)



Quelque soit l'importance de la pente, ce paramètre influe sur la vitesse de débusquage et il accentue son incidence au fur et à mesure de l'augmentation du volume de la charge. Il a pour origine le fait que le meneur choisi volontairement de ralentir l'allure du cheval afin de ne pas laisser la charge entraîner par gravité l'équipage, ce qui pourrait s'avérer dangereux pour l'homme, l'animal et le peuplement restant.

4.1.3.2.3. Pénétrabilité du peuplement

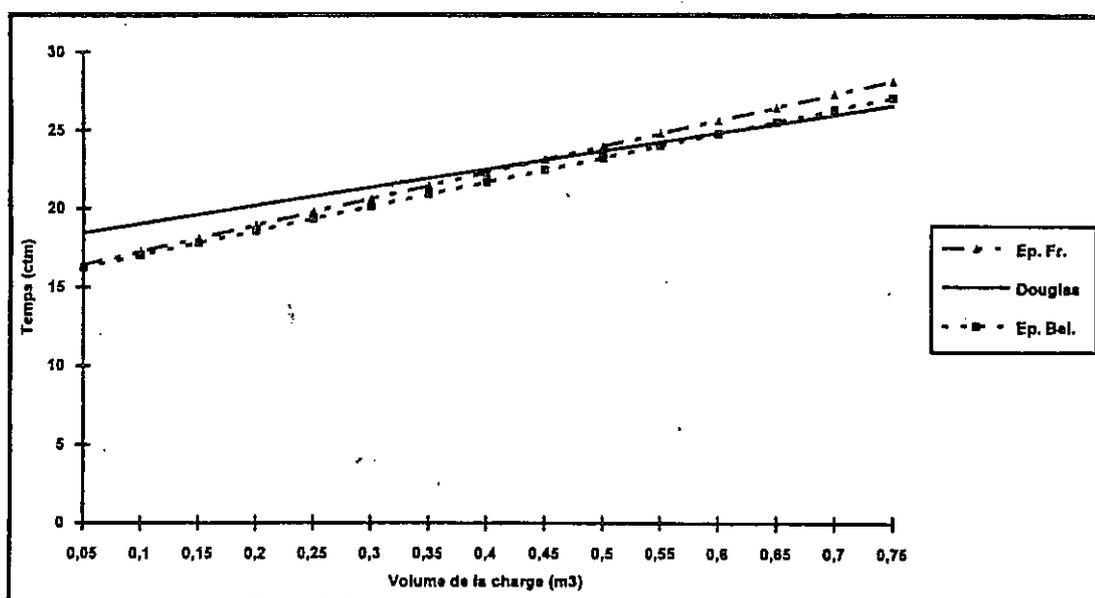
Aux mêmes causes que celles évoquées précédemment (cf. § 4.1.1.2.3.), on retrouvera des effets comparables à savoir que, lorsque la pénétrabilité du peuplement diminue (obstacles, rochers, ...), le meneur recherche toujours la voie la plus facile qui permettra de ne pas ralentir ou arrêter tout déplacement de l'équipage ; cela se traduit uniquement par un allongement difficilement quantifiable de la distance à parcourir.

4.1.4. Décrochage de la charge

Les résultats enregistrés sur les différents types de chantier et qui sont visualisés sur le **graphique n° 3.12** montrent que :

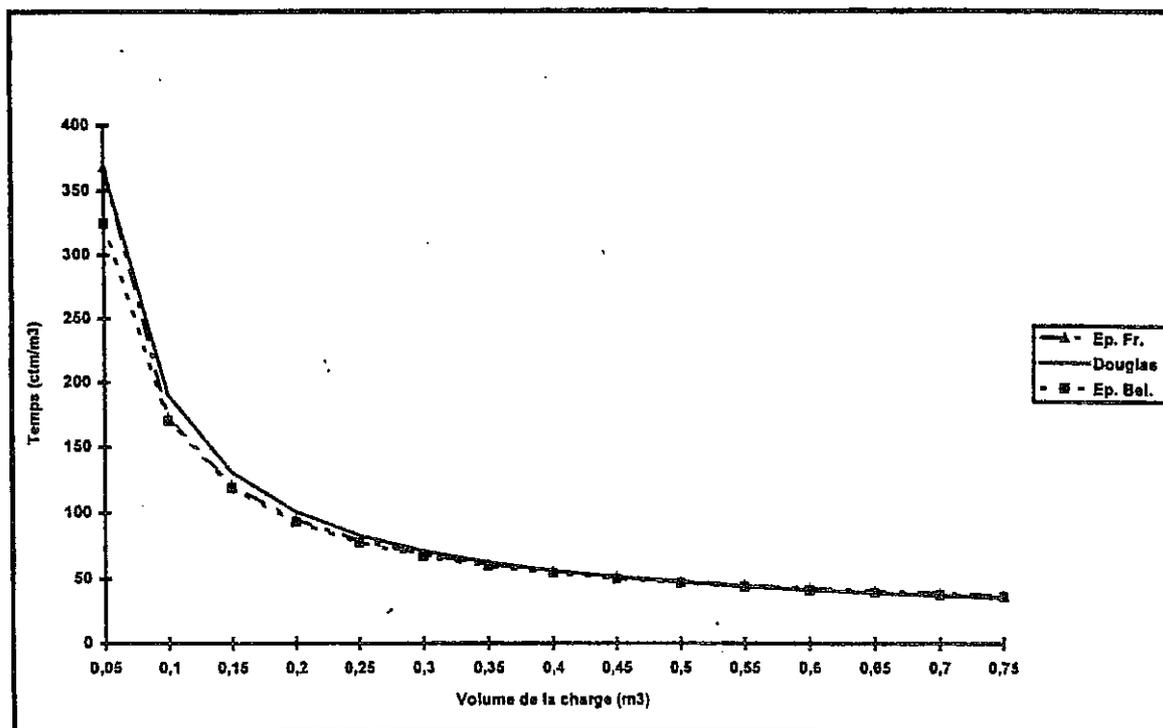
- quelque soit le chantier ou l'essence, les résultats sont peu différents
- les temps enregistrés s'élèvent légèrement au fur et à mesure de l'augmentation du volume de la charge
- mais ils restent toutefois d'une importance limitée puisqu'ils varient de 16 à 25 centièmes de minute.

GRAPHIQUE N° 3.12 : Temps de décrochage de la charge



Par contre, ramené au m³, il apparaît que le volume de la charge a une réelle incidence sur la productivité comme le montre le **graphique n° 3.13** ; les résultats calculés sont regroupés dans **l'annexe n° 10**.

GRAPHIQUE N° 3.13 : Temps de décrochage ramenés au m³



4.2. Autres opérations

On retrouve ici les opérations suivantes :

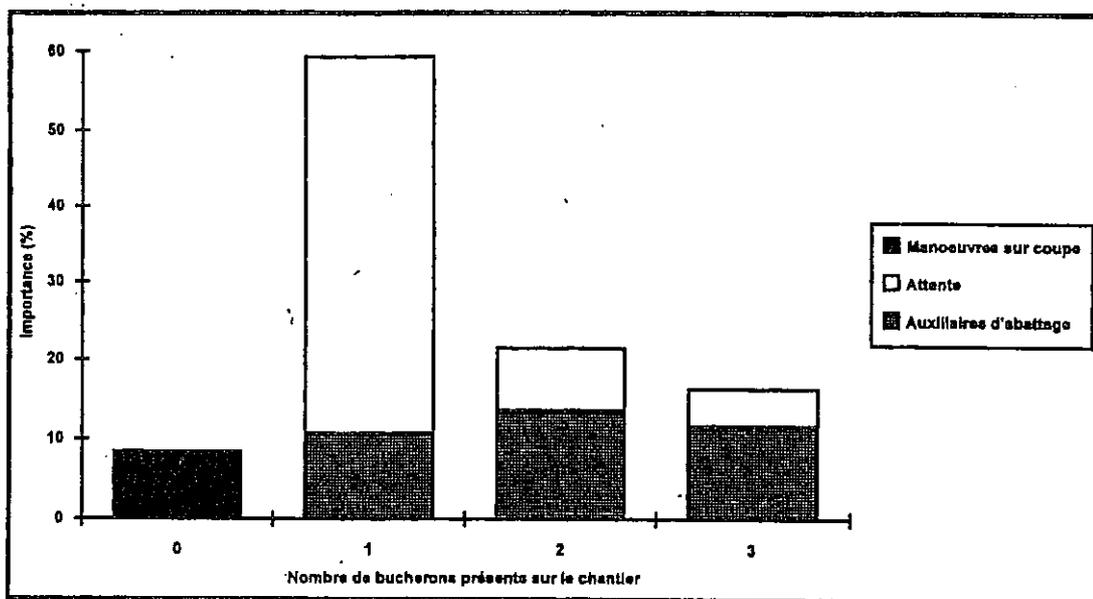
- Aide à l'abattage
- Attente
- Manoeuvre sur coupe
- Manoeuvre sur dépôt

qui seront traitées selon leur lieu d'enregistrement à savoir sur coupe ou sur place de dépôt.

4.2.1. Opérations enregistrées sur coupe

La répartition, par chantier, de l'importance des temps enregistrés selon la nature de l'opération est visualisée sur le **graphique n° 3.14** en fonction du nombre de bûcherons présents sur le chantier.

GRAPHIQUE N° 3.14 : Importance des autres opérations



A la lecture, il apparaît qu'en fait, l'organisation du travail retenue à savoir débardage soit après soit au fur et à mesure du bûcheronnage influe fortement sur les résultats.

C'est ainsi que les manoeuvres sur coupe qui correspondent à l'alignement des perches dans l'axe de sortie ne sont recensées que sur le chantier où le bûcheronnage a été réalisé antérieurement à l'arrivée de l'équipage. Ce phénomène a essentiellement pour origine le fait qu'il n'est pas toujours facile pour l'abatteur de faire tomber les arbres dans la bonne direction compte tenu du peuplement restant (coupe d'éclaircie). Cela se traduit alors par des difficultés de reprise au débardage.

Par contre, les opérations d'aide à l'abattage, qui correspondent au désencrouage des perches dans le peuplement, et les attentes n'apparaissent que sur les chantiers où les travaux de récolte ont été menés simultanément. L'importance prise par chacune d'entre elles dépend alors du nombre de bûcherons opérant sur le chantier, les auxiliaires d'abattage augmentent légèrement en fonction du nombre de bûcherons alors que les attentes enregistrent un phénomène inverse cependant beaucoup plus marqué.

Cela conduit à retenir qu'en cas de travail en partenariat, bûcheron/débardeur, le meilleur compromis semble être une organisation qui fait intervenir simultanément 3 bûcherons pour un équipage de débardage par traction animale.

Remarque : pour tout travail en équipe, les résultats sont toujours liés à une adaptabilité et à des comportements qu'il n'est pas facile à maîtriser.

4.2.2. Opérations enregistrées sur place de dépôt

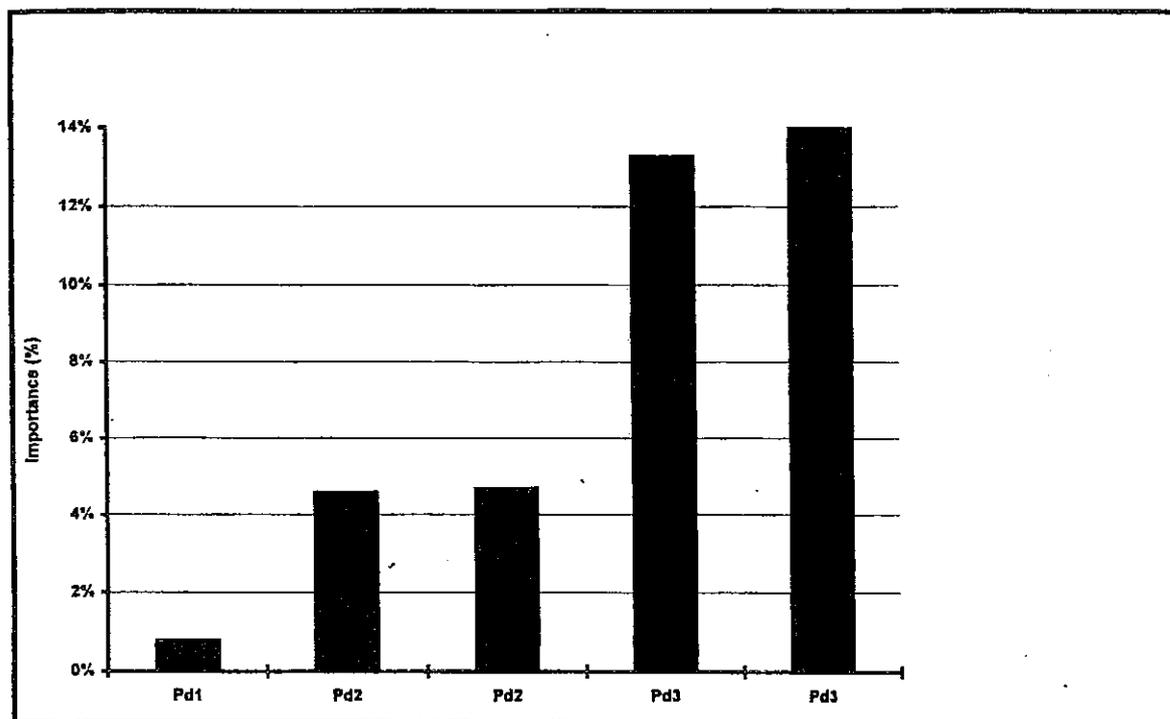
Il s'agit ici essentiellement des opérations liées au rangement des perches débardées sur la place de dépôt.

Il convient alors de distinguer trois cas :

- la place de dépôt aménagée, vaste et spacieuse qui n'impose aucune contrainte particulière au niveau de la reprise ultérieure des bois (Pd1)
- la place de dépôt présentant un espace relativement limité qui entraîne quelques manoeuvres pour déposer les produits (Pd2)
- la place de dépôt non adaptée à la taille du chantier et/ou à la reprise ultérieure des bois et qui impose un rangement soigné des produits (Pd3) réalisé au fur et à mesure de leur sortie.

Le **graphique n° 3.15** qui visualise l'importance des temps nécessaires à la réalisation des manoeuvres au regard du temps de travail global selon la nature de la place de dépôt fait apparaître que cet élément a un impact non négligeable sur la productivité de l'équipage puisqu'il peut la faire chuter de 15 %.

