

Débardage par câble aérien

GUIDE TECHNIQUE
TOME 2



Le câble du point de vue des

**ENTREPRISES
CÂBLISTES**

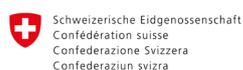


Ce guide technique a été réalisé dans le cadre
du projet Interreg Franco-Suisse
FORMICABLE :
le câblage au service de l'exploitation forestière

Partenaires techniques :



Avec le soutien financier de :



Retrouvez également...

LE GUIDE TECHNIQUE - TOME 1 :

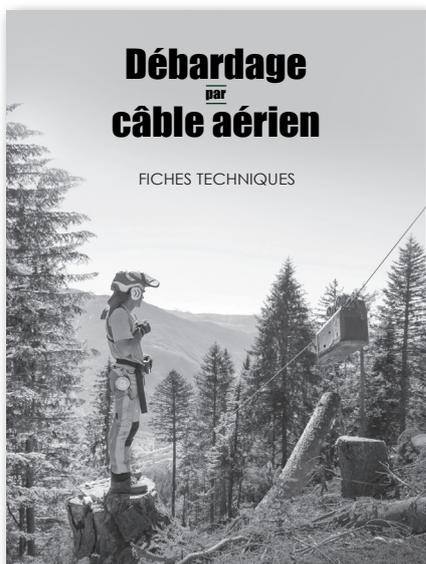
Le Câble du point de vue des PROPRIÉTAIRES & GESTIONNAIRES



AU SOMMAIRE :

1. GESTION FORESTIÈRE ET CÂBLE AÉRIEN
2. ÉLABORATION DU PLAN DE CÂBLAGE
3. MISE EN ŒUVRE D'UN CHANTIER

Débardage par câble aérien FICHES TECHNIQUES



22 fiches techniques pour vous accompagner sur le terrain.

PRÉFACES

Les forêts sont au cœur de nombreux enjeux économiques, environnementaux et sociaux pour nos territoires de montagne et leurs habitants. Puits de carbone, richesses écologiques, elles fournissent une matière première renouvelable, à la fois traditionnelle et moderne, nous protègent face aux risques naturels et font partie intégrante des paysages dont nous sommes si fiers. En tant qu'élus, il est de notre devoir d'assurer une gestion forestière dynamique et de valoriser ce riche patrimoine naturel. D'autant plus que le dérèglement climatique menace aujourd'hui sa pérennité...

Or, l'entretien des forêts dans les conditions difficiles que nous rencontrons en montagne demande des adaptations techniques. Le débardage des bois par câble aérien en est une excellente. Il nous faut l'utiliser de la manière la plus pertinente possible et aider nos entreprises locales spécialisées à se développer. Ce guide, issu du projet Formicâble, propose aux gestionnaires forestiers et aux entrepreneurs câblistes un recensement inédit des techniques modernes liées à la mobilisation des bois par câble aérien. Il est riche de nombreux échanges transfrontaliers avec la Suisse. Du martelage à l'entretien du matériel, de l'adaptation de la desserte forestière aux consignes de sécurité pour les opérateurs, c'est une vraie référence. Puisse cet ouvrage permettre à tous les forestiers de continuer à utiliser le câble aérien et une gestion durable de toutes nos forêts.

*Pour le Président de l'Association des Communes forestières de Haute-Savoie (France),
La Vice-Présidente **Marie-Pierre PERNAT***



Les attentes de notre société sont de plus en plus élevées et diverses par rapport à la forêt ; milieu de détente, source de naturalité, protection des eaux, protection contre les dangers naturels, source d'énergie renouvelable ou matériau de construction, pour chaque prestation les exigences des « clients » varient. Les gestionnaires et les propriétaires forestiers doivent s'adapter à cette évolution permanente rendue plus ardue avec le changement climatique annoncé. Ces dernières années un grand effort a été réalisé dans la fixation des objectifs sylvicoles, qui tient compte de la dynamique naturelle des forêts, des buts sylvicoles et des structures forestières optimales. Cet effort est illustré dans nos régions de montagne par la mise à disposition de documents tels que le Guide des sylvicultures de Montagne - Alpes du Nord française ou le Guide de gestion durable des forêts de protection en Suisse.

Pour atteindre ces objectifs, les gestionnaires ont besoin de moyens de gestion adaptés à chaque situation et le débardage par câble est une technique primordiale dans nos régions. Ce guide, résultat du projet Formicâble, rassemble le savoir-faire du câblage et les derniers développements techniques, en lien avec la sylviculture. Les gestionnaires, en connaissant les avantages et les limites actuels du câblage, peuvent mener une sylviculture adaptée aux attentes et utiliser le câblage à bon escient. Espérons que ce guide permette aux forestiers de mieux répondre aux défis actuels et soit une source pour l'innovation future.

Jean-Louis GAY
Inspecteur des forêts du 3ème arrondissement (Suisse)



Auteurs & collaborateurs

Coordination :

Paul Magaud (FCBA)

Rédacteurs :

Johanna Beck (ACSR)

Henri Bellier (ONF)

Chloé Boldrini (FCBA)

Thomas Carrette (FCBA)

Rémi Fournier (ONF)

Simon Grorod (ISETA)

Jean-Luc Mabboux (ONF)

Paul Magaud (FCBA)

Laurent Malabeux (ONF)

Jean-Charles Mogenet (PEB - câbliste)

Vincent Morillon (FCBA)

François Parvex (ACSR)

Christophe Perinot (FCBA)

Amélie Quarteroni (Cofor AURA)

François Sandmeier (ACSR)

Mickaël Vericel (ONF)

Mise en page et relecture générale :

Johanna Beck (ACSR)

Chloé Boldrini (FCBA)

Noémie Guillemaut (ACSR)

Paul Magaud (FCBA)

Julie Morand (PEB)

Amélie Quarteroni (COFOR AURA)

Relecteurs externes :

Partie gestionnaire :

Cedric Avizou (ONF)

Charly Bonnafoux (ONF)

Didier Pishedda (ONF)

Partie Entreprise :

Sebastien Campero (câbliste)

Jean-Paul Coutin (câbliste)

Frédéric Mabboux (câbliste)

Didier Pishedda (ONF)

Les moniteurs de câblage romands

Illustrations :

Muriel Cazeaux (FCBA)

Photo de couverture :

Florent Pedrini

Remerciements

Ce guide technique est le fruit d'une équipe projet diversifiée, composée majoritairement de passionnés du débardage par câble aérien, hommes et femmes, tous volontaires et enthousiastes pour cette belle aventure. Cette riche collaboration a permis d'aborder cette technique sous de nombreuses facettes. Que chacun soit remercié pour ces 3 années d'engagement.

L'approche pratique et opérationnelle a guidé nos travaux en permanence. Cette proximité du terrain n'a été possible que par l'implication des entreprises câblistes franco-suisse et des gestionnaires forestiers, qui ont répondu à nos questions, nous ont accueilli sur leurs chantiers et ont pris le temps de relire attentivement nos écrits. Un grand merci à eux, souhaitons-leur une longue pérennité dans ce domaine de passionnés.

Un remerciement particulier à notre dessinatrice, qui a su traduire nos attentes techniques, et illustrer nos propos avec style et brio.

Enfin un grand merci aux financeurs du projet FORMICABLE qui ont permis la réalisation des différentes actions du projet et notamment ce premier guide technique francophone sur le débardage par câble aérien.

Paul MAGAUD



ou
FORMation Innovation CâBLE

Le projet FORMICÂBLE (2016 - 2020) s'inscrit dans l'Objectif Stratégique 9 du programme Interreg V France-Suisse dont l'objectif est d'améliorer l'employabilité en faisant d'avantage coopérer les acteurs du marché de l'emploi et de la formation. Il s'étend sur la Suisse romande et la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Depuis plusieurs décennies, les forestiers franco-suisse constatent des divergences d'utilisation du débardage par câble aérien entre les deux pays : en moyenne, 300 000 m³ sont récoltés annuellement en Suisse romande, contre moins de 50 000 m³ dans les Alpes du Nord. En France, ce volume tend à diminuer (alors que la dynamique se conforte en Suisse), lié à une conjonction de plusieurs facteurs : manque de chantiers proposés, manque de main d'œuvre qualifiée, difficulté des entreprises...

FORMICÂBLE vise à apporter des éléments de solutions, à travers plusieurs actions :

- Réaliser « l'état des lieux du câble aérien en France et en Suisse Romande » pour mieux connaître les entreprises et leurs activités ;
- Proposer des outils techniques et économiques pour viabiliser l'activité de débardage par câble :
 - Développement de logiciels cartographiques pour évaluer le potentiel de chantier ;
 - Mise en œuvre de chantiers pilotes : chantier d'hiver, chantier sur lignes courtes et productives, chantier à vocation environnementale (protection zone de captage) ;
 - Réflexions sur les subventions attribuées à ce secteur particulier ;
- Relancer une formation pour les opérateurs du débardage par câble en France, complétée par des formations courtes dans les entreprises, et mettre à disposition des outils de formation (parcours câble et câbloscope en Suisse) ;
- Communiquer sur les atouts du câble et sa pertinence en récolte forestière ;
- Compiler le savoir-faire technique au sein d'un guide technique.

Souhaitons que ce projet, à travers la dynamique initiée, participe à relancer la mobilisation du bois par câble aérien en développant l'emploi dans cette filière et permette de pérenniser les entreprises et les savoir-faire.