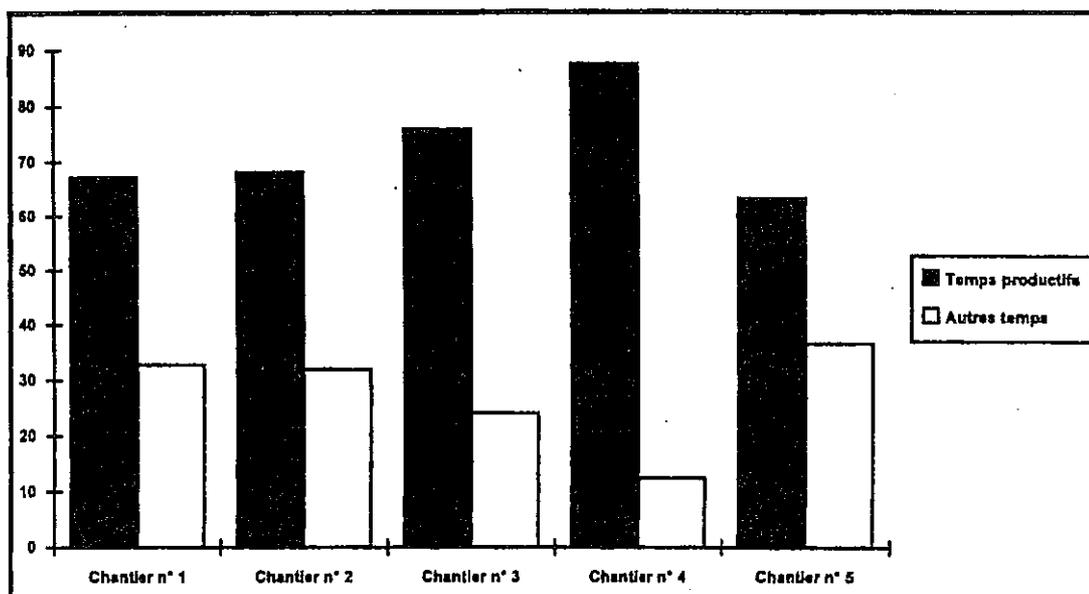
GRAPHIQUE N° 3.15 : Importance des temps de manoeuvre sur place de dépôt



4.3. Répartition globale des opérations

Le **graphique n° 3.16** visualise selon les différents chantiers l'importance respective des deux grandes familles de temps analysées.

GRAPHIQUE N° 3.16 : Répartition globale des différents temps



Les différences qui apparaissent dépendent essentiellement soit des conditions d'exploitation liées aux chantiers soit de l'organisation retenue ; paramètres évoqués précédemment (cf. § 4.2.).

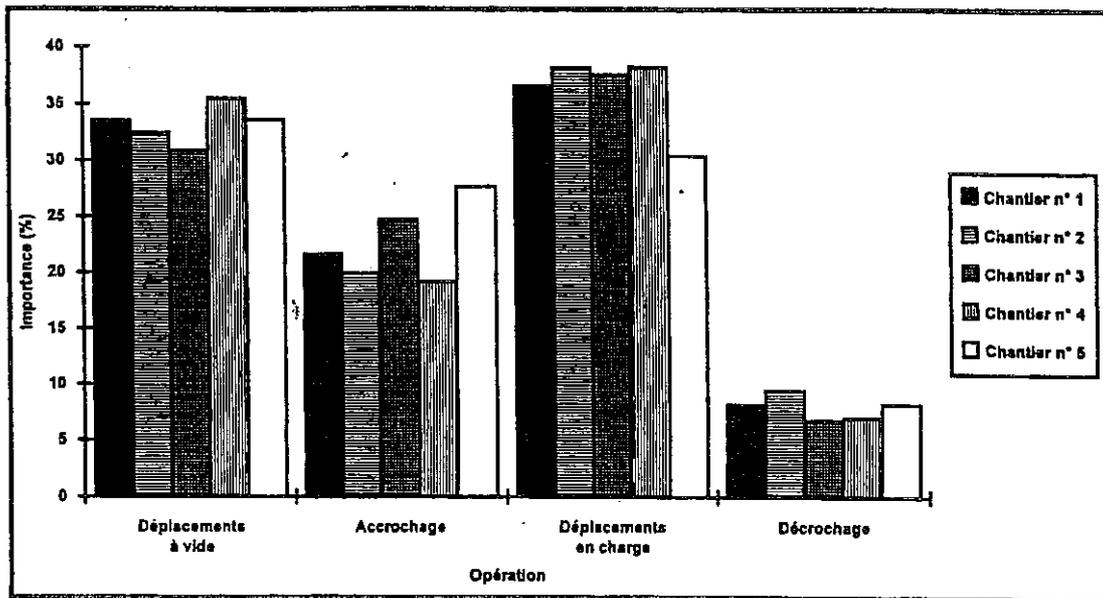
En effet, la ventilation des différentes phases classées dans les temps productifs reste une répartition relativement homogène selon les chantiers comme le montre le **graphique n° 3.16**.

Ainsi, on peut retenir que les temps productifs représentent entre 65 % et 85 % du temps global de travail (hors incidents)

Ils peuvent se décliner ainsi :

Déplacements à vide ou en charge	: 2/3 des temps productifs
Accrochage	: 1/4 des temps productifs
Décrochage/mise en tas	: inférieurs à 10 % des temps productifs

GRAPHIQUE N° 3.17 : Temps productifs - Importance des différentes phases



4.4. Synthèse

On trouvera dans le **tableau n° 1** les principaux éléments techniques mis en évidence dans cette approche.

TABLEAU N° 1 : Principaux éléments techniques

OPERATION	IMPORTANCE/ TEMPS DE TRAVAIL (%)	FACTEUR		
		favorisant	pénalisant	à influence limitée
TEMPS PRODUCTIFS (63,3 % à 87,5 %)				
Vitesse de déplacement à vide	21 à 31	- Allongement de la distance	- Nombre de tiges restant après exploitation - Descente	- Montée - Pénétrabilité du peuplement
Accrochage de la charge	13 à 19	- Augmentation du volume des perches	- Augmentation du nombre de perches - Essence	-
Vitesse de déplacement en charge	19 à 29	- Allongement de la distance	- Essence sur courte distance - Volume de la charge - Montée - Descente	- Nombre de tiges restant après exploitation
Décrochage de la charge	5 à 7	- Augmentation du volume de la charge	-	- Essence
AUTRES TEMPS (12,5 % à 36,7 %)				
Manoeuvre sur coupe	0 à 8	Abattage/débardage réalisé simultanément	Adaptabilité des intervenants	-
Attente	5 à 8 (5 à 50)	Abattage réalisé avant le débardage	Nombre de bûcheron limité	-
Auxiliaire d'abattage	10 à 14	Abattage réalisé avant le débardage	Nombre de bûcheron limité	-
Manoeuvre sur dépôt	1 à 14	Place de dépôt adaptée	-	-

5. AXE DE RECHERCHE N° 2 : INTEGRATION DE LA TRACTION ANIMALE AU NIVEAU DE LA RECOLTE DES BOIS

Trois directions distinctes ont été retenues au niveau de l'analyse car il convenait, en fait, de rechercher l'intérêt de la mise en oeuvre d'un équipage de débardage par traction animale en complément des autres intervenants rencontrés dans le processus global de la récolte forestière au niveau :

- des opérations de bûcheronnage
- de la préparation des opérations de reprise des bois éventuelle après débusquage des perches dans un cloisonnement
- de la différence de productivité avec un tracteur de débardage.

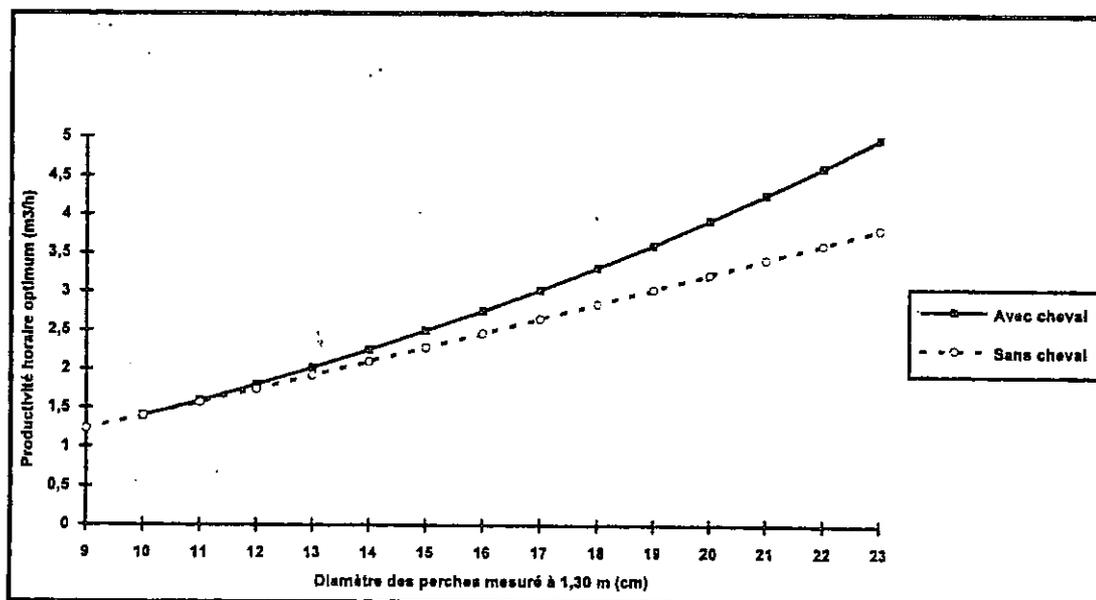
5.1. Complément au niveau du bûcheronnage

Dans une coupe d'éclaircie sélective, un des problèmes les plus importants au niveau du bûcheronnage manuel reste l'encrouage des perches au moment de l'abattage dans le peuplement restant sur pied. Ce phénomène pénalise fortement la productivité des abatteurs, augmente la pénibilité de l'opération et n'assure pas toujours un travail de qualité satisfaisante au niveau de la direction de chute des arbres au regard de l'axe de sortie des bois.

Le travail en partenariat du/des intervenants concernés avec un équipage de débardage par traction animale permet, à partir d'une entente concertée et maîtrisée, de transférer la réalisation des travaux nécessaires à l'opération de désencrouage du bûcheron vers le cheval; ce dernier opère lors d'un passage à proximité immédiate des perches concernées tout en orientant l'arbre dans l'axe de sortie. Ainsi, le bûcheron voit réduire ses temps improductifs au profit de temps réellement productifs car il peut continuer son travail en abattant d'autres perches ; ce phénomène est d'autant plus marqué que le diamètre des arbres augmente.

Le **graphique n° 3.18** visualise les différences enregistrées au niveau de la productivité au bûcheronnage lors du suivi du même opérateur sur différents chantiers selon l'organisation retenue.

GRAPHIQUE N° 3.18 : Variation de production au bûcheronnage en première éclaircie selon l'organisation retenue



A titre d'information, on peut estimer ainsi que la productivité au niveau du bûcheronnage a été augmentée d'environ 15 % (+ 7 % à + 22 %) sur l'ensemble des chantiers où le travail en partenariat a été suivi.

Différents travaux réalisés par le C.T.B.A. et dont on retrouve les résultats dans les études publiées par C. ROTARU, montrent que les opérations d'abattage et de façonnage des perches en premières éclaircies représentent environ 55 % du temps de travail productif des bûcherons.

On peut donc raisonnablement estimer que, dans le cas présent, le gain global moyen de la productivité enregistré au niveau du bûcheronnage, s'élève à environ 8 % (+ 6,5 à + 12 %).

5.2. Complément au niveau de la reprise des bois

5.2.1. Bois repris en grandes longueurs

Cette organisation, qui semble être celle principalement retenue sur les exploitations belges n'entraîne pas de travail particulier si ce n'est le conditionnement des perches en javelles posées sur un sous trait s'il y a une reprise ultérieure par un débusqueur.

Néanmoins, et dans la mesure où la place de dépôt est adaptée, il y a toujours recherche d'optimisation du travail de l'opérateur suivant. Cela se traduit soit par la préparation de charges d'un volume d'environ 4 m³ en cas de reprise par un débusqueur, soit par la réalisation de piles de volumes conséquents lors d'un stockage directement au bord d'une piste accessible aux ensembles de transport.

Dans le premier cas, une enquête menée auprès des professionnels locaux a mis en évidence la division par 3 du seul coût de débardage des bois avec un tracteur après débusquage par traction animale par rapport à la méthode traditionnelle qui met en oeuvre un engin mécanique pour assurer successivement le débusquage puis le débardage des perches.

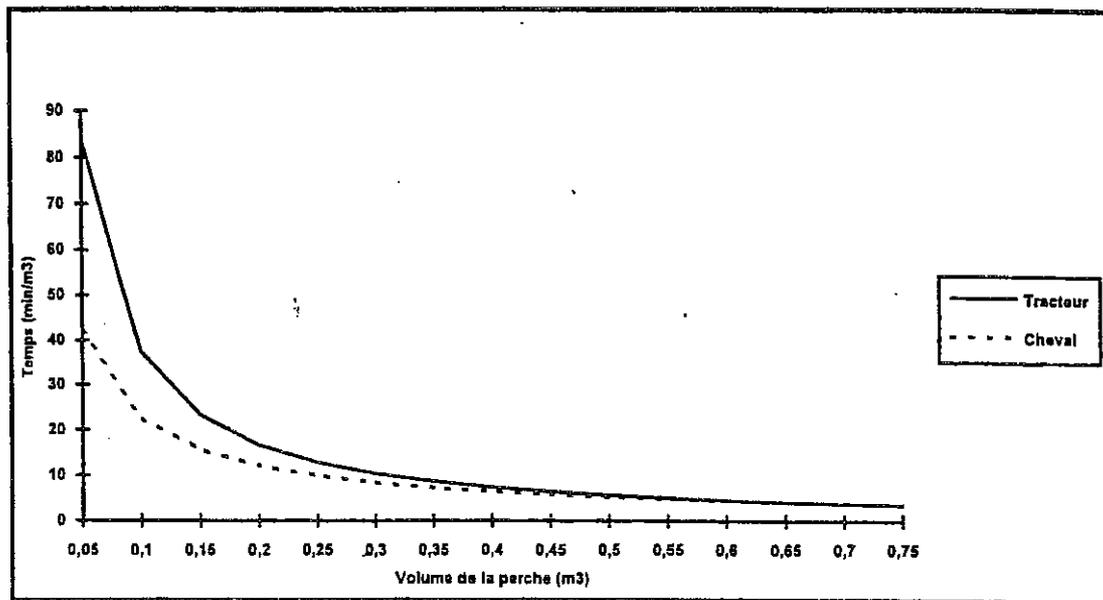
Pour le second cas, le débusquage peut être assimilé au débardage. Le comité de pilotage de l'étude qui s'est réuni le 3 Avril 1998 a souhaité la réalisation, à ce niveau d'un comparatif. Ce travail a été effectué sur une coupe d'éclaircie partagée en deux parties réservées chacune à l'une des méthodes retenues à savoir débusquage/débardage soit par traction animale soit par tracteur.

Les conditions d'exploitation étant relativement identiques, un travail similaire a été demandé à chaque conducteur : débusquage des perches jusqu'à la place de dépôt et aide à l'abattage pour les arbres encroués.

Au niveau des temps productifs ramenés à la perche débardée, il apparaît, comme le montre le **graphique n° 3.19**, que le tracteur a une productivité inférieure à celle de l'équipage par traction animale ; le phénomène est d'autant plus accentué que le volume de la perche est moindre.

L'ensemble des résultats calculés sont regroupés dans **l'annexe n° 11**.

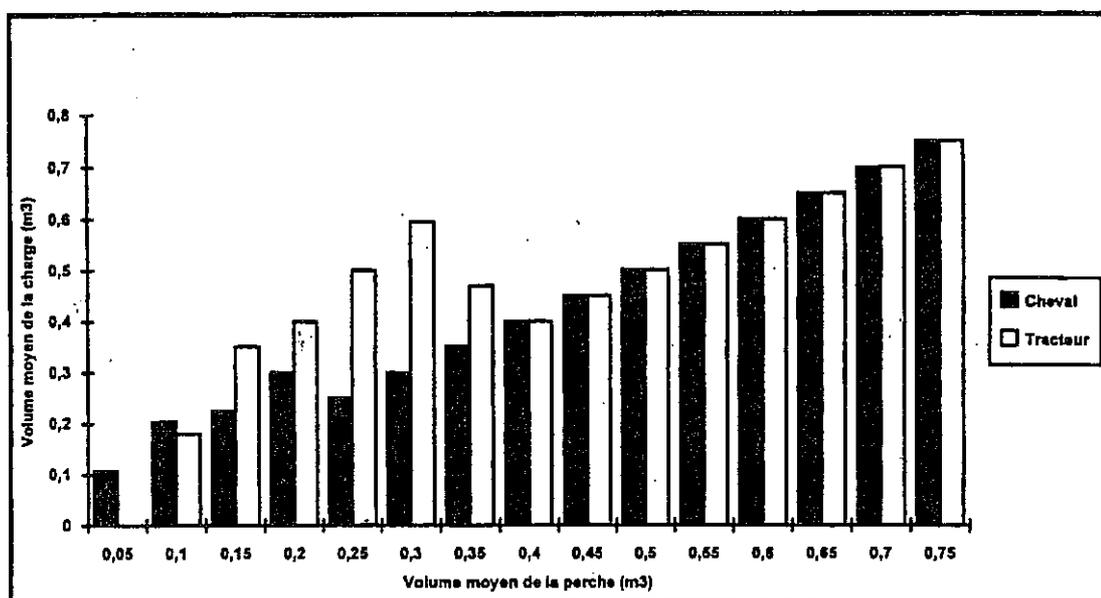
GRAPHIQUE N° 3.19 : Temps productifs nécessaires sur une distance de 30 m



Il convient cependant de corriger l'écart enregistré par le fait que la charge moyenne relevée pour le tracteur qui s'élève à $0,45 \text{ m}^3$, est deux fois plus importante puisqu'elle n'est que de $0,225 \text{ m}^3$ pour l'équipage par traction animale.

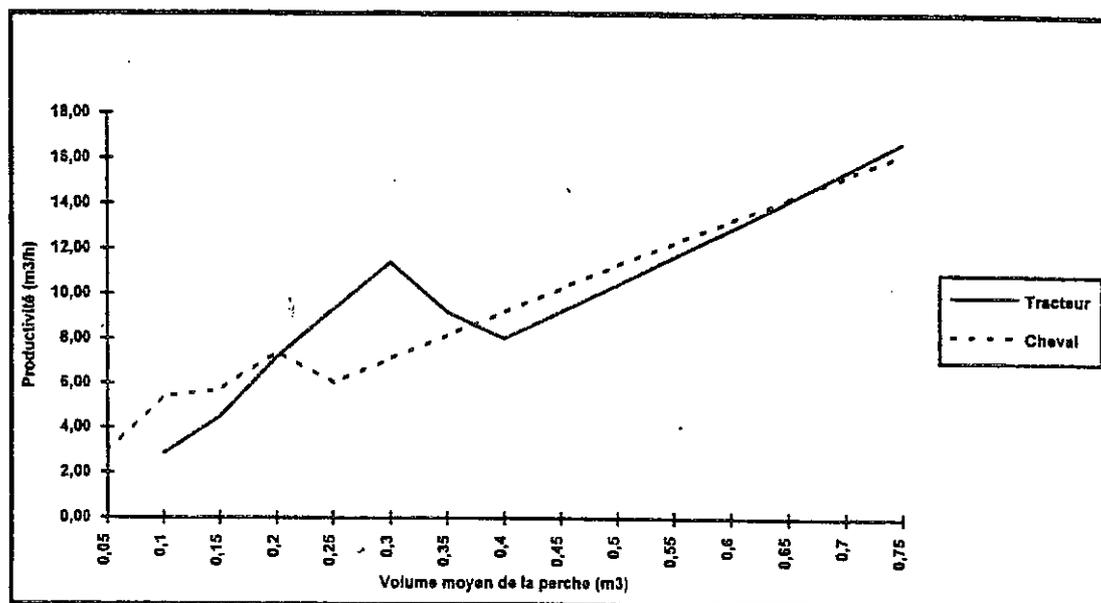
En effet, comme le montre le **graphique n° 3.20**, il y a, au niveau du tracteur, un volume plus important de la charge débardée principalement lorsque le volume de la perche est inférieur à $0,35 \text{ m}^3$.

GRAPHIQUE N° 3.20 : Volume de la charge en fonction du volume de la perche



Aussi, pour ce qui est de la productivité optimum, cela se traduit par un certain rééquilibrage comme le montre le **graphique n° 3.21** où il apparaît que la traction animale reste plus intéressante lorsque le volume moyen de la perche est inférieur à 0,15 m³ ; entre 0,20 m³ et 0,35 m³, le tracteur prend la relève et, au-delà, il y a équilibre.

GRAPHIQUE N° 3.21 : Productivité optimum au débusquage sur une distance de 30 mètres



5.2.2. Bois repris en courtes longueurs

5.2.2.1. Billonnage sur place de dépôt

Cette organisation entraîne la réalisation du billonnage des perches en bord de piste avec empilage des billons.

Si, sur le plan technique, le changement de lieu de réalisation de l'opération de billonnage n'entraîne pas de différence fondamentale de productivité, par contre, il apparaît une réelle différence au niveau des temps enregistrés liés à l'empilage.

En effet, à partir de différents travaux réalisés par le CTBA, on peut estimer que cette durée est réduite de moitié selon qu'elle soit réalisée sur le lieu d'abattage ou sur la place de dépôt.

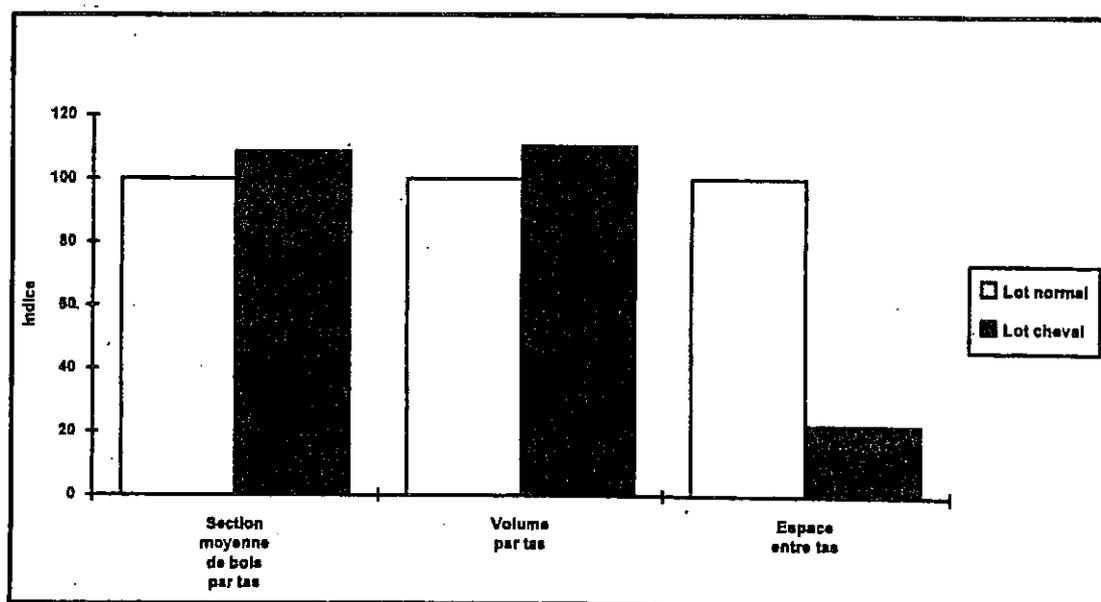
C. ROTARU fait apparaître que les temps d'empilage des billons récoltés à partir des coupes d'éclaircies résineuses représentent quelque 35 % des temps productifs ; **on peut donc estimer que, dans le cas présent, le gain global moyen de productivité enregistré au niveau de l'empilage est voisin de 15 %.**

5.2.2.2. Chargement des billons

A partir d'un comparatif entre deux chantiers de coupes d'éclaircies résineuses réalisés par la même équipe de bûcheron, l'analyse des conditions de reprise des billons après billonnage et empilage a permis de conclure qu'avec un prélèvement identique et après débusquage des perches par traction animale :

- la confirmation des tas est meilleure,
- le volume des tas est plus important,
- l'écart entre les tas diminue fortement comme l'indique le graphique n° 3.22.

GRAPHIQUE N° 3.22 : Conditions de reprise des bois



Ces différents éléments laissent espérer des gains de productivité au niveau; d'une part, des opérations de chargement et, d'autre part, à celles de mise en place et de départ du porteur forestier des zones de chargement.

A partir des travaux réalisés par C. ROTARU et P. VAUTHERIN, on peut raisonnablement estimer que, dans le cas présent, le gain de productivité global moyen enregistré au niveau de la reprise des bois s'élève à un minimum de 5 %. Cependant, une étude approfondie complémentaire ferait apparaître les proportions exactes des gains potentiels.

5.3. Complément au niveau de la valorisation des produits

5.3.1. Grumes laissées en toutes longueurs

Les exploitants forestiers belges rencontrés, qui retiennent comme organisation l'exploitation de perches résineuses en toutes longueurs issues de peuplements éclaircis, affirment obtenir, après traitement de celles-ci sur un parc à bois adapté, un supplément de valorisation non négligeable par rapport à l'exploitation traditionnellement rencontrée en France qui fait intervenir le billonnage sur les lieux de récolte ; celle-ci compense largement financièrement le coût du débusquage des bois par traction animale.

D'après eux, ce phénomène est lié, d'une part, à une meilleure optimisation des découpes, et, d'autre part, à la possibilité de regrouper l'offre. Il s'agit là d'éléments subjectifs qui n'ont pu être validés dans le cadre de l'étude. Cependant, cette affirmation semble plausible dans la mesure où la traction animale concoure à une valorisation différente d'une matière première dont toute autre condition de récolte ne permet pas d'obtenir des résultats similaires compte tenu des contraintes rencontrées.

5.3.2. Bois billonnés

Ici encore, aucune analyse spécifique n'a été réalisée. Il semble donc difficile d'extrapoler une quelconque tendance des rares éléments qui ont pu être collectés.

5.4. Synthèse

Dans une coupe d'éclaircie résineuse sélective :

- Une planification des travaux qui fait intervenir simultanément un/des bûcheron(s) et un équipage de débardage par traction animale permet d'augmenter sensiblement la productivité des intervenants chargés de l'abattage et du façonnage des perches si les bois sont expédiés en grandes longueurs ; dans le cadre d'une préparation en billons (lorsque les cloisonnements ne sont pas trop espacés) les gains liés au débusquage manuel et à l'empilage des produits sont ici encore substantiels.
- En cas de reprise des bois après débusquage par traction animale, le coût de reprise des bois peut être réduit d'environ 5 % pour les billons et de plus de 60 % pour les perches laissées en toutes longueurs.

6. AXE DE RECHERCHE N° 3 : LA TRACTION ANIMALE ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR LES PEUPLEMENTS FORESTIERS

6.1. Préambule

La présente analyse s'est limitée à la constatation des dégâts occasionnés par la vidange des produits sur les peuplements forestiers restant après exploitation des coupes d'éclaircie ; aucune recherche quant à une possible évolution du mode opératoire visant à réduire le nombre et la gravité des blessures n'a été effectuée.

6.2. Méthodologie retenue

Deux analyses différentes ont été réalisées :

- L'incidence de la traction animale sur le risque et la gravité des blessures occasionnées aux peuplements forestiers restants.
- Le comparatif entre les deux méthodes actuellement employées par la Coopérative Forestière du Limousin au niveau du débardage des produits récoltés en coupe d'éclaircie à savoir le débusquage par traction animale ou le débardage par porteur forestier.

L'ensemble des données enregistrées à ce niveau a été relevé selon le protocole défini par les travaux du groupe de travail de l'action concertée européenne AIR 3 - CT93 - 2097 dont les résultats ont été publiés en 1997.

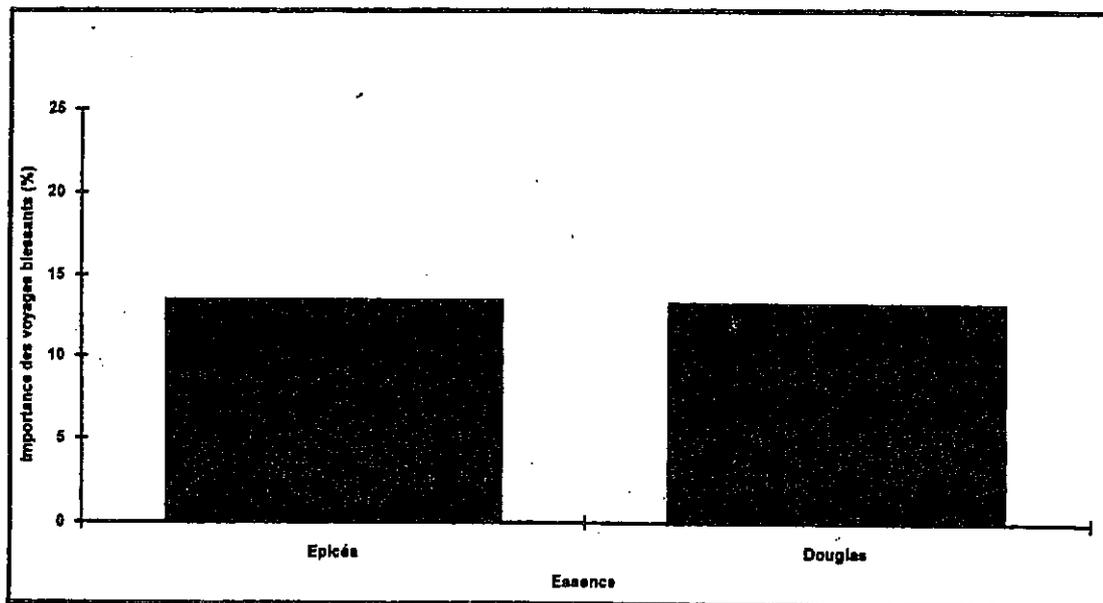
Remarque : La prise de données a été essentiellement organisée sur des exploitations planifiées en période où le phénomène de circulation de la sève était encore en période active, ce qui fragilisait les arbres au niveau de la liaison écorce-bois. Cela nous conforte donc dans l'idée que les résultats enregistrés doivent correspondre logiquement à un maximum.