SOMMAIRE

Le câble du point de vue des ENTREPRISES CÂBLISTES

1. MATÉRIELS _____ 7

1.1. Caractéristiques des matériels utilisés 9

- A. Principe de fonctionnement général 9
- B. Différentes configurations en câble fixe 11
- C. Différents matériels existants 12

1.2. Chariots 21

- A. Typologie des chariots 21
- B. Fonctions des chariots 22
- C. Chariots pour câble fixe 24
- D. Gestion du câble pêcheur 27

1.3. Câbles 29

- A. Structure des câbles 29
- B. Choix des câbles en forêt 33
- C. Entretien des câbles 38

1.4. Accessoires 43

- A. Poulies 43
- B. Corde de montage 46
- C. Cric 46
- D. Dynamomètre 46
- E. Systèmes de fixation 47
- F. Étriers 49
- G. Manilles 49
- H. Système de mouflage 50
- I. Pincés 51
- J. Serre-câbles 51
- K. Tire-câbles 52

1.5. Supports terminaux et intermédiaires 53

- A. Dimensionnement des supports 54
- B. Supports terminaux 54
- C. Supports intermédiaires 55

1.6. Engins de reprise 61

- A. Tracteur agricole modifié forêt 62
- B. Débusqueur à câble 64
- C. Débusqueur à grue 65
- D. Pelle de travaux publics équipée d'un grappin 66
- E. Pelle de travaux publics équipée d'une tête de bûcheronnage 68
- F. Machine de bûcheronnage 69
- G. Camion avec reprise intégrée 71
- H. Second engin de reprise 72

1.7. Atelier de chantier 75

- A. Cabane de chantier 75
- B. Pièces de rechanges et outillage 75
- C. Consommables 76
- D. Gestion des consommables 77

2. PRÉPARATION D'UN CHANTIER _____ 81

2.1. Simulcable 3D 83

- A. Contexte 83
- B. Objectifs 83
- C. Données d'entrée 84
- D. Résultats 89
- E. Conclusion 91

2.2. Traçage des lignes 93

- A. Définition et objectifs du traçage 93
- B. Éléments constitutifs d'une ligne 94
- C. Azimut et / ou gisement 97
- D. Angle d'ajustage de la boussole 102
- E. Equipements nécessaires 104
- F. Déroulement du piquetage 107

2.3. Places de travail et de dépôt 113

- A. Place de travail 113
- B. Places de dépôt 114

2.4. Logistique du transport 119

- A. Contexte 119
- B. Différents moyens de transport 120
- C. Organisation de la logistique 124

2.5. Signalisation 127

- A. Contexte réglementaire en France 127
- B. Contexte réglementaire en Suisse 128
- C. Mise en œuvre et bonnes pratiques 129

3. MONTAGE D'UNE LIGNE _____ 131

3.1. Choix et montage du mât terminal 133

3.2. Arbre d'ancrage en fin de ligne 135

- A. Caractéristiques 135
- B. Amarrage du câble porteur 136

3.3. Montage de la ligne fixe (câble mât / câble grue) 141

- A. Processus de montage 141
- B. Haubanage des mâts 141

3.4. Montage de la ligne conventionnelle (câble long) 143

- A. Processus 143
- B. Mise en place du treuil luge 143
- C. Montage du câble porteur 147

3.5. Démontage de la ligne 149

4. PHASES OPÉRATIONNELLES DE L'EXPLOITATION _____ 151

4.1. Phase d'abattage 153

- A. Contraintes liées au câble aérien 153
- B. Directions d'abattage 154
- C. Organisation du chantier 157

4.2. Phase de débardage 159

- A. Postes de travail 159
- B. Gestion du personnel 164
- C. Communication entre opérateurs 165

4.3. Cubage, tri et stockage 167

- A. Cubage des bois 167
- B. Tri des produits et stockage 168

SOMMAIRE

4.4. Contrôles et maintenance	171	6.5. Trésorerie et besoin en fonds de roulement	203
A. Contrôles	171	6.6. Capitaux propres	205
B. Maintenance	172	6.7. Statuts professionnels	207
5. GESTION ÉCONOMIQUE DES CHANTIERS	175	A. Entrepreneur de Travaux Forestiers (ETF)	207
5.1. Élaboration du prix de prestation	177	B. Exploitant Forestier (EF)	208
A. Principes	177	7. QUALITÉ SÉCURITÉ ENVIRONNEMENT	
B. Les différents coûts	178	DES CHANTIERS CÂBLE	211
C. Productivité sur les chantiers	182	7.1. Règlements et normes techniques	213
D. Prix de prestation	187	A. Normes de levage	213
5.2. Bilan économique de chantier	189	B. Câble en hauteur	213
A. Enregistrement des productions	189	C. Déchets d'exploitation	215
B. Synthèse du chantier	189	7.2. Sécurité	219
6. SPÉCIFICITÉS D'UNE ENTREPRISE CÂBLISTE	191	A. Sécurité des opérateurs	219
6.1. Typologie de l'entreprise	193	B. Formation des opérateurs	222
A. Entreprises « mono activité »	193	7.3. Accès sur fût	233
B. Entreprise multi-câbles et / ou multi-activités	194	A. Réglementations relatives à la sécurité liées au travail en hauteur	223
6.2. Saisonnalité	196	B. Matériel et technique de grimpe	223
6.3. Achat du matériel	197	C. Entretien du matériel d'accès sur fût	224
A. Amortissement	197	D. Organisation des secours sur fût	225
B. Aides à l'investissement	200	7.4. Principaux risques au débardage aérien	227
6.4. Main d'œuvre	201	GLOSSAIRE	228
A. Besoins de Main d'œuvre	201	BIBLIOGRAPHIE	235
B. Coût de la Main d'œuvre	202		

**Débardage
par
câble aérien**

1. MATÉRIELS

1.1 CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIELS UTILISÉS	9	1.5 SUPPORTS TERMINAUX ET INTERMÉDIAIRES	53
A. Principe de fonctionnement général	9	A. Dimensionnement des supports	54
B. Différentes configurations en câble fixe	11	B. Supports terminaux	54
C. Différents matériels existants	12	C. Supports intermédiaires	55
1.2 CHARIOTS	21	1.6 ENGIN DE REPRISE	61
A. Typologie des chariots	21	A. Tracteur agricole modifié forêt	62
B. Fonctions des chariots	22	B. Débusqueur à câble	64
C. Chariots pour câble fixe	24	C. Débusqueur à grue	65
D. Gestion du câble pêcheur	27	D. Pelle de travaux publics équipée d'un grappin	66
1.3 CÂBLES	29	E. Pelle de travaux publics équipée d'une tête de bûcheronnage	68
A. Structure des câbles	29	F. Machine de bûcheronnage	69
B. Choix des câbles en forêt	33	G. Camion avec reprise intégrée	70
C. Entretien des câbles	38	H. Second engin de reprise	71
1.4 ACCESSOIRES	43	1.7 ATELIER DE CHANTIER	75
A. Poulies	43	A. Cabane de chantier	75
B. Corde de montage	46	B. Pièces de rechanges et outillage	75
C. Cric	46	C. Consommables	76
D. Dynamomètre	46	D. Gestion des consommables	77
E. Systèmes de fixation	47		
F. Étriers	49		
G. Manilles	49		
H. Système de mouflage	50		
I. Pinces	51		
J. Serre-câbles	51		
K. Tire-câbles	52		

1.1 Caractéristiques des matériels utilisés

A. Principe de fonctionnement général

La technique consiste à fixer une ligne de câble de grande longueur depuis une route forestière, au-dessus de la parcelle à exploiter.

Le câble porteur fonctionne comme un rail, sur lequel le chariot se déplace. Il est fixé sur un ou plusieurs support(s) (la plupart du temps des arbres). Le chariot se déplace soit de manière autonome lorsqu'il est automoteur, soit grâce au câble tracteur pour un débardage à la montée, soit par un jeu de câbles et de poulies supplémentaires (câbles retour pour un débardage à la descente).

Le câble pêcheur descend du chariot et permet de faire la connexion avec les grumes à débarder. Il est soit la continuité du câble tracteur en passant dans le chariot, soit un câble séparé relié à un treuil dans le chariot.

La place de dépôt est l'endroit où les bois sortis de la coupe sont entreposés grâce à un engin de reprise en attendant d'être transportés vers un lieu de stockage ou de transformation.

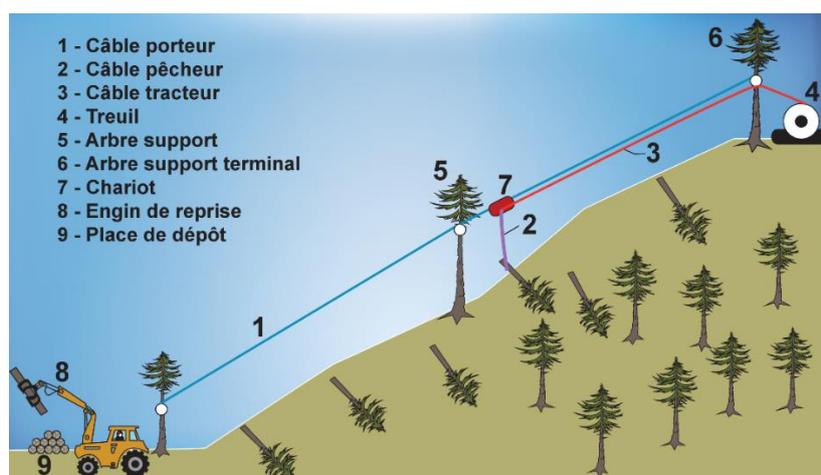


Schéma de fonctionnement d'un système de débardage par câble aérien (Source : FCBA)

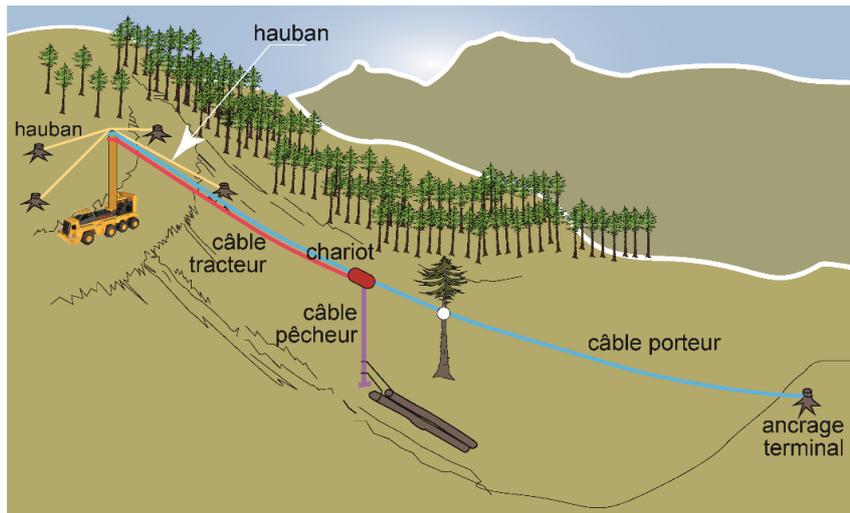
Il existe plusieurs principes de montage selon les matériels : le câble fixe ou le câble libre.