6.3. Risque de blessure lié à la traction animale

6.3.1. Incidence de l'essence

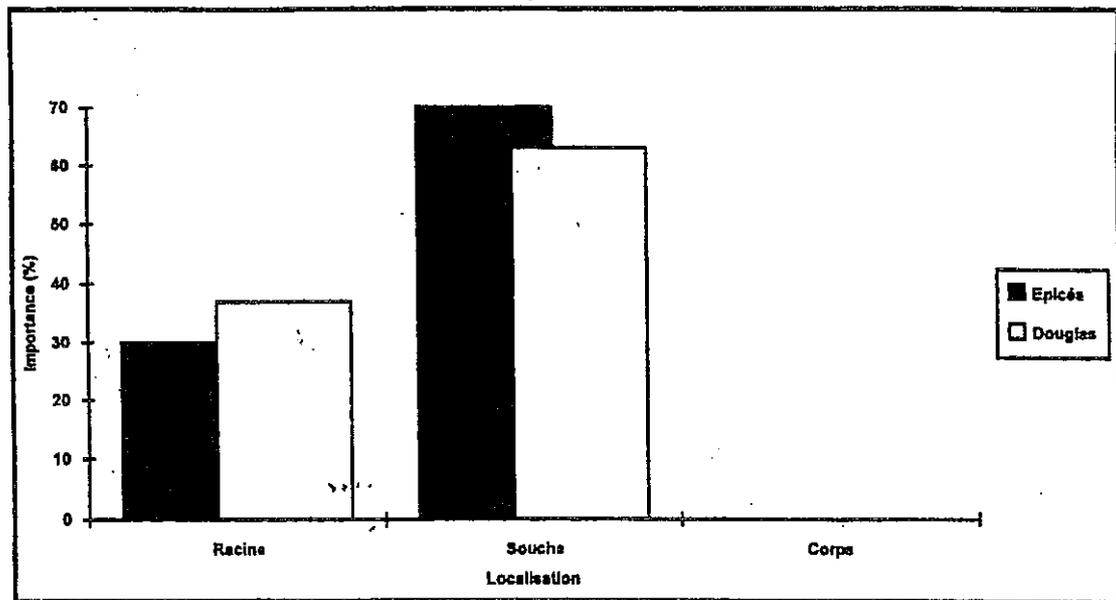
Au niveau du risque de blessures, l'essence n'a pas de réelle incidence puisqu'entre l'épicéa et le douglas, il apparaît que, globalement, le nombre de voyages blessants reste limité à 15 % lors du débusquage de perches issues d'éclaircies sélectives par traction animale.

GRAPHIQUE N° 3.23 : Incidence de l'essence sur le risque de blessures



En ce qui concerne la localisation des blessures, on peut retenir, ici encore, que l'essence ne semble pas avoir de réelle influence.

GRAPHIQUE N° 3.24 : Incidence de l'essence sur la localisation des blessures

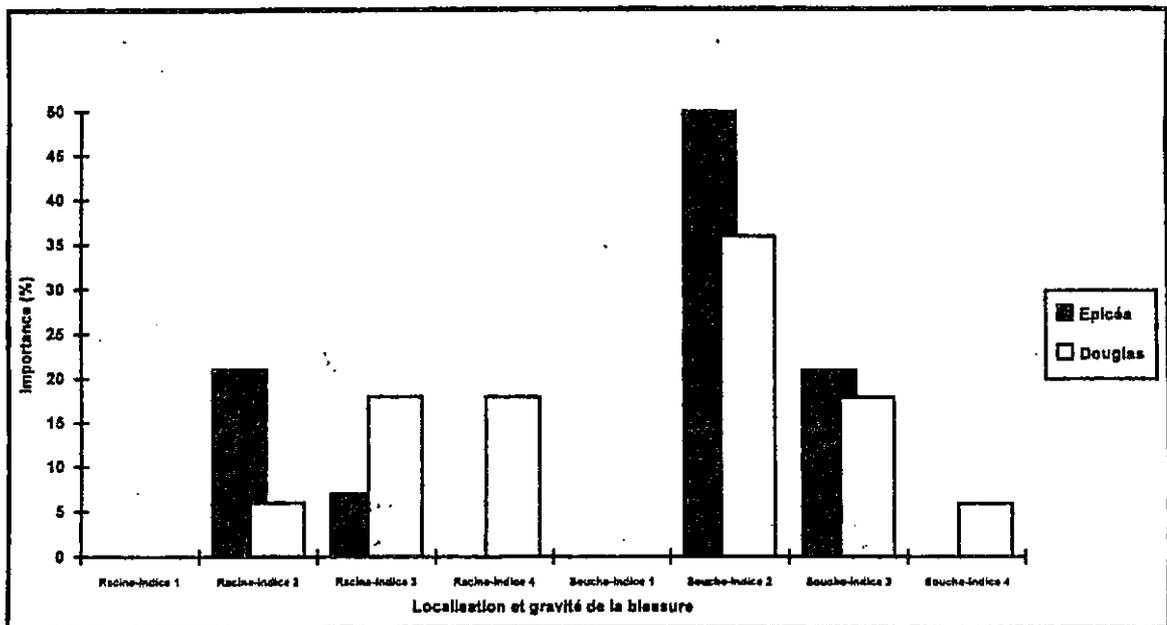


Environ 1/3 d'entre elles concernent le système racinaire alors que le complément reste concentré au niveau de la souche c'est-à-dire à une hauteur inférieure à 0,30 m.

Au-delà, il n'y a pas de réel risque de blessures car, en réalité, seul un frottement inopiné du collier du cheval contre un arbre peut entraîner quelques dégâts ; une bonne maîtrise de la conduite de l'équipage par le meneur s'avère être ici la meilleure garantie contre tout risque éventuel.

Par contre, l'essence semble avoir une réelle incidence sur la gravité des blessures puisque sur le **graphique n° 3.25** qui visualise, selon la localisation, les indices relevés, il apparaît que l'épicéa reste limité à des indices moyens alors que le douglas atteint des indices plus élevés.

GRAPHIQUE N° 3.25 : Incidence de l'essence sur la gravité des blessures

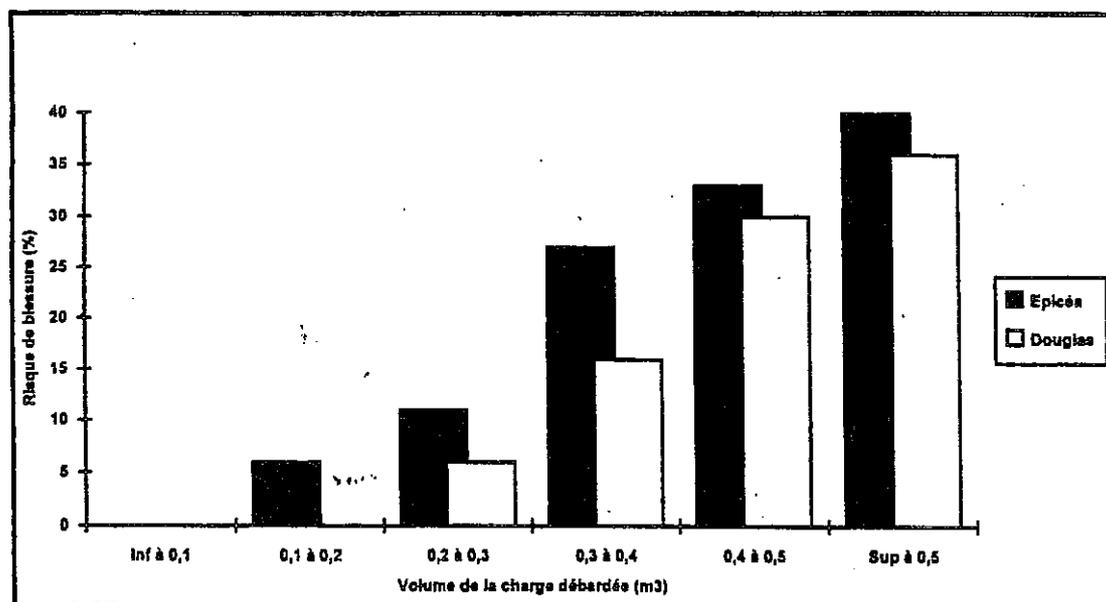


- Indice 1 = Extension inférieure à 10 cm²
- Indice 2 = Extension comprise entre 10 cm² et 50 cm²
- Indice 3 = Extension comprise entre 50 cm² et 200 cm²
- Indice 4 = Extension supérieure à 200 cm²

6.3.2. Incidence du volume de la charge

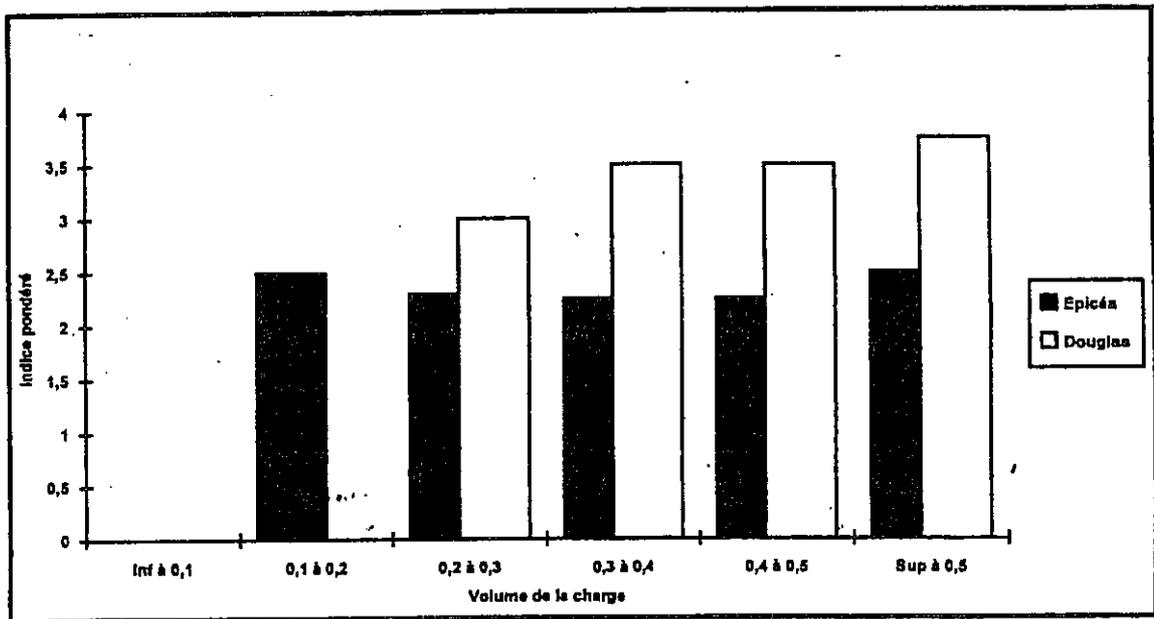
Quelque soit l'essence, le risque de blessure augmente avec le volume de la charge ; ce phénomène semble être plus accentué pour l'épicéa.

GRAPHIQUE N° 3.26 : Incidence du volume de la charge sur le risque de blessure



Par contre, au fur et à mesure de l'augmentation du volume de la charge, l'indice de gravité des blessures reste constant pour l'épicéa alors qu'il s'élève pour le douglas.

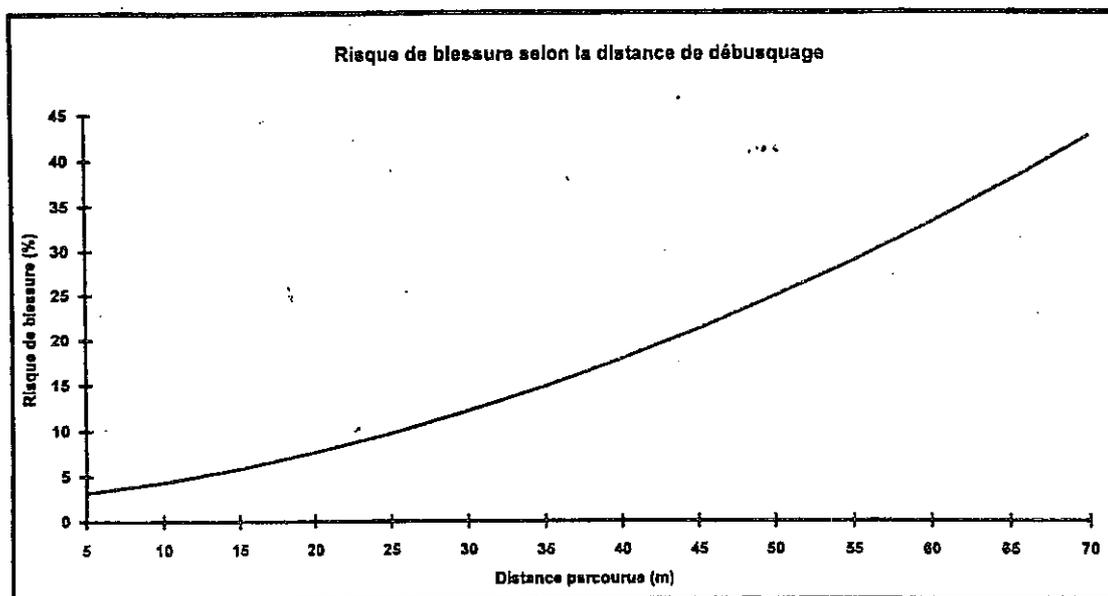
GRAPHIQUE N° 3.27 : Incidence du volume de la charge sur l'indice de gravité des blessures



6.3.3. Incidence de la longueur de débusquage

Le risque de blessure s'amplifie logiquement en fonction de l'allongement de la distance parcourue.

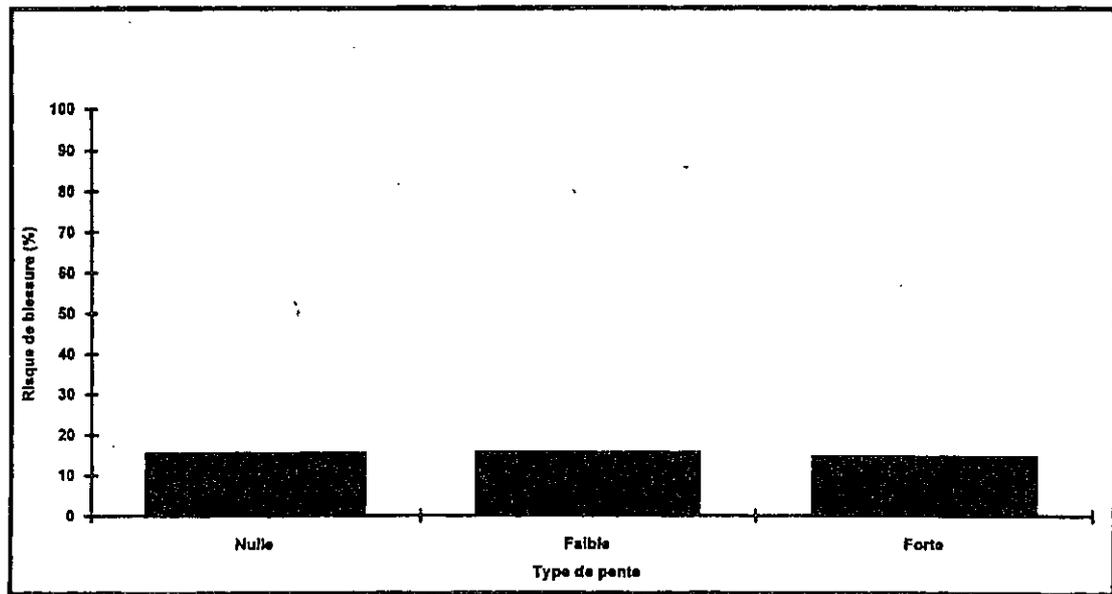
GRAPHIQUE N° 3.28 : Incidence de la longueur de débusquage sur le risque de blessure



6.3.4. Incidence de la pente

Quelque soit l'inclinaison de la pente sur laquelle évolue l'équipage, le risque de blessure reste comparable.

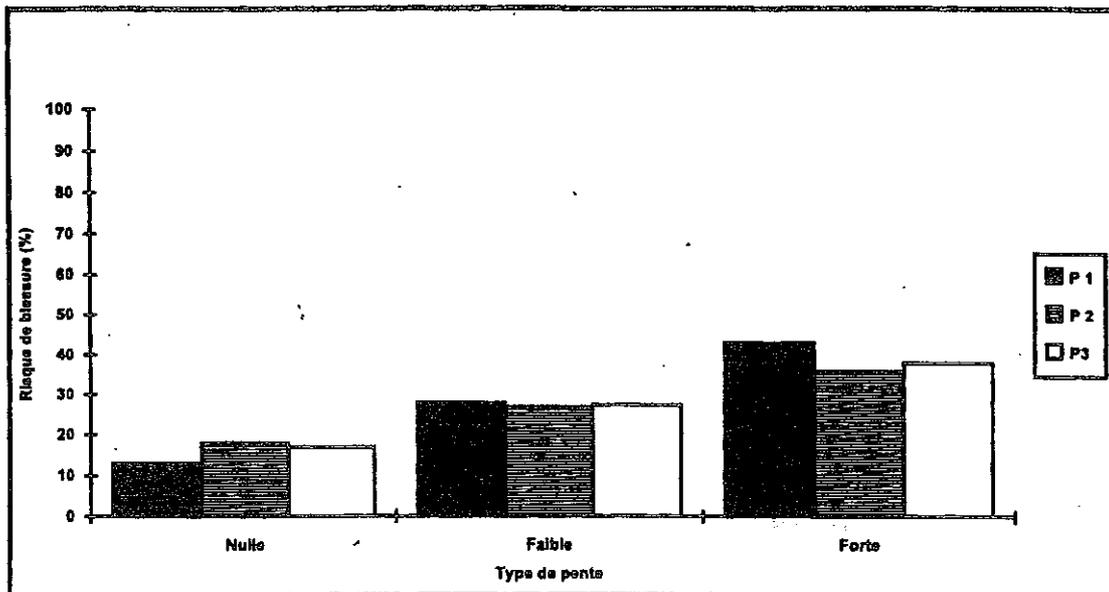
GRAPHIQUE N° 3.29 : Incidence de l'inclinaison de la pente sur le risque de blessure



6.3.5. Incidence de la pénétrabilité du peuplement

Quelque soit la qualité de pénétration du peuplement dans lequel évolue l'équipage, le risque de blessure évolue inversement à celle-ci.

GRAPHIQUE N° 3.30 : Incidence de la pénétrabilité du peuplement sur le risque de blessure



P1 = Pénétrabilité aisée
P2 = Pénétrabilité moyenne
P3 = Pénétrabilité difficile

6.4. Incidence de la méthode retenue sur le risque de blessure

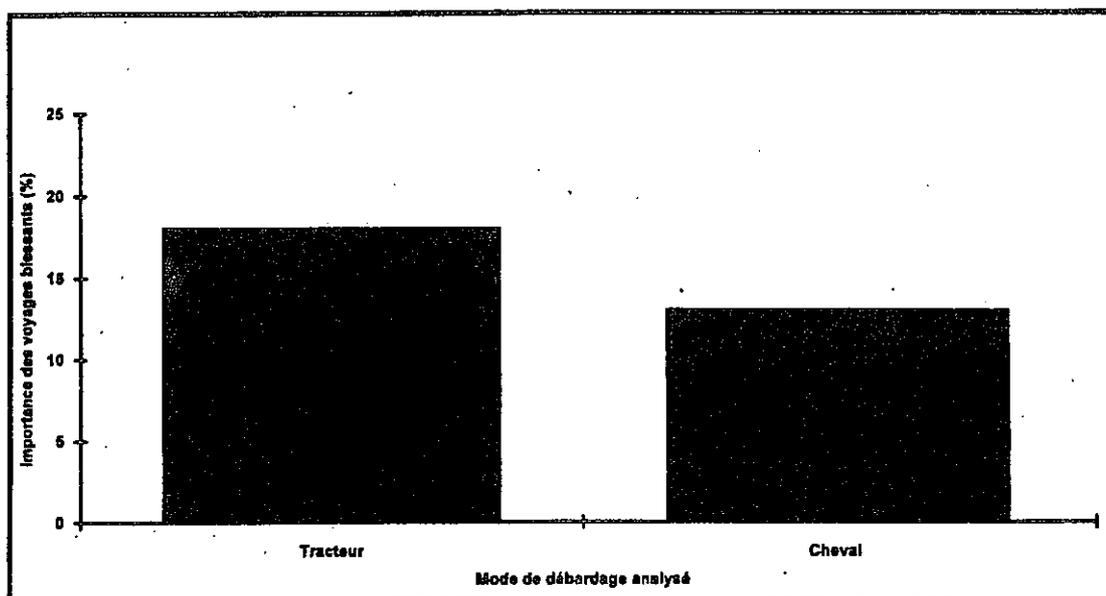
Pour réaliser la présente analyse, les données ont été relevées sur une coupe d'éclaircie sur laquelle avaient été mises en oeuvre les deux méthodes actuellement utilisées par la Coopérative Forestière du Limousin à savoir :

- débusquage par traction animale de perches entières jusqu'à la place de dépôt
- sortie par porteur de billons découpés à longueur sur lieu d'abattage puis transportés manuellement jusqu'au cloisonnement.

A la lecture des résultats, il apparaît que :

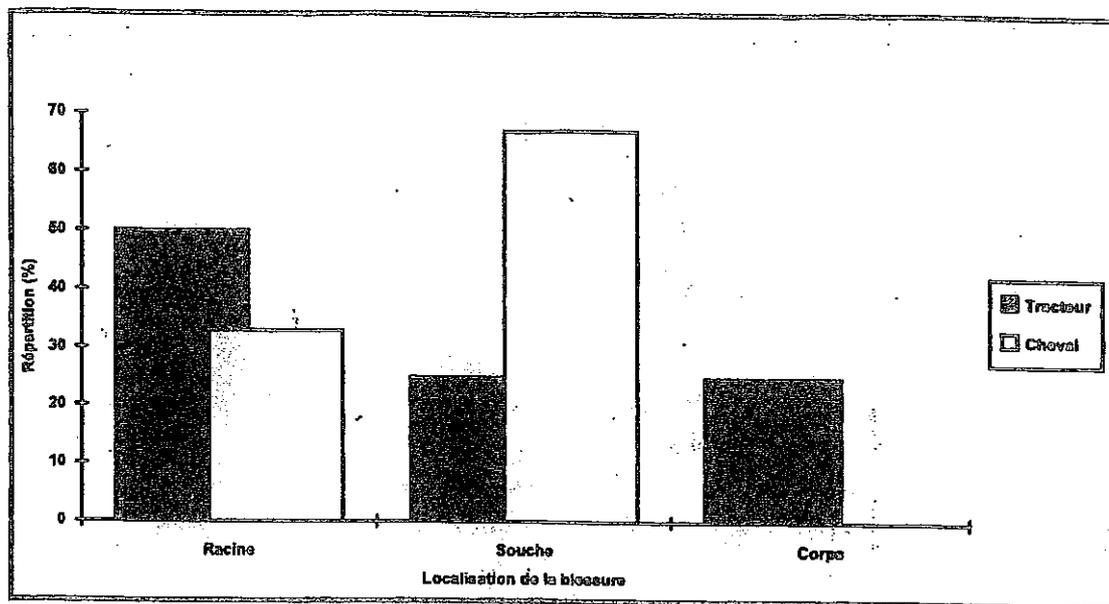
- **l'utilisation du porteur augmente sensiblement le risque de blessure.**

GRAPHIQUE N° 3.31 : Importance de la méthode sur le risque de blessure



- les dégâts occasionnés par le tracteur sont localisés différemment de ceux enregistrés lors de l'utilisation de la traction animale.

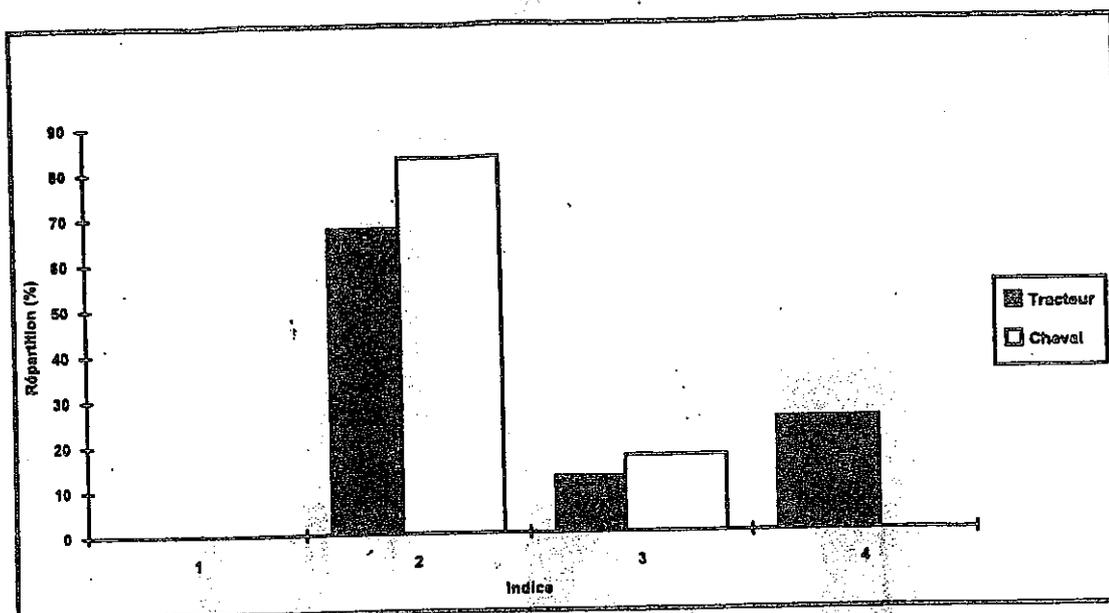
GRAPHIQUE N° 3.32 : Incidence de la méthode sur la localisation des dégâts



En effet, dans le cadre de la reprise des billons par un porteur forestier, les souches semblent relativement épargnées alors que le système racinaire et le corps de l'arbre au-delà d'une hauteur de 0,30 m sont plus atteints. Ces phénomènes s'expliquent, d'une part, par une attaque du sol plus importante au niveau des axes de roulement des roues de l'engin et, d'autre part, par le frottement des pneumatiques équipant le matériel le long de certains arbres bordant les voies de passage.

- les dégâts occasionnés par le porteur forestier sont plus importants que ceux entraînés par l'utilisation de la traction animale.

GRAPHIQUE N° 3.33 : Incidence de la méthode sur la gravité des blessures



6.5. Synthèse

Lors de l'utilisation de la traction animale pour assurer le débusquage des perches issues de coupes d'éclaircie :

- l'essence au niveau des blessures, ne joue pas sur leurs nombres et sur leurs positionnements ; par contre, elle a une réelle incidence sur leurs gravités puisque l'épicéa apparaît moins sensible que le douglas.

- l'augmentation du volume de la charge débardée amplifie le risque de blessure ; pour l'épicéa, la gravité des dégâts reste constante alors que pour le douglas, ce paramètre a une réelle incidence négative.
- le risque de blessure augmente avec la distance de débusquage et avec les difficultés de pénétration du peuplement mais reste constant quelque soit l'inclinaison de la pente.

Le débardage de produits forestiers billonnés récoltés en coupe d'éclaircie par **un porteur forestier** occasionne plus de dégâts que le débusquage de perches à l'aide de la traction animale.

Il entraîne une attaque plus importante du système racinaire et du corps des arbres bordant les voies de circulation ; les blessures occasionnées sont plus graves.

4ème Partie

ETABLISSEMENT DES PROCEDURES A RESPECTER

1. PRODUCTIVITE POTENTIELLE

1.1. Incidence des critères

A partir des différents éléments mis en évidence au cours de l'étude, **une grille de calcul de productivité horaire potentielle applicable lors de l'utilisation de la traction animale pour débusquer des perches résineuses en coupes d'éclaircie a été établie** ; ce document est présenté en **annexe n° 12**.

Sept critères différents ont été retenus ;

- l'essence
- le volume moyen de la perche
- la distance de débusquage
- le nombre de tiges restant après exploitation
- l'intensité de la pente
- la qualité de la place de dépôt
- l'organisation retenue

1.1.1. Incidence de l'essence

Rappel : L'essence a fait apparaître une incidence d'environ 30 % sur la productivité enregistrée à partir de l'analyse des résultats accumulés par la CF.L. depuis plusieurs années.

Deux essences principales ont été distinguées à savoir le douglas et l'épicéa qui couvrent quelque 80 % des coupes exploitées par la Coopérative Forestière du Limousin.

L'écart maximum retenu est limité à environ 20 %, il varie selon la grosseur moyenne de la perche.

En fait, en prenant le douglas comme référence, les épicéas de faibles volumes entraînent une baisse de productivité alors que ceux de volumes importants sont plus avantageux.

1.1.2. Incidence du volume moyen de la perche

Préambule : L'analyse des données fournies par la C.F.L. nous conduit à constater que :

- le nombre de perches prélevées est inversement proportionnel au volume moyen de la tige puisque l'on passe d'environ 600 tiges/ha à quelque 120 tiges/ha alors que le volume moyen de la tige passe de 0,05 m³ à 0,75 m³.
- le volume moyen prélevé à l'hectare est proportionnel à celui de la perche moyenne prélevée puisque l'on passe d'environ 40 m³/ha à quelque 90 m³/ha lorsque le volume moyen de la tige varie de 0,05 m³ à 0,75 m³. C'est pour cela que ces deux paramètres ont été regroupés au sein du critère « Incidence du volume moyen de la perche ».

Rappel : Le volume moyen de la perche, l'intensité de prélèvement et le volume exploité ont globalement fait apparaître à partir des données enregistrées par la C.F.L., une variation de productivité d'environ 3,5 pour un volume moyen de la perche récoltée variant de 0,1 m³ à 0,65 m³.

La fourchette proposée passe de 1 à 11 (1 à 5 pour les limites retenues dans l'analyse des données de la C.F.L.) car il apparaît intéressant de faire apparaître des données correspondant à des perches de plus petits volumes ; ces dernières ont une incidence réellement accentuée sur la productivité de l'équipage de débardage par traction animale.

1.1.3. Incidence de la distance de débusquage

Rappel : L'allongement de la distance de débusquage dégage à partir des données enregistrées par la C.F.L., une variation de productivité de 35 % alors que la distance passe de 15 m à 70 m.

L'écart maximum proposé est d'environ 45 %, il se réduit entre les classes de longueur au fur et à mesure que la distance augmente.

1.1.4. Incidence du nombre de tiges restant après exploitation

Rappel : L'augmentation du nombre de tiges restant après exploitation fait apparaître, à partir des données enregistrées par la C.F.L., une variation de productivité de 15 % alors que les valeurs passent de 500 tiges/ha à 2.300 tiges/ha.

L'écart maximum proposé est d'environ 6 % ; il varie faiblement entre les différentes classes.