Câble porteur fixe « Fixed skyline »

Ce système est utilisé dans le monde entier et notamment en Europe, France et Suisse. Les systèmes de câble fixe comportent un câble porteur, fixé à un ancrage terminal (arbre haubané ou souche) d'un côté et au tambour d'un treuil de l'autre côté (voir figure ci-dessous).

Le câble porteur est tendu de façon constante et permanente (tension entre 5 et 15 tonnes) jusqu'à une hauteur de travail qui est ensuite maintenue tout le long du processus de débardage. Le chariot se déplace sur ce câble porteur et accroche les grumes via un câble pêcheur.

Le déplacement du chariot est réalisé soit via un câble tracteur, parfois assisté d'un câble retour, soit via un moteur directement placé sur le chariot (chariot automoteur).



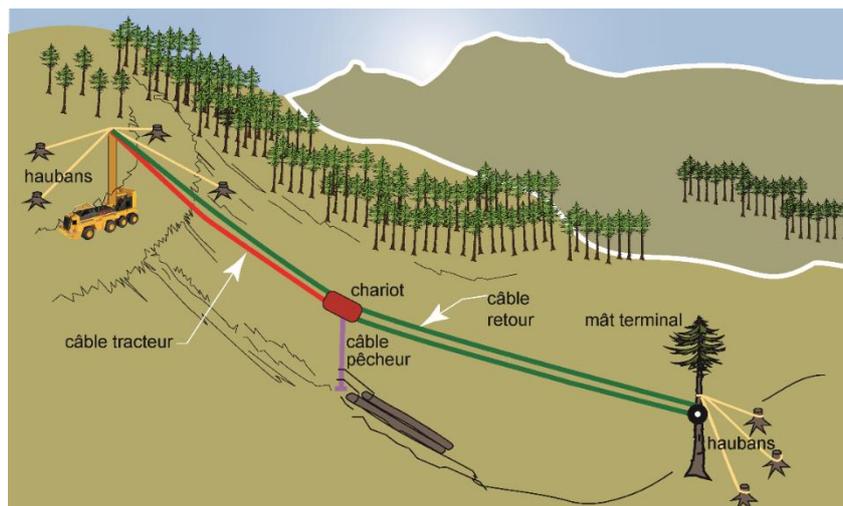
Système de débardage par câble fixe (Source : FCBA)

Câble porteur libre « Running skyline »

Ce système a été utilisé en France dans le passé, mais ne l'est plus aujourd'hui, pas plus qu'en Suisse. Il est fréquemment utilisé dans les pays scandinaves et en Amérique (nord et sud).

Dans cette configuration, le câble porteur est libre : partant du treuil, il est accroché à une poulie en bout de ligne et revient s'accrocher sur le chariot qui se déplace sur « l'aller » du câble porteur. Le câble porteur fonctionne donc comme un câble retour et permet ainsi le déplacement du chariot vers le bout de ligne (voir figure ci-dessous).

Le câble tracteur permet de déplacer le chariot vers le treuil de la machine. De ce fait, le câble porteur bouge en même temps qu'il supporte la charge, c'est pourquoi ce système est appelé « Câble libre ». Les tensions dans les câbles sont beaucoup moins importantes et nécessitent donc moins d'ancrages. Il est privilégié pour des lignes courtes (500 - 600 m).



Système de débardage par câble libre (Source : FCBA)

La mise en tension des câbles tracteur et retour permet de lever le chariot et la charge. Le relâchement du câble tracteur permet de descendre le câble pêcheur (qui est le même que le tracteur), par un jeu de poulies dans le chariot. Lorsque la charge est accrochée, c'est l'ensemble de la ligne qui se déplace latéralement lors de la mise en tension, jusqu'à ce que la charge soit sous l'axe de ligne principale.

B. Différentes configurations en câble fixe

Les chantiers sont généralement classés selon le sens de déplacement des bois, ce qui engendre des organisations différentes (abattage, débardage, stockage...).

Débardage à la montée

Les bois sont tractés vers le haut de la pente. Un treuil de la machine, positionné en haut de coupe, assure la remontée des bois, via un câble tracteur accroché au chariot. La descente du chariot à vide est gravitaire ou actionnée par le câble retour.

Les matériels permettant la récolte dans ces configurations doivent être équipés d'un câble porteur et d'un câble tracteur (ainsi que d'un câble pêcheur) : ce sont les systèmes à 2 ou 3 câbles.

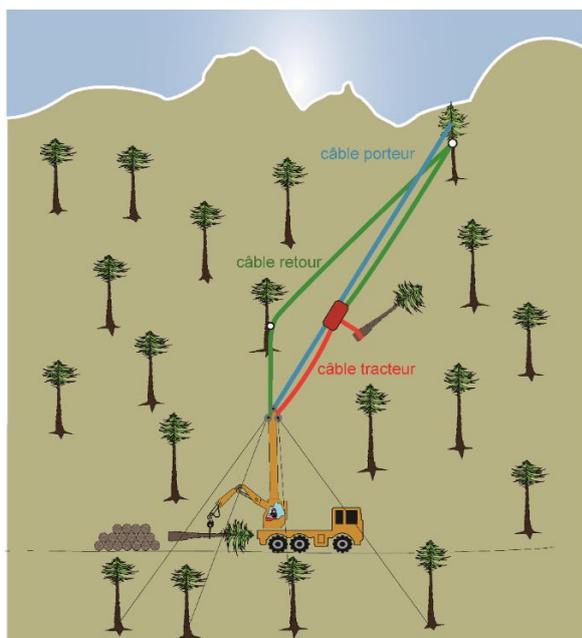
Débardage à la descente

Les bois sont déplacés vers le bas de la pente. La machine peut être positionnée soit en haut soit en bas de la coupe, selon ses propres spécificités (câble mât ou long, présence d'un câble retour, d'un chariot automoteur...).

Avec un câble long

La descente du chariot chargé est gravitaire et est contrôlée par le câble tracteur relié au treuil situé en haut de la coupe. La remontée à vide du chariot sur coupe s'effectue via le câble tracteur (voir première figure du chapitre). Le treuil doit être positionné en haut de la coupe et utilise 2 câbles (porteur + tracteur) pour fonctionner.

Avec un câble mât



*Système de débardage par câble fixe avec câble retour
(Source : FCBA)*

La machine est placée en bas de la coupe. Deux câbles assurent le déplacement du chariot. La descente du chariot chargé est assurée par le câble tracteur et est contrôlée par le câble retour. La remontée à vide du chariot sur coupe s'effectue via un câble retour. Un câble retour demande plus de temps d'installation, mais permet un déplacement régulier et plus rapide du chariot, limitant également les chocs et l'usure du matériel.

Les matériels permettant la récolte dans ces configurations doivent être équipés d'un câble porteur, d'un câble tracteur (+ pêcheur) et d'un câble retour : ce sont les systèmes à 3 câbles.

NB : les matériels à 3 câbles peuvent également être utilisés à plat ou à la montée.

Dans cette configuration, lorsqu'un matériel à 2 câbles (pas de câble retour) est utilisé en débardage à la descente, il est nécessaire d'utiliser un chariot automoteur qui se déplace seul sur le câble porteur, remonte à vide et descend en charge.

C. Différents matériels existants

Il existe différents modèles de câbles ayant des capacités différentes (longueur, charge, ...) et qui sont utilisés dans des configurations de terrain variables.

La diversité du langage (voir également glossaire)	
France	Suisse
Câble long	Câble conventionnel
Câble mât	Câble grue mobile
Câbliste	Câbleur

Câble long

Le câble long, aussi appelé câble conventionnel ou téléphérique, fonctionne uniquement en montagne. Avec cette technique, il est possible d'intervenir sur de longues distances.

En amont de la ligne, le treuil est installé sur une luge disposée sur une plateforme généralement en bois construite par l'équipe (voir photos ci-dessous). La luge est souvent déposée en amont de la coupe par hélicoptère. Le câble porteur est tendu à l'aide des engins de reprise et de systèmes de moufles et de serrage de câble (mordaches). Le treuil a pour fonction de gérer le déplacement du chariot via le câble tracteur.



Treuil d'un câble long (Source : FCBA)

Le débardage se fait principalement en descente, par gravité. Le chariot est ensuite remonté à vide dans le peuplement grâce au câble tracteur (voir première figure du chapitre).

Trois personnes doivent être présentes sur le chantier au minimum :

- Un opérateur treuilliste gère le treuil en amont du chantier, et ainsi le déroulement et enroulement du câble tracteur, afin de suivre le déplacement du chariot le long du câble porteur. Des développements récents permettent de piloter à distance le treuil, supprimant ainsi potentiellement un opérateur ;
- Un accrocheur situé sur la coupe, élingue la grume et l'accroche au câble pêcheur du chariot ;
- Un décrocheur se trouve en bas de la pente et réceptionne les bois sur la place de dépôt, à l'aide d'un engin de reprise ;
- D'autres opérateurs peuvent être sollicités selon les configurations du terrain (visibilité des postes).