1.1.5. Incidence de la pente (Relief)

Rappel : L'apparition d'un terrain pentu peut entraîner, selon les données enregistrées par la C.F.L., une variation de productivité d'environ 25 %.

L'écart maximum proposé est d'environ 45 %, quelque soit l'inclinaison du terrain ; il s'accroît proportionnellement à l'allongement de la distance et, dans une proportion moindre, selon l'intensité de la pente.

Remarque : Le débusquage de perches à partir de la traction animale sur terrain fortement pentu peut avoir des conséquences dramatiques qui conduisent à préconiser d'éviter l'emploi de cette méthode pour limiter tout risque d'accident.

1.1.6. Incidence de la qualité de la place de dépôt

Rappel : La non adaptation de la place de dépôt fait apparaître, selon les données enregistrées par la C.F.L., une variation de productivité qui chute d'environ 35 % au fur et à mesure de l'accroissement de la difficulté de travailler sur l'aire de stockage.

L'écart maximum proposé reste limité à quelque 10 %.

1.1.7. Incidence de l'organisation

Ce critère n'avait pas été analysé par manque de données à partir des chiffres fournis par la C.F.L. Il s'agit de l'organisation retenue à savoir : présence ou absence des bûcherons sur la coupe simultanément au travail de l'équipage de débardage par traction animale.

L'incidence de ce critère a été arrêtée par rapport à l'importance des temps d'attente, d'aide à l'abattage et de manoeuvre sur coupe.

L'écart maximum proposé reste limité à quelques 10 %.

1.1.8. Synthèse

A partir des résultats enregistrés depuis l'analyse des données fournies par la Coopérative Forestière du Limousin, la grille établie propose des variations quelque peu différentes :

Critères dont l'incidence est amplifiée

- Volume moyen de la perche (+++)
- Distance de débusquage (+)
- Pente, Relief (++)

Critères dont l'incidence est réduite

- Essence (-)
- Nombre de tiges restant après exploitation (-)
- Qualité de la place de dépôt (-,-)

Critères abandonnées

- Qualité du bûcheronnage
- Volume du chantier
- Travail demandé (débusquage ou débardage)

1.2. Résultats

La grille proposée permet d'obtenir des résultats journaliers variant de 2,3 m³/j à quelques 160 m³/j.

En se limitant aux données moyennes obtenues à partir des chiffres fournis par la Coopérative Forestière du Limousin, la productivité journalière moyenne s'établit à :

32 m³/j si le débusquage est réalisé sans que les bûcherons soient présents sur la coupe.

29 m³/j si le débusquage est réalisé avec la présence de 2 bûcherons sur le chantier.

31 m³/j si le débusquage est réalisé avec la présence de 3 bûcherons sur le chantier.

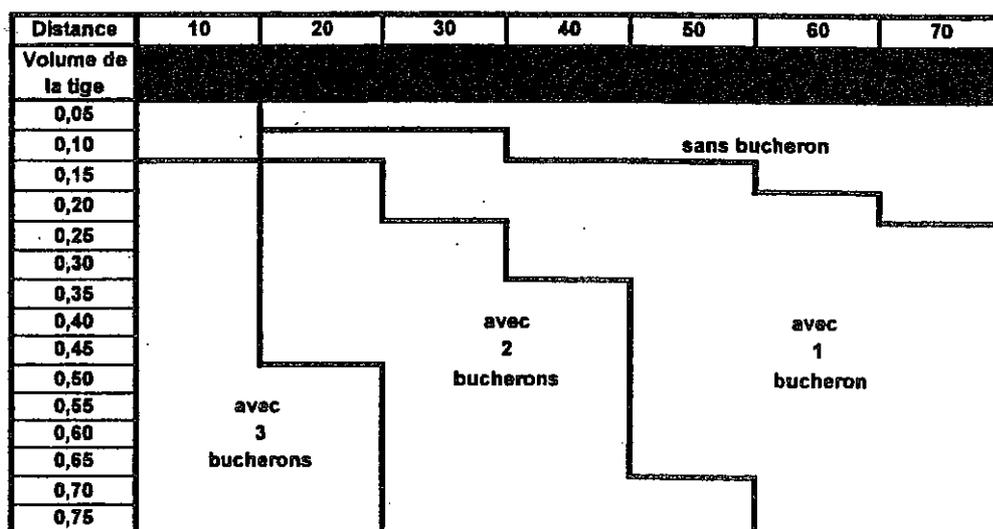
1.3. Organisation à retenir

On trouvera une préconisation de l'organisation à mettre en place en complément de l'équipage de débardage par traction animale pour assurer la meilleure productivité des intervenants concernés sur le **graphique n° 4.1** pour les produits expédiés en toutes longueurs et sur le **graphique n° 4.2** pour ceux billonnés avant expédition.

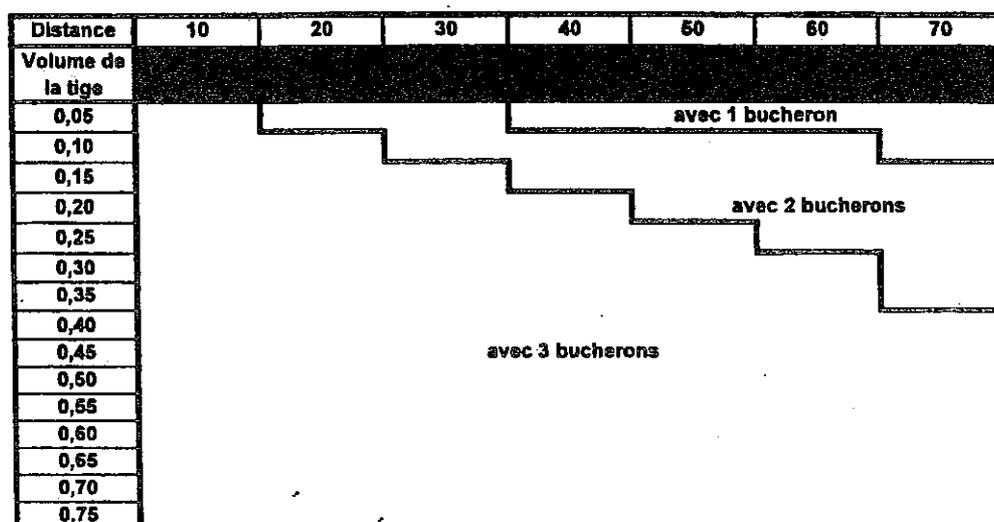
Remarque : Il va de soit que cette préconisation privilégie la recherche d'une productivité optimum pour les bûcherons au détriment de celle de l'équipage de débardage par traction animale.

Pour ce dernier, cela se traduit donc par une augmentation des temps d'attente d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la limite de transition définie, mais qui permet cependant d'assurer au cheval des temps de repos qui lui sont nécessaires.

GRAPHIQUE N° 4.1 : Organisation préconisée lors de la récolte en complément de l'équipage de débardage par traction animale pour assurer la récolte de produits expédiés en toutes longueurs.



GRAPHIQUE N° 4.2 : Organisation préconisée lors de la récolte en complément de l'équipage de débardage par traction animale pour assurer la récolte de produits billonnés avant expédition.



2. APPROCHE FINANCIERE

2.1. Coût de la mise en oeuvre d'un équipage de débardage par traction animale

2.1.1. Décomposition des frais

Comme tout moyen mis en oeuvre pour assurer une quelconque production, le coût du travail d'un équipage par traction animale peut être scindé en quatre parties :

- les frais fixes
- les frais proportionnels
- les frais de personnel
- les frais de gestion

Les frais fixes sont essentiellement liés à l'amortissement des dépenses occasionnées par :

- l'achat et le dressage de la bête ainsi que les soins vétérinaires obligatoires lorsque l'animal est encore jeune.
- l'achat de l'harnachement nécessaire pour équiper le cheval dont une description complète et particulièrement détaillée est indiquée par **P. JASPART**.
- l'achat du matériel de transport indispensable pour déplacer l'animal et son équipement.

Remarque : De nombreux conducteurs préconisent, à ce niveau, de ramener le cheval à son écurie ou dans un site adapté après chaque journée de travail.

Les frais proportionnels concernent, à la fois, l'animal et le matériel de transport.

- pour le cheval, on retiendra, à ce poste, le coût de la nourriture (foin, avoine, ...), celui du maréchal ferrant, les honoraires vétérinaires et les frais d'entretien de l'harnachement.
- pour le véhicule de transport, la décomposition des frais proportionnels est similaire à celles développées dans de nombreuses publications pour ce type de matériel roulant.

Les frais de personnel correspondent à la rémunération du maître d'équipage et des charges qui y sont liées.

Les frais de gestion sont ceux qui sont communs à toute entreprise commerciale de ce type.

2.1.2. Coût de la mise en oeuvre

A. THIRY annonce en 1994 un montant de charges journalières de 960 F pour un équipage de débardage par traction animale. Une enquête réalisée auprès de différents intervenants de la filière bois concernés par cette méthode montre, qu'actuellement, **le coût de la mise en oeuvre du cheval pour assurer le débardage de bois** est compris entre 1.000 F/jour et 1.200 F/jour soit une moyenne de **1.100 F/jour pour une entreprise convenablement équipée** ; ce qui correspond à un coût horaire variant de 145 F/h à 170 F/h sur une base de travail de 7 h/jour comme l'indique **LE GOFF**.

3. COMPENSATION DU COUT DE MISE EN OEUVRE DE LA TRACTION ANIMALE POUR ASSURER LE DEBUSQUAGE DANS LE PROCESSUS DE RECOLTE DES PERCHES RESINEUSES ISSUES DE COUPES D'ECLAIRCIE SELECTIVES

3.1. Préambule

Pour réaliser l'approche économique, une enquête a été réalisée auprès d'un certain nombre de professionnels spécialisés dans la récolte de produits résineux issus de coupes d'éclaircie afin de déterminer les éléments économiques représentatifs.

C'est ainsi que les chiffres suivants ont été arrêtés :

Opération de bûcheronnage

Coût journalier d'un entrepreneur de travaux forestiers variant de 1.100 F à 1.200 F soit un coût horaire moyen de 165 F sur une base de travail effectif de 7 h/jour.

Opération de débusquage/reprise des bois

Débusqueur forestier

Coût journalier variant de 2.400 F à 3.000 F soit un coût horaire moyen de 300 F sur une base de travail effectif de 9 h/jour.

Tracteur agricole équipé forestier

Coût journalier variant de 2.000 F à 2.400 F soit un coût horaire moyen de 245 F sur une base de travail effectif de 9 h/jour.

Porteur forestier

Coût journalier variant de 2.000 F à 4.500 F soit un coût horaire moyen de 425 F sur une base de travail effectif de 9 h/jour.

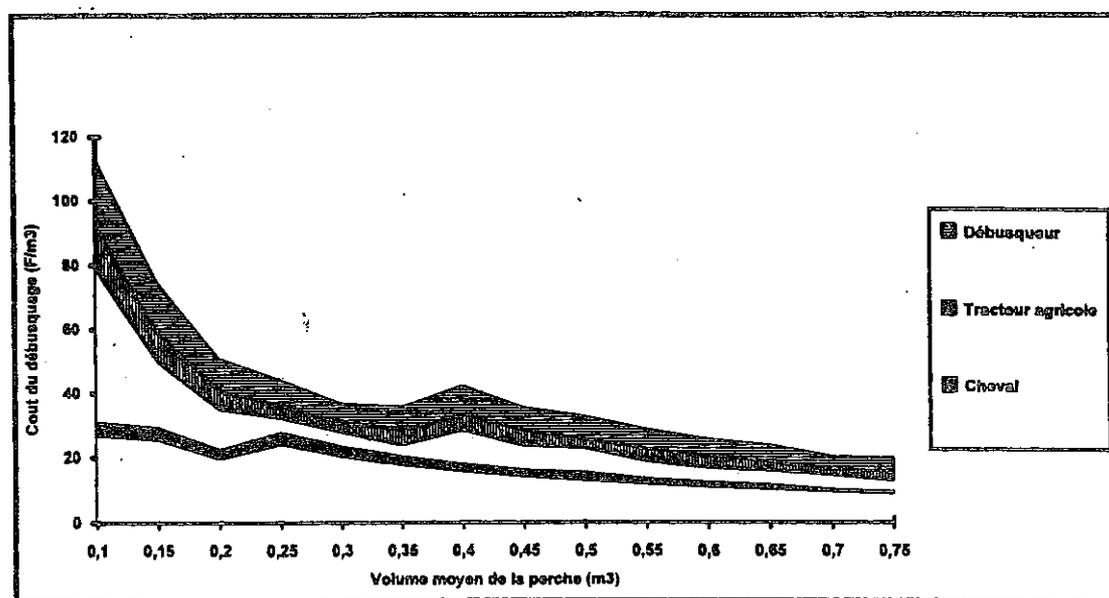
3.2. Débusquage des produits

3.2.1. Débusquage des perches en toutes longueurs

Il convient ici de distinguer deux méthodes différentes à savoir la réalisation de l'opération de débusquage des perches soit à l'aide d'un tracteur - le matériel utilisé pouvant être un débusqueur forestier ou un tracteur agricole équipé forestier - soit en utilisant la traction animale.

On trouvera sur le **graphique n° 4.3** les fourchettes de coûts établies sur une distance de 30 mètres en fonction de la méthode retenue.

GRAPHIQUE N° 4.3 : Coûts du débusquage des perches issues de coupes d'éclaircie sur une distance de 30 mètres



A la lecture, il apparaît que quelque soit la grosseur de la perche, le coût de l'opération de débusquage à l'aide de la traction animale est toujours sensiblement inférieur à ceux déterminés lors de la mise en oeuvre de tracteurs.

3.2.2. Débusquage de produits billonnés

Comme il a été indiqué précédemment (cf. 3ème partie § 5.2.2.1.), les gains enregistrés au niveau des temps de regroupement des produits après débusquage des perches par traction animale jusqu'au lieu d'empilage avant reprise par porteur forestier peuvent être substantiels.

On peut donc en conclure que **la traction animale permet une réduction d'environ 15 % des coûts journaliers d'abattage et de façonnage** par rapport à la méthode traditionnelle **au niveau du débusquage des produits billonnés, ce qui correspond à quelques 170 F/jour par opérateur.**

On trouvera à titre indicatif dans le **tableau n° 4.1**, le gain financier obtenu pour le bûcheron au niveau des opérations de débusquage des produits billonnés ramené à l'unité récoltée selon sa productivité journalière potentielle.

TABLEAU N° 4.1 : Gains financiers obtenus au niveau du débusquage des produits billonnés

PRODUCTIVITE JOURNALIERE (m³/jour)	GAIN FINANCIER (F/m³)
6	28,5
8	21,-
10	17,-
12	14,-
14	12,-
16	10,5
18	9,5
20	8,5
22	7,5

Remarque : Les gains annoncés ne peuvent être espérés que sur les chantiers où une telle méthode est mise en place, c'est-à-dire lorsque la distance de débusquage des produits reste dans une limite acceptable.

3.3. Reprise des produits après débusquage

3.3.1. Reprise des perches en toutes longueurs

Il a été indiqué précédemment que les gains annoncés lors de la reprise des perches laissées en toutes longueurs à l'aide d'un engin de débusquage pouvaient être estimés à environ 60 % lorsque les brins sont regroupés en javelles facilement accessibles et dont le volume est compris entre 3 m³ et 4 m³.