Caractéristiques techniques d'un câble long (Source : FCBA)

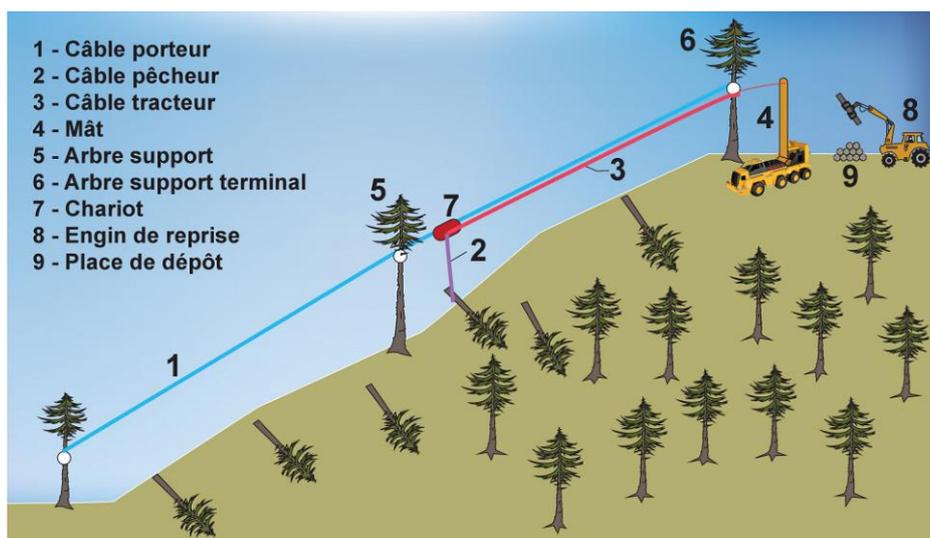
Longueur maximale de ligne	2 000 mètres
Capacité de levage	2 à 6 tonnes
Coût d'investissement	250 000 € comprenant luge, chariot, câbles et accessoires
Temps d'installation	1 à 4 jours à 3 personnes
Desserte optimale	1 km route / 100 ha

Le coût de fonctionnement est élevé (3 opérateurs, cycles longs limitant la productivité, et temps d'installation et de démontage importants). Son utilisation est en diminution nette dans les Alpes Françaises: 10 % des entreprises câblistes françaises l'utilisent, contre 32% en Suisse romande. En 2016, seulement 3 câbles longs sont utilisés occasionnellement dans les Alpes en France.

Câble mât

Le câble mât s'est développé depuis les années 1990. Il est utilisé autant en zone de montagne qu'en plaine et concentre en un même lieu les câbles, les moteurs, le mât et le pilotage (informatique).

La technique de débardage par câble mât est la plus répandue, en Suisse romande comme en France. Son utilisation est généralement plus aisée et permet de répondre à un nombre important de configurations de chantiers. Le fonctionnement du câble mât est assez différent du système du câble.



Principe d'un câble mât (Source : FCBA)

Comme son nom l'indique, le câble mât (ou câble grue mobile en Suisse), possède un mât pouvant atteindre 17 m de hauteur. À la base du mât, plusieurs treuils permettent de gérer les divers câbles :

- Un treuil accueille le câble porteur et permet de tendre ce dernier à la tension voulue ;
- Un treuil permet de dérouler le câble tracteur qui passe dans une poulie au sommet du mât. Le câble tracteur est connecté au chariot, qui se déplace sur le câble porteur ;
- Un treuil pour la gestion du câble retour est présent sur certaines machines. Il est synchronisé avec le treuil du câble tracteur afin de garder une tension constante dans les câbles et d'assurer un déplacement régulier et performant du chariot.

Selon la configuration du chantier et le sens de débardage (à la descente, à la montée ou sur le plat), d'autres jeux de câbles et de poulies peuvent être ajoutés afin d'assurer la bonne mobilité du chariot.

Deux personnes au minimum sont nécessaires pour faire fonctionner le mât, selon le degré d'automatisation du matériel :

- Un accrocheur se situe dans la coupe et fixe les bois abattus au câble pêcheur ;
- Un décrocheur se trouve à côté du mât (à l'amont ou à l'aval) et réceptionne les bois sur la place de travail à l'aide d'un engin de reprise (machine de bûcheronnage, débusqueur) permettant le stockage de ces derniers sur place de dépôt. Il veille également au démarrage et à l'arrêt du treuil au pied du mât et au bon fonctionnement de la machine. Sur les matériels modernes, l'accrocheur et le décrocheur peuvent contrôler les treuils et le chariot à distance (radio).

Le mât peut être monté sur 4 types de supports différents : sur un camion, sur une remorque, sur un engin chenillé ou sur la prise de force d'un tracteur agricole équipé forêt.

Généralement, un seul accrocheur est sollicité. Cependant, pour des raisons de sécurité, 2 accrocheurs travaillent à proximité, évitant ainsi de laisser un opérateur seul en forêt, loin des accès.

Caractéristiques techniques d'un câble mât (Source : FCBA)	
Longueur maximale de ligne	Jusqu'à 1 200 mètres (généralement 400 à 800 m) mais existe en 1 500 m (rare)
Capacité de levage	1 à 5 tonnes (selon le type de montage du mât)
Coût d'investissement	Varie grandement en fonction du type de montage du mât : de 80 000 € à 500 000 €
Temps d'installation	0,25 à 2 jours selon le type de montage du mât (nombre de support intermédiaire, présence de câble retour...)
Desserte idéale	3 km route / 100 ha

Mât monté sur remorque tractée ou sur chenilles automotrices

Ce type de matériel est utilisé par 75 % des entreprises câblistes en France et 95 % en Suisse romande. C'est une configuration polyvalente idéale pour effectuer plusieurs types de chantiers, petits comme gros bois.



Câble mât sur remorque (à gauche), câble mât automoteur sur chenilles (à droite) (Source : FCBA)

La logistique associée au transport du câble mât sur remorque étant relativement aisée à mettre en place, puisqu'elle utilise la desserte forestière et le mât peut être déplacé facilement d'un chantier à un autre. Les remorques peuvent être tractées ou automotrices. De gabarit relativement petit, elles permettent de placer le mât autant sur une route que sur une piste forestière et ainsi d'effectuer des coupes à l'intérieur de massifs peu accessibles par manque de route forestière.

Caractéristiques techniques d'un câble mât monté sur remorque (Source : FCBA)

Longueur maximale de ligne	800 mètres
Capacité de levage	2 à 5 tonnes
Coût d'investissement	200 000 € à 450 000 €
Temps d'installation	0,25 à 2 jours selon le type de montage du mât (nombre de support intermédiaire, présence de câble retour...)

Mât monté sur camion



Ce type de matériel est utilisé par 18 % des entreprises câblistes en France, contre 27 % en Suisse romande.

Le transport de ce type d'engin nécessite une logistique appropriée, puisqu'il ne peut pas rouler sur tous les types de desserte : son utilisation implique l'existence d'une route forestière pour accéder au chantier.

Ce type de mât est coûteux à l'investissement mais transporte généralement des charges plus importantes sur le chariot, sur des longueurs de lignes plus grandes. Il permet donc de débarder de gros volumes de bois sur une seule coupe.

Mât monté sur camion (Source : FCBA)

Caractéristiques techniques d'un câble mât monté sur camion (Source : FCBA)

Longueur maximale de ligne	1 000 à 1 200 mètres
Capacité de levage	2 à 5 tonnes
Coût d'investissement	300 000 € à 600 000 €
Temps d'installation	0,5 à 2 jours selon le type de montage du mât (nombre de support intermédiaire, présence de câble retour...)

Mât monté sur camion avec grue et engin de reprise intégrés



Ce type de matériel permet de transporter à la fois le mât mais aussi l'engin de reprise sur la plateforme du camion. Deux équipements fonctionnent en France et deux en Suisse romande.

L'engin de reprise étant directement présent sur le camion, il n'y a pas de problème d'encombrement lorsque la route est étroite.

Câble mât monté sur camion avec grue de reprise intégrée (Source: FCBA)

Cependant le traitement des bois doit être effectué dans un rayon d'action restreint à la longueur du bras de la grue.

La place de dépôt doit ainsi être adaptée et la logistique des camions doit permettre l'évacuation régulière des bois. Ce système est très adapté aux billons.

Caractéristiques techniques d'un câble mât monté sur camion avec grue de reprise intégrée (Source : FCBA)	
Longueur maximale de ligne	1 000 à 1 200 mètres
Capacité de levage	2 à 5 tonnes
Coût d'investissement	450 000 € à 750 000 €
Temps d'installation	0,5 à 2 jours selon le type de montage du mât (nombre de support intermédiaire, présence de câble retour...)

Mât monté sur la prise de force d'un tracteur

D'un investissement plus réduit, cet équipement est bien adapté aux zones de moyenne montagne, pour des bois de petits volumes unitaires (inférieurs à 1.5 m³) et aux coupes de faible volume global. Il a la particularité de bénéficier d'un montage et d'une installation de ligne rapides, dû principalement aux lignes courtes.



Câble mât monté sur un tracteur agricole (Source : FCBA)

Le tracteur apporte une grande mobilité et permet de s'adapter à de nombreuses configurations de terrain (disponibilité des ancrages par exemple). Il permet de s'implanter sur une piste forestière ou même un chemin difficilement circulaire en remorque. De plus, le système de montage sur le tracteur agricole est simple et rapide : le mât se fixe sur l'attelage trois points et le tambour du treuil est branché directement sur la prise de force du tracteur.

Il est pratique à transporter d'un chantier à un autre et ne nécessite donc pas de logistique complexe. Il convient très bien aux charges peu importantes et aux chantiers nécessitant un temps de cycle de chariot assez court. L'engin de reprise des bois doit donc être suffisamment mobile pour éviter un engorgement de la place de dépôt.

Il est utilisé par 7 % des entreprises câblistes en France, et 5 % en Suisse romande.