A partir d'un coût de base de 45 F/m³, ce qui correspond à une productivité journalière moyenne de 60 m³ pour un débusqueur et de 50 m³ pour un tracteur agricole équipé forestier, **le gain est d'environ 25 F/m³.**

3.3.2. Reprise de billons

Les gains enregistrés au niveau de la reprise des billons ont été calculés ; ils sont d'environ 5 % sur le coût global de l'opération.

A partir d'un coût moyen de 35 F/m³, ce qui correspond à une productivité journalière variant de 85 m³ à 130 m³, selon le type de porteur, **le gain est donc au minimum de 1,5 F/m³.**

3.4. Aide à l'abattage

Les résultats financiers obtenus au niveau des gains de productivité à partir des extrapolations réalisées depuis les données enregistrées sur les différents chantiers et indiquées précédemment sont regroupés dans le **tableau n° 4.2** pour les coupes ou seul l'abattage est réalisé en forêt et dans le **tableau n° 4.3** pour celles où l'abattage et le billonnage sont effectués sur coupe.

Remarque : Les productivités sont extrapolées à partir d'un taux d'activité de 85 % sur une base de travail de 7 heures par jour pour les bûcherons.

TABLEAU N° 4.2 : Résultats financiers enregistrés au niveau de l'abattage pour les coupes où les grumes sont expédiées en toutes longueurs

VOLUME PERCHE (m ³)	SANS CHEVAL		AVEC CHEVAL		DIFFERENCE (F/m ³) (1)-(2)
	Productivité (m ³ /j)	Coût (1) (F/m ³)	Productivité (m ³ /j)	Coût (2) (F/m ³)	
0,05	6,91	166	6,89	167	0
0,10	9,39	122	10,2	113	10
0,15	11,23	102	12,84	90	13
0,20	12,75	90	15,11	76	14
0,25	14,08	82	17,15	67	15
0,30	15,26	75	19,02	60	15
0,35	16,33	70	20,75	55	15
0,40	17,33	66	22,39	51	15
0,45	18,25	63	23,93	48	15
0,50	19,12	60	25,4	45	15
0,55	19,94	58	26,81	43	15
0,60	20,73	55	28,17	41	15
0,65	21,47	54	29,48	39	15
0,70	22,19	52	30,74	37	14
0,75	22,88	50	31,97	36	14

TABLEAU N° 4.3 : Résultats financiers enregistrés au niveau de l'abattage pour les coupes où le billonnage est réalisé en forêt

VOLUME PERCHE (m ³)	SANS CHEVAL		AVEC CHEVAL		DIFFERENCE (F/m ³) (1)-(2)
	Productivité (m ³ /j)	Coût (1) (F/m ³)	Productivité (m ³ /j)	Coût (2) (F/m ³)	
0,05	3,68	313	3,67	313	-1
0,10	5	230	5,43	212	18
0,15	5,98	192	6,84	168	24
0,20	6,78	170	8,05	143	27
0,25	7,49	154	9,13	126	28
0,30	8,12	142	10,13	114	28
0,35	8,69	132	11,05	104	28
0,40	9,23	125	11,92	96	28
0,45	9,72	118	12,74	90	28
0,50	10,18	113	13,52	85	28
0,55	10,62	108	14,28	81	28
0,60	11,04	104	15,-	77	28
0,65	11,43	101	15,7	73	27
0,70	11,82	97	16,37	70	27
0,75	12,18	94	17,02	68	27

3.5. Validation des résultats économiques

Trois scénarios différents ont été établis :

Scénario n° 1 : Récolte de perches résineuses issues de coupes d'éclaircie sélectives et commercialisées en toutes longueurs à partir de chantiers où les opérations d'abattage sont terminées avant le début de la sortie des bois.

Scénario n° 2 : Récolte de perches résineuses issues de coupes d'éclaircie sélectives et commercialisées en toutes longueurs à partir de chantiers où les opérations d'abattage et de façonnage sont réalisées simultanément à celles de débusquage.

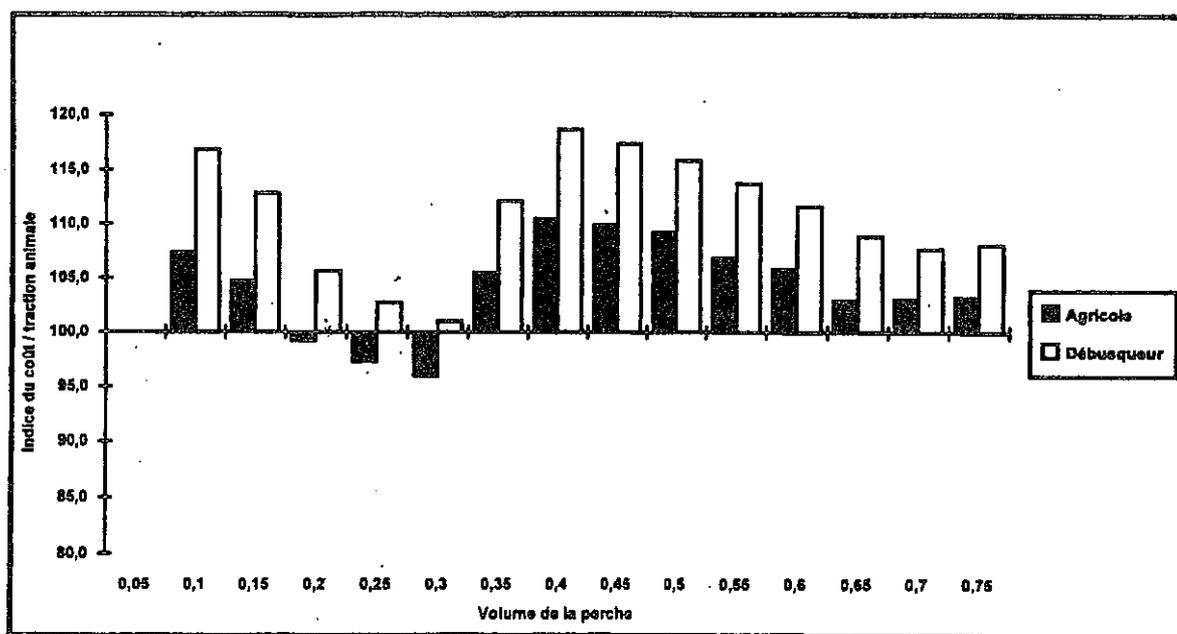
Scénario n° 3 : Récolte de perches résineuses issues de coupes d'éclaircie sélectives et commercialisées billonnées à partir de chantiers où les opérations d'abattage et de façonnage sont réalisées simultanément à celles de débusquage.

Pour chacun d'entre eux, les limites identiques ont été retenues :

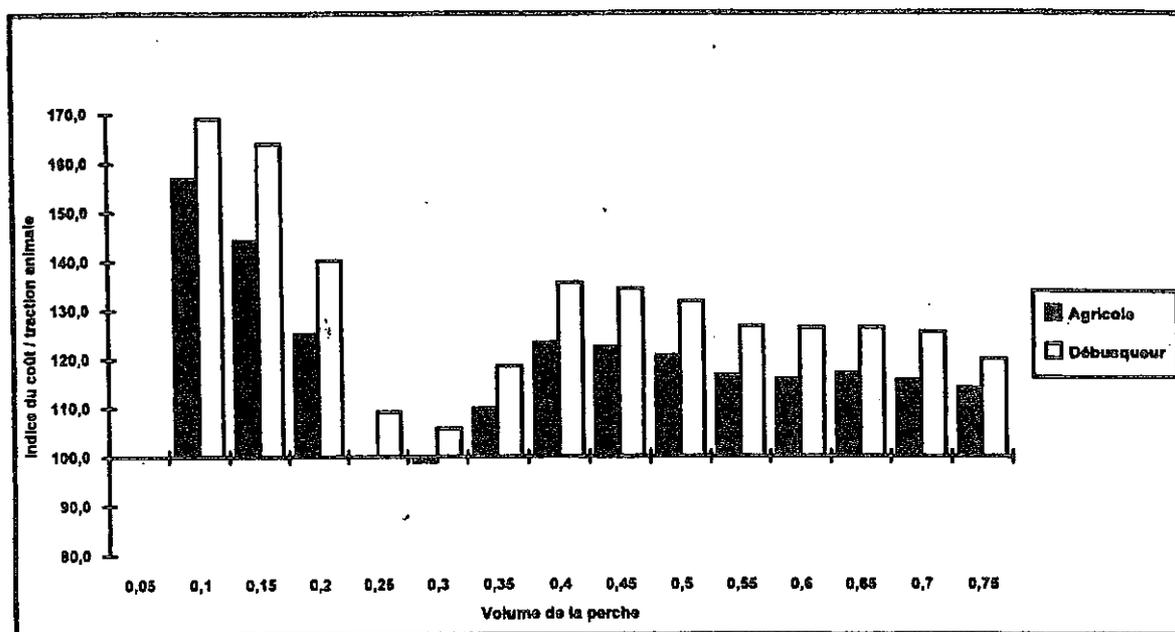
- Essence : Douglas
- Distance moyenne de débusquage : 30 mètres
- Nombre de tiges restant après exploitation : 1400
- Pente nulle
- Place de dépôt adaptée
- Méthode employée pour le débusquage :
 - traction animale
 - tracteur agricole équipé forestier
 - débusqueur

On trouvera, sur le **graphique n° 4.4** pour le scénario n° 1, **graphique n° 4.5** pour le scénario n° 2 et **graphique n° 4.6** pour le scénario n° 3, les indices correspondants aux coûts de récolte établis selon les engins utilisés rapportés à ceux déterminés à partir de l'utilisation de la traction animale (hors coûts de reprise éventuels sur place de dépôt après débusquage).

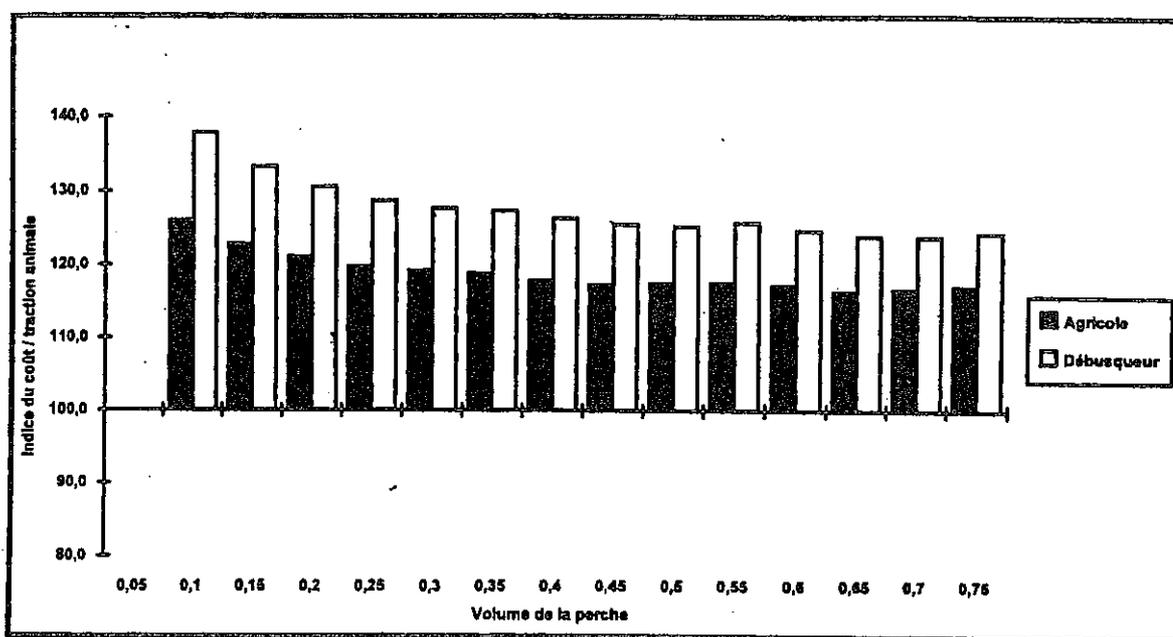
GRAPHIQUE N° 4.4 : Scénario n° 1 - Bois exploités en toutes longueurs : coût du débusquage sans aide à l'abattage (traction animale = base 100)



GRAPHIQUE N° 4.5 : Scénario n° 2 : Bois exploités en toutes longueurs : coût du débusquage avec aide à l'abattage (traction animale = base 100)



GRAPHIQUE N° 4.6 : Scénario n° 3 : Bois commercialisés en produits, billonnés en forêt : coût du débusquage avec aide à l'abattage (traction animale = base 100)



Quelque soit le scénario retenu, il apparaît que le débusquage à partir de la traction animale de perches résineuses issues de coupes d'éclaircies sélectives, s'avère être, globalement, largement plus économique au niveau des coûts d'exploitation (hors coûts de reprise éventuels) puisque l'on enregistre des différentiels variant de - 4 % à + 56 % lors de l'utilisation d'un tracteur agricole équipé forestier et de + 1 % à + 69 % en cas de mise en oeuvre d'un débusqueur. Les écarts les plus importants sont enregistrés lorsque les opérations d'abattage et de débusquage sont planifiées simultanément.

5ème Partie

SYNTHESE DE L'ETUDE

Cette étude sur la formalisation et la validation des techniques forestières utilisant la traction animale et plus particulièrement le cheval entre dans le cadre de l'opération « Compétitivité + » engagée par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et qui a pour but d'analyser les possibilités d'amélioration sur le plan technique et économique de la filière mobilisation des bois ronds destinés aux industries de première transformation des bois.

Elle a été menée sous l'égide de la **Coopérative Forestière du Limousin** et elle se décompose en trois phases distinctes :

- la validation des résultats enregistrés au cours des nombreuses expérimentations réalisées depuis plusieurs années sous l'égide de structures privées.
- la formalisation des techniques.
- l'établissement de procédures à respecter.

La validation des résultats enregistrés est, en fait, l'analyse des données fournies par la Coopérative Forestière du Limousin à partir de chantiers débardés par la traction animale entre 1992 et 1996.

Il apparaît que différents critères influent à des degrés variables sur la productivité enregistrée au niveau du débusquage de perches résineuses issues de coupes d'éclaircie essentiellement sélectives.

On retrouve principalement :

- l'essence
- le volume moyen de la tige exploitée

et des critères spécifiques aux chantiers tels que :

- la distance de débusquage
- le prélèvement
- la qualité de la place de dépôt
- le relief (la pente)
- la densité du prélèvement.

La formalisation des techniques passe par l'analyse d'informations relevées sur différents axes de recherche lors de suivis chronométriques de chantiers de récolte sur lesquels la traction animale a été mise en oeuvre pour assurer le débusquage de perches résineuses issues de coupes d'éclaircies sélectives.

L'axe de recherche n° 1 porte sur la productivité potentielle de la traction animale. Il met en évidence les principaux éléments techniques ayant une quelconque influence sur les résultats.

On peut retenir que :

- la distance de débusquage, le volume des perches, et l'inclinaison de la pente ont une influence réelle, voire forte dans certains cas, alors que :
- le nombre de tiges restant après exploitation, l'essence et la pénétrabilité du peuplement ont une incidence moindre.