Caractéristiques techniques d'un câble mât monté sur tracteur agricole (Source : FCBA)	
Longueur maximale de ligne	500 mètres
Capacité de levage	1 à 3 tonnes
Coût d'investissement	60 000 € à 150 000 € (sans tracteur)
Temps d'installation	0,25 à 1 jour à 2 personnes

Adaptation sur pelle mécanique

Des adaptations de mât peuvent se faire sur des pelles mécaniques. L'intérêt est la réduction des investissements et la réduction (voir la suppression) des haubans, la lourde pelle pouvant assurer à elle seule la stabilité du système. La mobilité de la pelle permet également d'accéder à des secteurs hors desserte forestière ou de laisser un champ libre à la réception des bois dans les espaces confinés. Comme pour les autres systèmes, un engin de reprise est nécessaire.

Un matériel est présent en France en 2018, 2 en Suisse romande.



Câble mât Grizzly monté sur une pelle mécanique (Source : Herzog Forsttechnik)

Caractéristiques techniques d'un câble mât monté sur pelle mécanique (Source : FCBA)

Longueur maximale de ligne	400 mètres
Capacité de levage	1.5 à 3 tonnes
Coût d'investissement	200 000 €, incluant mât et chariot, sans pelle
Temps d'installation	Environ 0.5 jour à 3 personnes

Systèmes sans mât

Câble porteur et treuil sur tracteur agricole

Ces types de câbles sont fréquemment utilisés en Allemagne, Autriche et Italie en complément d'activité. Deux câbles de ce type fonctionnent occasionnellement en France, a priori aucun en Suisse Romande.



Treuil et chariot Maxwald à gauche, chariot Savall à droite (Source : FCBA)

Ces câbles de petite capacité de levage (1 tonne pour le Maxwald ; 1,5 tonnes pour le Savall), sont des systèmes plus rustiques, le câble porteur étant tendu manuellement par mouflage. Ils ne fonctionnent généralement qu'à la montée, la remontée en charge du chariot étant assurée par un câble tracteur via un treuil disposé sur la prise de force d'un tracteur agricole. La descente du chariot est gravitaire.

Les coûts d'acquisition sont faibles, ainsi que les rendements (faible charge, peu d'automatisation).

Caractéristiques techniques des câbles Maxwald et Savall (Source : FCBA)	
Longueur maximale de ligne	200 à 300 mètres
Capacité de levage	1 à 1,5 tonnes
Coût d'investissement	15 000 € à 25 000 €, sans tracteur
Temps d'installation	0,5 jours à 2 personnes

Câble porteur fixe et chariot automoteur

Certaines configurations de terrains se prêtent au seul usage d'un câble porteur associé à un chariot automoteur. Le câble porteur est tendu par mouflage (voir photo de gauche ci-dessous), généralement assisté d'une pelle mécanique, et verrouillé par une mordache : une pince sur le câble (voir photo de droite). Sur ce câble porteur, le chariot automoteur (voir partie 2 chapitre 1.2 « Chariots ») circule librement.

Ce système a l'avantage d'une grande simplicité d'installation. Le matériel et les investissements sont également réduits. La simplicité d'utilisation demande cependant plus de vigilance dans son usage (tension, masse embarquée).

Le contexte d'utilisation est cependant limité : la descente des bois doit être privilégiée, sur une pente limitée à 80 % (capacité du chariot automoteur). Au-delà de 600 m, la productivité est réduite !



Mouflage (Source : ACSR)



Accroche du câble porteur par mordache (Source FCBA)

Caractéristiques techniques des câbles porteur associés à un chariot automoteur (Source : FCBA)	
Longueur maximale de ligne	800 mètres
Capacité de levage	3 tonnes (selon le chariot)
Coût d'investissement	100 000 € minimum incluant câble porteur, systèmes d'enroulage et d'accroche, chariot automoteur et treuil de montage
Temps d'installation	1 à 3 jours à 2 personnes

En synthèse, le câble aérien permet l'exploitation autant de gros bois que de petits bois, grâce à des types de matériels de débardage par câble aériens adaptés et adaptables. Chaque type de matériel montre une utilisation optimale dans un contexte environnemental et économique particulier.

Les petits câbles, présentant une faible capacité de levage et une petite longueur de ligne (mât monté sur tracteur ou systèmes sans mât), sont plus adaptés pour des chantiers de faible longueur, à rotations courtes, sur des peuplements de petits ou moyens bois. Les matériels plus imposants, avec un mât monté sur remorque ou directement sur un camion, permettent de réaliser de plus gros chantiers, dans une pente présentant des obstacles sur une grande longueur avec des moyens et gros bois. Le câble long présente la plus grande longueur de ligne mais il est long à installer et coûte plus cher au fonctionnement que les autres systèmes, d'où sa quasi disparition.

Tous ces facteurs doivent être pris en compte lors de la programmation d'un chantier de débardage par câble aérien pour sélectionner le matériel le plus approprié.

L'astuce du câbleur futé



Le choix de son matériel

Pour choisir son matériel, l'entreprise doit prendre en compte plusieurs éléments :

- Les caractéristiques des principaux chantiers à venir dans sa zone d'action : longueurs de lignes, volumes unitaires des bois, volumes moyens des coupes, typologie des accès au chantier, configurations des chantiers (machine en haut ou en bas), permettant d'identifier **le besoin technique en matériel** ;
- Le matériel existant sur la zone d'action, pour éventuellement se démarquer et offrir un service complémentaire, dans **un marché concurrentiel** ;
- Sa santé financière, sa trésorerie ainsi que sa stratégie d'investissement pour définir une fourchette de **prix d'acquisition du matériel** ;
- **Les compétences techniques** du personnel de l'entreprise.

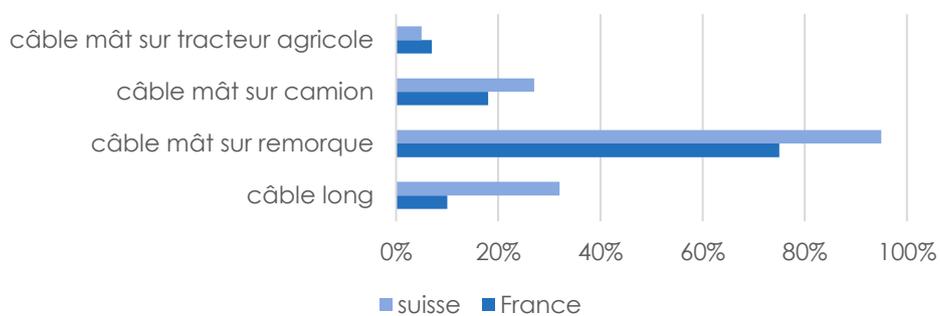
Parc matériel en France et en Suisse en 2016

Une enquête menée en 2016 en France et en Suisse Romande a dénombré respectivement 20 et 23 entreprises sur chaque territoire.

Le matériel utilisé au sein des entreprises est assez similaire dans les 2 pays :

- Le câble mât monté sur remorque est largement majoritaire en France et en Suisse ;
- Le câble long est très utilisé en Suisse alors qu'il a tendance à disparaître en France ;
- Les petits câbles montés sur tracteurs sont plus présents en France qu'en Suisse ;
- Environ la moitié des entreprises suisses possèdent plusieurs types de matériels, contre moins de 10 % en France.

Pourcentage des entreprises utilisant un type de matériel de débarbage par câble aérien



Proportion des entreprises en France et en Suisse Romande utilisant un type de matériel de débarbage par câble aérien en 2016 (Source FCBA, ACSR)

Rédacteurs :

FCBA : Chloé Boldrini, Paul Magaud

1.2 Chariots

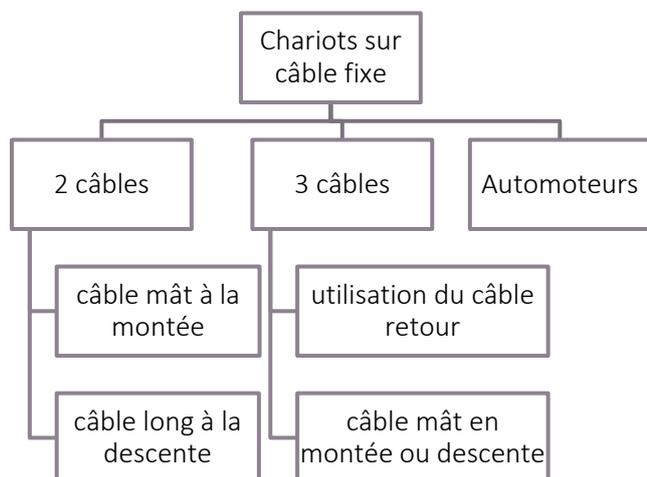
A. Typologie des chariots

Le chariot est l'élément du système de débardage par câble qui se déplace le long du câble porteur afin de débarder les grumes et billons qui ont été abattus dans le peuplement.

Chaque type de chariot fonctionne avec un nombre de câbles différents. Son choix doit être lié au type de mât utilisé.

Ce chapitre identifie les différents types de chariots existants fonctionnant sur les systèmes de câble porteur qui sont principalement utilisés en Europe, en France et en Suisse.

Chariots sur câble porteur fixe



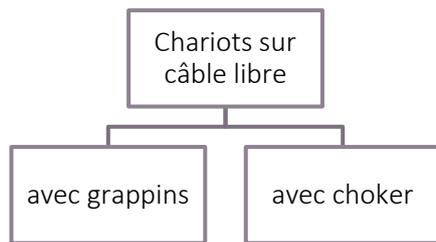
La grande majorité des chariots utilisés sur les systèmes de câbles fixes sont dits « slackpulling » en anglais. Ce terme désigne le système où un câble sort du chariot (câble pêcheur) et peut être tiré sur les côtés du chariot afin d'être accroché aux billons / grumes (sa longueur est donc variable). Ce système permet de débarder les bois sur une grande largeur sous la ligne de câble par sa souplesse d'utilisation.

Classification des différents types de chariots sur câble fixe (source FCBA)

Le câble qui accroche le bois est appelé câble pêcheur ou plongeur. Il peut être :

- Soit dissocié du câble tracteur et provenir directement d'un tambour motorisé présent dans le chariot (exemple : Liftliner, Cargo, Woodliner ...)
- Soit la continuité du câble tracteur, et être déroulé :
 - par une assistance motorisée sur chariot, soit la majorité des cas aujourd'hui (exemple : Wyssen, Bergwald) ;
 - par gravité (exemple : Bergwald, Wyssen) ;
 - à l'aide du câble retour (exemple : Sherpa 3T).

Chariots pour câble porteur mobile



Il existe des chariots dits « non-slackpulling », c'est-à-dire que le système d'accroche des bois est de longueur fixe sous le chariot. Ce peut être des chokers ou des grappins accrochés directement sous le chariot. Ce système fonctionne cependant exclusivement sur les câbles porteur mobiles qui permettent de baisser la ligne de câble et le chariot avec, pour s'approcher du sol et des bois à accrocher.. Il est généralement associé à une récolte en coupe rase, mécanisée, qui regroupe des bois sous la ligne de câble. Ces chariots ne sont pas utilisés en France ni en Suisse.

Classification des différents types de chariots sur câble porteur mobile (source FCBA)

B. Fonctions des chariots

Blocage du chariot sur la ligne

Le déplacement du chariot est assuré par le câble tracteur, le câble retour (selon les cas) ou le moteur du chariot (automoteur).

Pour fonctionner, le chariot doit être maintenu immobile sur le câble porteur durant les opérations d'accrochage et de remontée des billons/grumes, puis de déchargement sur place de dépôt. Deux solutions permettent de maintenir le chariot en place :

- Le chariot lui-même peut être équipé de mâchoires de blocage (freinage et immobilisation) actionnées par diverses sources d'énergie. Cela concerne la majorité des chariots actuels ;
- Auparavant, certains chariots étaient maintenus par des dispositifs extérieurs installés sur le câble porteur, comme des plaques d'arrêt ou des stop-chariots ;
- Dans le cas des automoteurs, le chariot est immobilisé par les freins des moteurs hydrauliques.

Mâchoires de blocage sur le câble porteur

C'est un dispositif qui permet d'immobiliser le chariot sur le câble porteur via deux mâchoires qui serrent le câble porteur, gérées par une pompe hydraulique. Le pilotage est réalisé par radiocommande, ou par un interrupteur automatique, soit encore mécaniquement par un changement de direction du chariot.

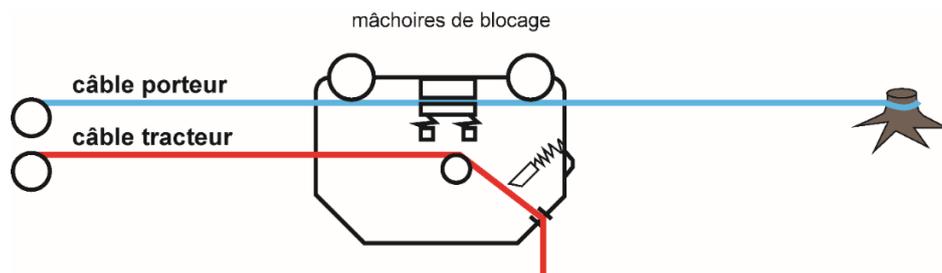


Schéma représentant les mâchoires de blocage sur le câble porteur (Source : FCBA)

Contrôle de la position de la charge

Une fois la charge accrochée au câble pêcheur, celui-ci la remonte sous le chariot. La charge est alors maintenue de plusieurs façons possibles en l'air pendant son déplacement.

Blocage mécanique en butée

La plupart des chariots sont aujourd'hui équipés d'un système de sécurisation de la charge en position proche du chariot. Un mécanisme de blocage est ajouté au bout du câble afin de maintenir les bois en position pendant le débardage.

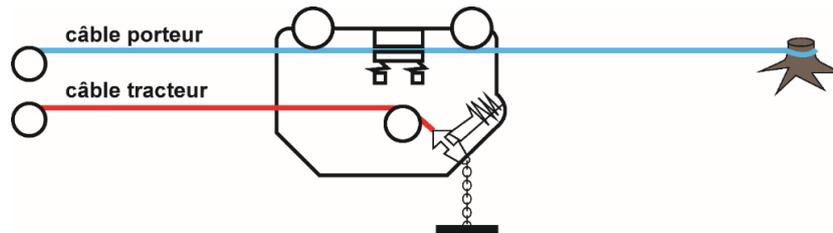


Schéma du système de blocage de la charge en bout du câble tracteur/pêcheur
(Source : South African Cable Safety and Operating Handbook, Traduction : FCBA)

Pour que ce système fonctionne, il faut que le câble tracteur soit entièrement remonté et que le crochet soit engagé dans le chariot pour que le blocage du câble intervienne.

Exemples de chariot fonctionnant avec ce dispositif : le HY2 et HY4 avec pendule de Wyssen

Blocage par mâchoires

Dans le cas où le câble tracteur passe dans le chariot puis devient le câble pêcheur, il est possible de sécuriser la charge en bloquant le déroulement du câble, grâce à des mâchoires de blocage. Ce système permet de bloquer le câble n'importe où sur sa longueur, à l'inverse du système de blocage mécanique. Il est ainsi possible d'être plus souple sur la longueur de câble entre la charge et le chariot.

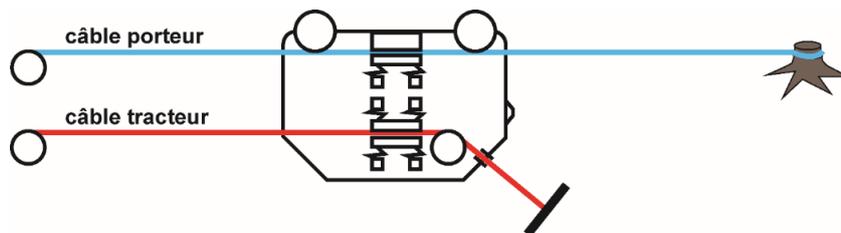


Schéma représentant les mâchoires de blocage sur les câbles porteur et tracteur
(Source : South African Cable Safety and Operating Handbook, Traduction : FCBA)

Exemples de chariot fonctionnant avec ce dispositif : le Sherpa, Bergwald, Wyssen

Blocage par tension du câble tracteur

Sur certains chariots, c'est la tension du câble tracteur qui maintient la charge proche du chariot pendant le débardage. Cette tension n'est cependant pas toujours constante, et cela induit un déplacement vertical de la charge pendant le déplacement du chariot. Les billons ainsi accrochés sont soumis à des mouvements. Le contact d'une charge avec le sol en terrain irrégulier peut provoquer une usure du matériel plus rapide, et peut infliger des dégâts au peuplement restant. Ce système est peu utilisé en France et en Suisse.

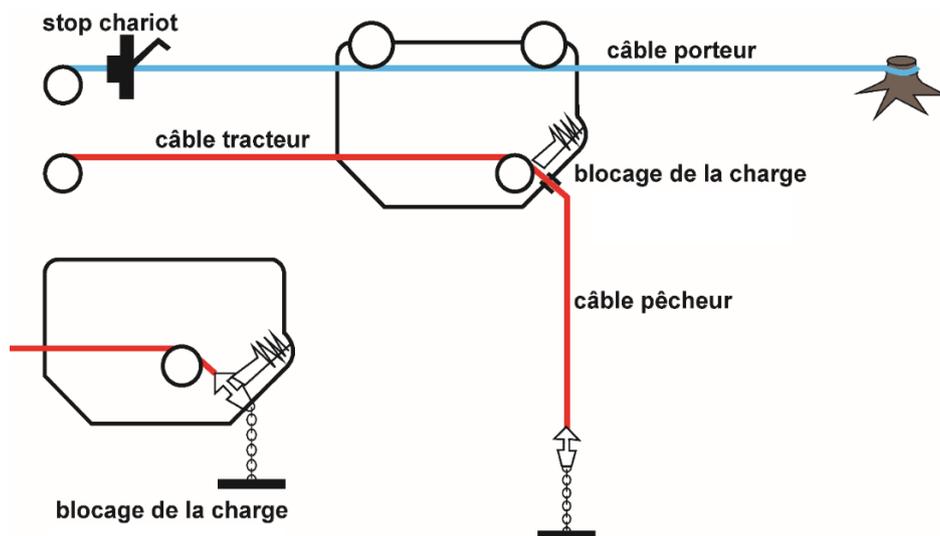
Exemples de chariot fonctionnant avec ce dispositif : le Maxwald ou le Ritter

C. Chariots pour câble fixe

Chariot 2 câbles : Chariot gravitaire

On utilise un chariot gravitaire, uniquement avec un câble porteur et un câble tracteur, dans les configurations suivantes :

- Pente > 30 % ;
- Câble mât à la montée. Il fonctionne alors simplement en 3 étapes :
 - 1) Il descend le long de la ligne de câble par gravité ;
 - 2) Il est immobilisé à l'emplacement souhaité grâce à des mâchoires de blocage ;
 - 3) Il est remonté en charge sous l'action du câble tracteur.
- Câble long à la descente. Le chariot continue de descendre avec la charge jusqu'à la zone de dépôt, contrôlé par le câble tracteur installé sur le treuil luge.



Configuration chariot 2 câbles

(Source : South African Cable Safety and Operating Handbook, Traduction : FCBA)

Exemples de chariot fonctionnant avec ce dispositif : le HY2 de Wyssen

Chariot 3 câbles : utilisation d'un câble retour

On utilise les chariots 3 câbles dans les configurations de câblage avec câble retour : au câble mât, dans toutes les configurations de terrain rencontrées, à la montée comme à la descente ou à plat.