L'axe de recherche n° 2 s'intéresse à l'intégration de la traction animale en complément des travaux nécessaires à la récolte des perches au niveau des opérations de bûcheronnage et de reprise des produits commercialisés.

Il apparaît que dans une coupe d'éclaircie résineuse sélective :

- une planification des travaux qui fait intervenir simultanément un équipage de débardage par traction animale en complément d'un/des bûcheron(s) permet d'augmenter sensiblement la productivité de ce(s) dernier(s).
- en cas de reprise des bois après débusquage par traction animale, le coût de l'opération est réduit.

L'axe de recherche n° 3 analyse l'impact environnemental de la traction animale sur les peuplements forestiers par l'intermédiaire d'une recherche au niveau des blessures.

Il se dégage les points suivants :

- l'essence n'a pas d'incidence sur le nombre et le positionnement des blessures ; par contre, elle a une réelle importance sur leur gravité puisque l'épicéa apparaît moins sensible que le douglas.
- le volume de la charge débardée amplifie le risque de blessure. Pour l'épicéa, leur gravité reste cependant constante alors que, pour le douglas, ce paramètre a une incidence négative certaine.
- le risque de blessure augmente avec la distance de débusquage et avec les difficultés de pénétration du peuplement mais ne varie pas selon le type et l'inclinaison de la pente.
- le débardage de produits billonnés à l'aide de porteurs forestiers occasionne plus de dégâts que le débusquage de perches par traction animale ; il entraîne une attaque plus importante du système racinaire et du corps des arbres et la gravité des blessures est plus importante.

L'établissement des procédures à respecter permet de :

- ***proposer, à partir des résultats enregistrés au niveau de la formalisation des techniques, une grille de calcul de productivité potentielle applicable lors de la traction animale pour débusquer des perches résineuses en coupes d'éclaircies sélectives.***
- ***préconiser des schémas organisationnels de la récolte des produits forestiers concernés selon leur mode de préparation.***
- ***valider, sur le plan économique, l'intérêt de la traction animale pour assurer le débusquage de perches résineuses issues de coupes d'éclaircies sélectives.***

BIBLIOGRAPHIE

Concerted Action n° AIR3 - CT94 - 2097

Harmonization of ongoing European research in the field of harvesting operations and optimization of harvesting methods regarding environmental & economic constraints (especially under mountainous or slope conditions)

FINAL REPORT

C.T.B.A. 1997

LE GOFF K. : Approche du débusquage par traction animale en Province de LIEGE - Rapport de stage Eté 1997.
LEGTA du Chesnoy - Nogent sur Vernisson, 1998.

ROTARU C. : Exploitation des premières éclaircies de plantations résineuses - C.T.B.A. - 1987.

THIRY A. : Le débardage avec un cheval en France en 1993.
Mémoire de fin d'étude - FIF. ENGREF. Nancy 1993.

VAUTHERIN P. - GAILLARD J. : Influence de la longueur des bois ronds
- sur la productivité
- sur les coûts d'exploitation
- sur les rendements quantitatifs et qualitatifs dans les usines de première transformation

Etude financée par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - CTBA, 1997.

ANNEXES

ANNEXE N° 1

**VITESSE DE DEPLACEMENT A VIDE
DU CHEVAL SELON LA DENSITE
DU PEUPLEMENT RESTANT**

**Vitesse de déplacement à vide du cheval selon la densité du peuplement restant
(Vitesse en Km/h)**

Nombre de tiges restant après exploitation	750	800	1200	1400	2200
Distance (m)					
5	1,20	1,35	1,31	1,45	1,43
10	1,40	1,51	1,48	1,58	1,55
15	1,61	1,68	1,64	1,72	1,68
20	1,81	1,84	1,81	1,85	1,80
25	2,02	2,01	1,97	1,99	1,92
30	2,22	2,17	2,14	2,12	2,04
35	2,42	2,34	2,30	2,26	2,17
40	2,63	2,50	2,47	2,39	2,29
45	2,83	2,67	2,63	2,53	2,41
50	3,04	2,83	2,80	2,67	2,53
55	3,24	3,00	2,96	2,80	2,66
60	3,45	3,16	3,13	2,94	2,78
65	3,65	3,33	3,29	3,07	2,90
70	3,86	3,49	3,46	3,21	3,02
75	4,06	3,66	3,62	3,34	3,15

ANNEXE N° 2

**VITESSE DE DEPLACEMENT A VIDE
DU CHEVAL A LA DESCENTE**

**Vitesse de déplacement à vide du cheval à la descente
(Vitesse en Km/h)**

Caractéristiques de la pente	P 1	P 2	P 3
Distance (m)			
5	1,31	1,44	1,41
10	1,48	1,49	1,46
15	1,64	1,54	1,51
20	1,81	1,59	1,57
25	1,97	1,63	1,62
30	2,14	1,68	1,67
35	2,30	1,73	1,72
40	2,47	1,78	1,78
45	2,63	1,82	1,83
50	2,80	1,87	1,88
55	2,96	1,92	1,93
60	3,13	1,97	1,99
65	3,29	2,01	2,04
70	3,46	2,06	2,09
75	3,62	2,11	2,14

P 1 = Pente nulle
P 2 = Pente moyenne
P 3 = Pente forte

ANNEXE N° 3

**VITESSE DE DEPLACEMENT A VIDE
DU CHEVAL SELON LA PENETRABILITE
DU PEUPLEMENT**

**Vitesse de déplacement à vide du cheval selon la pénétrabilité du peuplement
(Vitesse en Km/h)**

Caractéristiques de la pente	P 1	P 2	P 3
Distance (m)			
5	1,56	1,41	1,78
10	1,69	1,57	1,89
15	1,83	1,72	2,00
20	1,96	1,88	2,10
25	2,10	2,03	2,21
30	2,24	2,19	2,32
35	2,37	2,35	2,43
40	2,51	2,50	2,54
45	2,65	2,66	2,64
50	2,78	2,81	2,75
55	2,92	2,97	2,86
60	3,06	3,13	2,97
65	3,19	3,28	3,08
70	3,33	3,44	3,18
75	3,47	3,59	3,29

P 1 = Pente nulle
P 2 = Pente moyenne
P 3 = Pente forte

ANNEXE N° 4

**TEMPS D'ACCROCHAGE DE LA CHARGE
SELON L'ESSENCE**

**Temps d'accrochage de la charge selon l'essence
(Temps en ctm/m3)**

Essence	Epicea français	Douglas	Epicea belge
Volume de la charge (m3)			
0,05	367	251	311
0,10	233	198	212
0,15	178	172	169
0,20	147	156	144
0,25	127	144	127
0,30	113	136	115
0,35	102	129	105
0,40	93	123	98
0,45	86	119	92
0,50	80	114	86
0,55	76	110	82
0,60	71	107	78
0,65	67	104	75
0,70	64	102	72
0,75	62	99	69

ANNEXE N° 5

**TEMPS D'ACCROCHAGE DE LA CHARGE
SELON LE NOMBRE DE PERCHES**

**Temps d'accrochage de la charge selon le nombre de perches
(Temps en ctm/m3)**

Nombre de perches	1	2	3	4	5
Volume de la charge (m3)					
0,05	251	475	1104	2512	3856
0,10	198	301	658	1335	1906
0,15	172	230	486	923	1262
0,20	156	190	392	710	942
0,25	144	164	332	579	751
0,30	136	146	290	490	624
0,35	129	132	258	426	533
0,40	123	121	234	377	465
0,45	119	111	214	339	413
0,50	114	104	198	308	371
0,55	110	98	184	282	337
0,60	107	92	173	261	308
0,65	104	87	163	242	284
0,70	102	83	154	227	263
0,75	99	80	146	213	246

ANNEXE N° 6

**INCIDENCE DE L'ESSENCE SUR LA VITESSE
DE DEBUSQUAGE**

**Incidence de l'essence sur la vitesse de débusquage
(Vitesse en Km/h)**

Essence	Epicea français	Douglas	Epicea belge
Distance (m)			
5	1,33	1,66	1,22
10	1,52	1,82	1,43
15	1,70	1,97	1,64
20	1,89	2,13	1,84
25	2,08	2,28	2,05
30	2,26	2,44	2,26
35	2,45	2,59	2,46
40	2,63	2,75	2,67
45	2,82	2,90	2,87
50	3,00	3,06	3,08
55	3,19	3,22	3,29
60	3,37	3,37	3,49
65	3,56	3,53	3,70
70	3,75	3,68	3,91
75	3,93	3,84	4,11

ANNEXE N° 7

**INCIDENCE DU VOLUME DE LA CHARGE SUR
LA VITESSE DE DEBUSQUAGE
(Distance = 30m)**

**Incidence du volume de la charge sur la vitesse de débusquage
(Vitesse en Km/h pour une distance de 30m)**

Essence	Epicea français	Douglas	Epicea belge
Volume de la charge (m3)			
0,05	2,57	2,93	2,51
0,10	2,45	2,82	2,43
0,15	2,35	2,72	2,35
0,20	2,25	2,62	2,27
0,25	2,16	2,53	2,20
0,30	2,08	2,44	2,14
0,35	2,00	2,37	2,08
0,40	1,93	2,29	1,02
0,45	1,86	2,22	1,97
0,50	1,80	2,16	1,91
0,55	1,74	2,10	1,86
0,60	1,69	2,04	1,82
0,65	1,63	1,98	1,77
0,70	1,59	1,93	1,73
0,75	1,54	1,88	1,69

ANNEXE N° 8

**VITESSE DE DEPLACEMENT EN CHARGE SUR
TERRAIN PLAT ET SUR FORTE PENTE
(Montée)**

Vitesse de déplacement en charge sur terrain plat et sur forte pente (montée)
(Vitesse en Km/h)

Caractéristiques de la pente	P 1	P 3
Volume de la charge (m3)		
0,05	2,57	2,80
0,10	2,45	2,31
0,15	2,35	1,96
0,20	2,25	1,71
0,25	2,16	1,51
0,30	2,08	1,36
0,35	2,00	1,23
0,40	1,93	1,13
0,45	1,86	1,04
0,50	1,80	0,96
0,55	1,74	0,90
0,60	1,69	0,84
0,65	1,63	0,79
0,70	1,59	0,74
0,75	1,54	0,70

P 1 = pente nulle

P 3 = pente forte

ANNEXE N° 9

VITESSE DE DEPLACEMENT EN CHARGE
(Descente)

Vitesse de déplacement en charge (descente)
(Vitesse en Km/h)

Caractéristiques de la pente	P 1	P 2	P 3
Volume de la charge (m3)			
0,05	2,93	2,40	2,79
0,10	2,82	2,12	2,27
0,15	2,72	1,89	1,92
0,20	2,62	1,71	1,66
0,25	2,53	1,56	1,46
0,30	2,44	1,44	1,30
0,35	2,37	1,33	1,18
0,40	2,29	1,24	1,08
0,45	2,22	1,16	0,99
0,50	2,16	1,09	0,92
0,55	2,10	1,02	0,85
0,60	2,04	0,97	0,80
0,65	1,98	0,92	0,75
0,70	1,93	0,87	0,70
0,75	1,88	0,83	0,67

P 1 = Pente nulle

P 2 = Pente moyenne

P 3 = Pente forte

ANNEXE N° 10

TEMPS DE DECROCHAGE DE LA CHARGE

**Temps de décrochage de la charge
(temps en ctm)**

Essence	Épicea français	Douglas	Épicea belge
Volume de la charge (m3)			
0,05	16	18	16
0,10	17	19	17
0,15	18	20	18
0,20	19	20	19
0,25	20	21	19
0,30	21	21	20
0,35	21	22	21
0,40	22	23	22
0,45	23	23	22
0,50	24	24	23
0,55	25	24	24
0,60	26	25	25
0,65	27	25	26
0,70	27	26	26
0,75	28	27	27

ANNEXE N° 11

**TEMPS PRODUCTIFS NECESSAIRES
SUR UNE DISTANCE DE 30 m**

**Temps productifs nécessaires au débusquage sur une distance de 30m
(Temps en mn/m3)**

Technique de débusquage	Cheval	Tracteur
Volume de la charge (m3)		
0,05	42,11	84,01
0,10	22,59	37,49
0,15	15,70	23,38
0,20	12,12	16,73
0,25	9,92	12,90
0,30	8,42	10,43
0,35	7,33	8,72
0,40	6,51	7,46
0,45	5,85	6,51
0,50	5,32	5,76
0,55	4,89	5,15
0,60	4,52	4,66
0,65	4,21	4,24
0,70	3,94	3,89
0,75	3,70	3,59

ANNEXE N° 12

GRILLE DE CALCUL DE LA PRODUCTIVITE HORAIRE POTENTIELLE

GRILLE DE CALCUL DE PRODUCTIVITE HORAIRE POTENTIELLE APPLICABLE LORS DE L'UTILISATION DE LA TRACTION ANIMALE POUR DEBUSQUER DES PERCHES RESINEUSES EN COUPES D'ECLAIRCIES SELECTIVES

Mode d'emploi

Pour utiliser cette grille, il faut :

- 1- choisir pour chaque critère annoncé, le coefficient proposé.
- 2- multiplier les différents coefficients retenus pour trouver le coefficient pondéré
- 3- multiplier l'indice de base par le coefficient pondéré

Incidence de l'essence

Coefficient

Pour le douglas, appliquer le coefficient 1.00 quelque soit la grosseur de la tige

EPICEA															
Volume tige	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
	0,90	0,90	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,05

Incidence du volume moyen de la perche

X

Volume tige	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,20	1,40	1,60	1,75	1,95	2,10	2,25	2,40	2,50	2,65	2,75

Incidence de la distance moyenne de débusquage

X

Distance parcourue	10	20	30	40	50	60	70
	1,65	1,25	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70

Incidence du nombre de tiges restant après exploitation

X

Nombre de tige	> à 800	800 à 1200	1200 à 1600	< à 1800
	1,04	1,02	1,00	0,98

Incidence de la pente
pente nulle : coefficient = 1

X

Distance	Pente moyenne						
	10	20	30	40	50	60	70
Volume de la tige							
0,05	0,95	0,90	0,85		0,80		0,75
0,10		0,85	0,80		0,75		
0,15	0,90						
0,20							
0,25		0,80	0,75		0,70		
0,30	0,85						
0,35							
0,40							
0,45							
0,50		0,75					
0,55	0,80				0,65		
0,60							
0,65							0,60
0,70		0,70					
0,75	0,75						

Distance	Pente forte						
	10	20	30	40	50	60	70
Volume de la tige							
0,05	1,00	0,95			0,90		0,85
0,10	0,95	0,90					
0,15	0,90		0,85			0,80	
0,20				0,80		0,75	
0,25		0,80					
0,30	0,80					0,70	
0,35							
0,40							
0,45							
0,50		0,75				0,65	
0,55	0,75						
0,60							
0,65						0,60	
0,70		0,65					0,55
0,75	0,70						

Qualité de la place de dépôt

X

Qualité de la place de dépôt	Bien adaptée	Moyennement adaptée	Non adaptée
	1,00	0,97	0,88

Organisation retenue

X

Organisation retenue	Sans bûcheron	Avec 2 bûcherons	Avec 3 bûcherons
	0,90	0,82	0,87

Coefficient pondéré

K =

Productivité potentielle (5,1 * k)

= m3/h