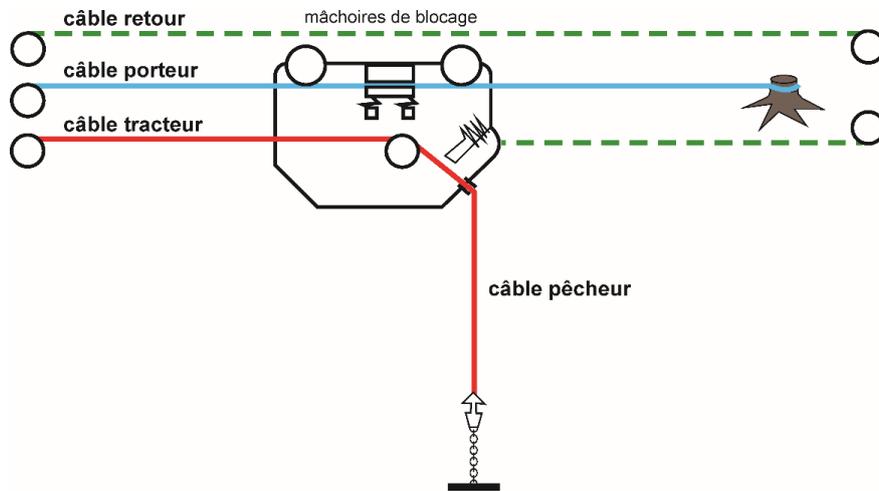


Schéma d'un chariot nécessitant un câble retour.

(Source : South African Cable Safety and Operating Handbook, Traduction : FCBA)

Les étapes de fonctionnement se décomposent comme suit pour un débardage à la descente et machine en bas :

- Déplacement vers l'amont du chariot à vide sur le porteur grâce au câble retour ;
- Immobilisation à l'emplacement souhaité grâce à des mâchoires de blocage ;
- Déplacement en charge grâce au câble tracteur et au câble retour qui, synchronisés, contrôlent le chariot.

Exemples de chariot fonctionnant avec ce dispositif : le Sherpa 3T, le MSK 3 de Koller, le Bergwald 5000.

Chariot automoteur

Les chariots automoteurs s'utilisent dans des configurations de débardage à la descente ou à plat uniquement. Ils peuvent se déplacer sur des pentes allant jusqu'à 20 % à la montée, et 80 % à la descente.

Leur utilisation impose davantage de supports, car ils sont plus lourds.

Ils sont complètement autonomes, autant dans leur déplacement sur le câble porteur que pendant la phase d'accroche des bois au câble pêcheur. Il n'y a ainsi besoin ni de câble tracteur, ni de câble retour. Ces chariots contiennent le câble pêcheur dans un tambour interne, ainsi que le treuil pour l'actionner.

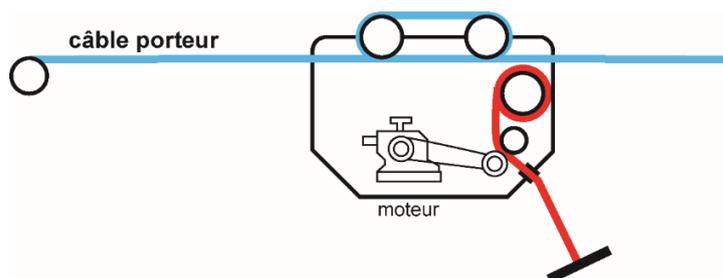


Schéma d'un chariot automoteur (Source : FCBA)

L'exemple le plus connu de chariot automoteur est le Woodliner de Konrad.

Données techniques Woodliner	Woodliner 3000 et 4000
Capacité de traction	25 - 35 kN
Puissance	73,5 kW/100 CV
Vitesse d'avancement	0 - 6 m/sec
Diamètre câble porteur	22 mm
Diamètre câble pêcheur	12 mm
Longueur câble pêcheur	60 m
Poids	1 170 kg
Mesure (longueur x largeur x hauteur)	1650 x 1490 x 660 mm



Données techniques woodliner (Source : Forsttechnik)

Woodliner de Konrad (Source : Forsttechnik)

Certains chariots comportent un système de roulement à 3 poulies sur le câble porteur, ce qui permet de limiter son usure. Par exemple : le chariot canadien Teleforest.

Il est important de noter que, pour les chariots non automoteurs, l'utilisation du câble retour est nécessaire dans les configurations de débardage à la descente ou sur terrain plat.

Double chariot

Pour éviter que les bois ne touchent le sol (champs, falaise, ...), il est possible de jumeler 2 chariots ensemble. Les bois sont ainsi convoyés à l'horizontale, chaque bout étant accroché à un chariot. Dans cette configuration, le temps d'accrochage et de décrochage est augmenté, mais les impacts au sol totalement supprimés.



Double chariot (Source : ACSR)

D. Gestion du câble pêcheur

L'énergie nécessaire pour actionner le câble pêcheur peut provenir de différentes sources, soit placée sur le mât, soit sur le chariot lui-même.

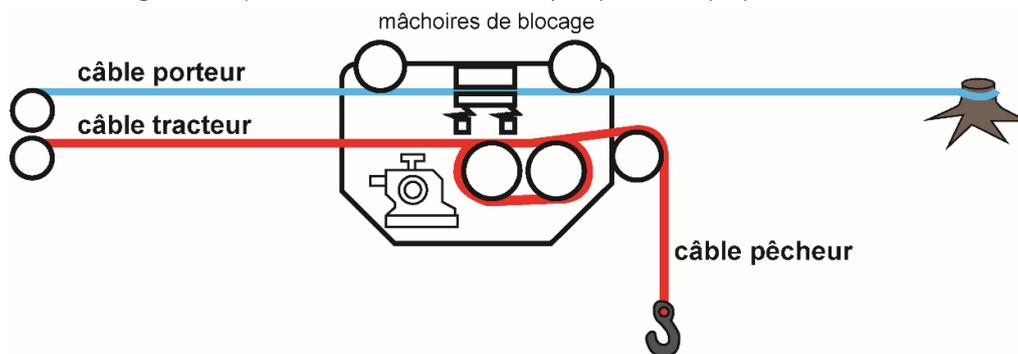
Énergie provenant du chariot

Le chariot est équipé d'un mécanisme qui permet de tendre et détendre les différents câbles. Il est ainsi bien plus lourd que les autres types de chariots, et est généralement équipé d'électronique pour contrôler les différentes opérations du débardage.

Plusieurs sources d'énergie sont utilisées : moteurs thermiques, hydrauliques, ou électriques. Pour réduire la consommation d'énergie et la maintenance, nombreux constructeurs proposent des systèmes de récupération d'énergie, électrique, hydraulique voire mécanique (systèmes à ressorts).

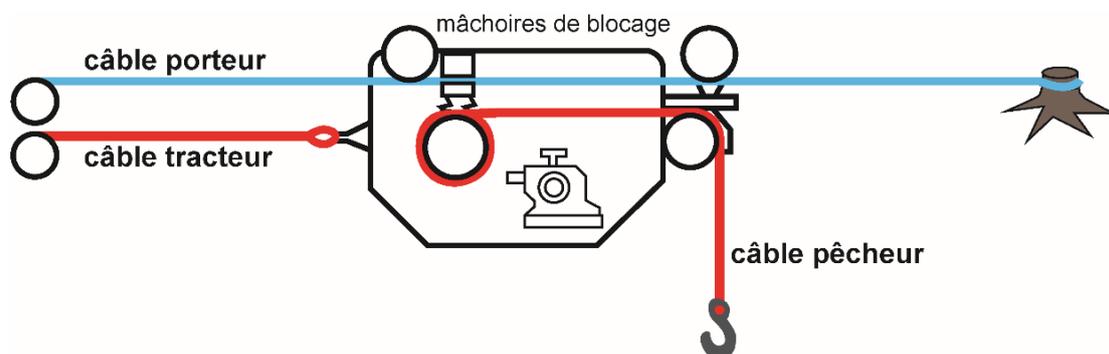
Quelle que soit la source d'énergie, ces chariots peuvent fonctionner de deux manières différentes :

- 1) Le câble pêcheur est une extension du câble tracteur. Le chariot permet de dérouler le câble (assistance au déroulage), mais c'est le treuil du mât qui permet de faire remonter le câble une fois la charge fixée. (*chariot CableCar 30 de Prysis par exemple*).



*Chariot mécanique avec énergie provenant du chariot et câble pêcheur étant le prolongement du câble tracteur
(Source : Carriages for skylines, Traduction : FCBA)*

- 2) Le câble pêcheur est contenu directement dans un tambour dans le chariot, et celui-ci à la fois déroule et enroule le câble dans ce tambour (*Lifliner 4000 de Konrad par exemple*).



*Chariot mécanique avec énergie provenant du chariot et câble pêcheur contenu dans le chariot
(Source : Carriages for skylines, Traduction : FCBA)*

Énergie provenant du mât

Afin de pouvoir utiliser l'énergie mécanique du mât, un câble supplémentaire de « traction mécanique » est utilisé, reliant le système « chariot » au treuil du mât. Ce câble, passant par des jeux de poulies, permet d'actionner la remontée du câble pêcheur.

Ces chariots, plus rustiques, et fréquemment montés sur les câbles mobiles, ne sont plus utilisés en France et en Suisse.

L'astuce du câbleur futé



Bien choisir son chariot

Le chariot est un **élément clé** dans l'installation de câble aérien, car c'est le **point de connection** entre les grumes et l'installation.

Pour bien choisir son chariot, il faut se poser quelques questions :

- **Configurations de lignes** : à la montée, à la descente, à plat ? Quelle est la pente moyenne ? Quelle est la longueur moyenne des lignes ?
- **Masse accrochée** (en lien avec les capacités de l'installation) ?
- **Matériel associé** : avec ou sans câble retour ?
- **Énergie** souhaitée pour son déplacement, pour la gestion du câble pêcheur ?
- Mode de **pilotage à distance** attendu (en lien avec l'éventuel ordinateur de bord, radiocommande...) ?
- **Entretien et réparations** aisées ? Réactivité du SAV ?

Plusieurs chariots sont généralement présents dans les entreprises, adaptés à l'équipement, avec leurs **spécificités** pour répondre à la **configuration** du chantier.

Rédactrice :

FCBA : Chloé Boldrini

1.3 Câbles

Il existe divers types de câbles, chacun adapté au domaine d'utilisation souhaité ou aux conditions d'exploitation. Le choix du câble approprié est primordial pour assurer la sécurité du chantier et le bon fonctionnement des installations.

Les câbles métalliques, ou câbles acier, constitués de fils d'acier sont les plus utilisés actuellement en débardage aérien. Les câbles synthétiques, un peu plus chers à l'achat, présentent l'avantage d'être plus légers. Ils peuvent être utilisés pour le haubanage des câbles-mâts, des supports, ou comme cordine / câblette pour le montage du câble porteur.

Afin de garantir la sécurité des chantiers, il convient de vérifier et consigner régulièrement l'état des câbles, et le cas échéant, de les remplacer rapidement.



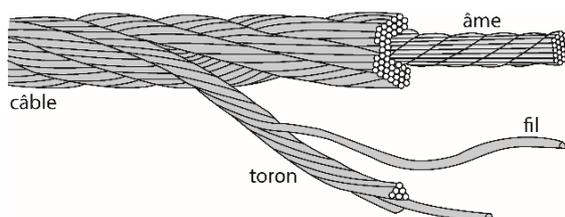
Le mât et ses câbles (Source : CFPP)

A. Structure des câbles

Torons et spirales

On rencontre deux types de câbles, qui se différencient par la manière dont les fils sont arrangés.

- **les câbles toronnés (torsadés)** : sont les plus utilisés en forêt. Ils sont constitués d'un ou plusieurs torons arrangés en spirale autour d'un noyau, appelé « âme ». Le toron, constitué de fils, peut se définir comme l'unité constituante d'un câble, lui-même étant un petit câble de diamètre et de résistance inférieurs au câble final.



Constitution d'un câble (Source : FCBA)

Il en existe de deux sortes :

- câbles toronnés simples : les fils des torons ont la même épaisseur / diamètre ;
- câbles toronnés spéciaux : les fils des torons ont plusieurs diamètres différents.

- **les câbles spiralés (clos)** : ne sont pas utilisés en forêt. Une ou plusieurs couches de fils sont enroulées autour d'un fil central sans « âme », le tout en acier. Un câble spiralé représente souvent une unité de toron.

Âme du câble

La partie centrale du câble s'appelle donc l'âme. Les câbles peuvent posséder une âme textile ou une âme métallique. Une âme textile donne plus d'élasticité au câble et permet un meilleur pliage, alors qu'une âme métallique offre plus de résistance.

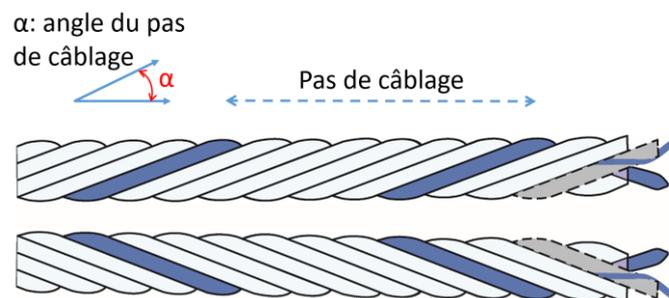
Sur les étiquettes descriptives des câbles, un câble à âme textile est décrit par l'abréviation FC (« textil fiber core ») et un câble à âme métallique par l'abréviation IWRC (« steel wire core »).

Pas de câblage

La longueur du pas de câblage est la distance nécessaire au fil ou au toron pour accomplir un tour complet de câble.

L'angle du pas de câblage α est l'angle formé entre l'axe du câble et l'orientation du fil ou du toron dans le câble.

Les câbles peuvent être croisés à droite ou à gauche par rapport à l'axe du câble. Selon leurs utilisations, se référer impérativement aux données des constructeurs de la machine et des câbles aciers.



*Rotation droite ou gauche. Le sens de rotation est généralement identique, sauf pour les câbles anti torsion
(Source : CODOC, Dessin : FCBA)*

Câbles antigiratoire

Il existe également des câbles antigiratoire, ou plus exactement des câbles ayant peu tendance à tourner. Ce sont des câbles conçus de plusieurs couches superposées de torons à enroulement opposé.

Ils sont utilisés principalement lors de levage de charges non guidées, comme par exemple le câble pêcheur ou câble plongeur. Puisque les moments de forces rotatives des torons s'annulent partiellement, le câble a moins tendance à tourner.

Leur utilisation est à éviter dans l'activité de débardage forestier, car la durée de vie de ces câbles est courte.

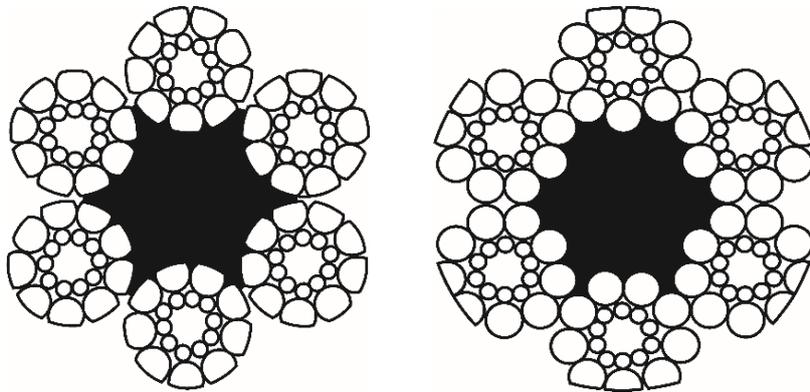
Compaction

À diamètre équivalent, un câble compacté est plus résistant à la traction. Le compactage diminue d'environ 20 – 30 % la section du câble métallique et augmente la possibilité de remplissage du câble sur le tambour.

Pour compacter un câble, celui-ci passe dans une machine « Swaging » dans laquelle il est martelé à haute fréquence. Ainsi, le diamètre du câble se compacte. Ce procédé évite l'allongement de la structure. Après compactage, un câble est tout à fait rond. Sa durée de vie se voit augmentée. Le compactage peut également se faire par laminage ou tréfilage.

On distingue deux types de câbles compactés.

- Les **câbles à torons compactés**, dont les torons sont martelés avant le tressage ;
- Les **câbles compactés dans leur ensemble**, qui sont d'abord tressés avant d'être martelés.



*Câble d'abord compacté puis tressé (à gauche) / câble d'abord tressé puis compacté par martelage (à droite)
(Source : CODOC, Dessin : FCBA)*

Les six torons du câble de gauche ont été compactés par laminage avant de subir le tressage. Le câble de droite a été tressé puis compacté dans son ensemble.

Un câble compacté présente les caractéristiques suivantes :

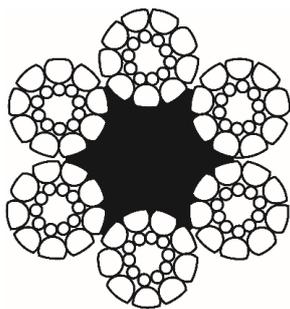
AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Diamètre réduit par rapport à un câble standard de même charge de rupture,• Augmentation de la résistance à l'abrasion grâce à sa surface ronde,• Plus grande capacité de stockage sur le tambour du treuil,• Marche silencieuse du câble grâce à sa surface plus ronde et lisse,• Usure plus faible des poulies, des roues motrices et de renvoi.	<ul style="list-style-type: none">• Coûts de production et donc d'achat plus élevés,• Poids du câble plus élevé que celui des câbles standard de même diamètre,• Plus nerveux et plus rigide, plus cassant,• Plus délicat à l'enroulement dans les tambours.

Avantages et inconvénients du câble compacté

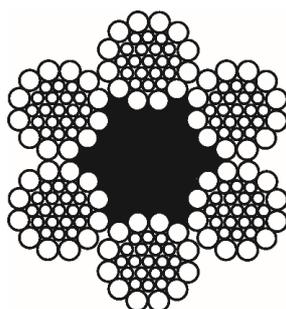
Dénomination des câbles

Les câbles toronnés spéciaux sont les plus utilisés en câblage, de type « Seale » ou « Warrington Seal » : le nombre de fils est identique dans chaque couche. De ce fait, plus les fils se trouvent à l'extérieur, plus leurs diamètres est important.

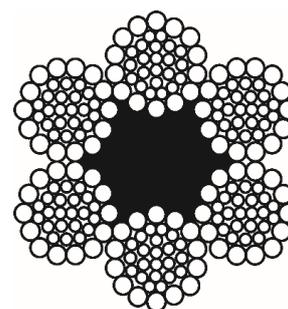
Le nombre de torons détermine le câble. Par exemple : 6x31 WS = câble de type Warrington-Seale, 6 torons composés de 31 fils.



6 x 19 Seale compacté



6 x 31 WS



6 x 36 WS

*Principaux câbles utilisés en forêt. Chaque schéma représente une couche de 6 torons.
(Source : CODOC, Dessin : FCBA)*

L'astuce du câbleur futé



Identifier le bon câble

Le câble est généralement utilisé en **levage**. C'est un **accessoire**, utilisé par le constructeur, pour compléter la machine construite.

Le constructeur doit se plier à la « **Directive machine** » (voir partie 2 chapitre 7.1 « Réglementation et normes techniques ») et ses multiples normes associées, qui définissent les règles de construction.

C'est donc le constructeur qui définit quel type de câble doit être utilisé pour chaque opération. Il est donc **impératif** de suivre les **recommandations** d'usage, afin de limiter des **usures** voire **dégradations prématurées**, génératrices d'accidents.

B. Choix des câbles en forêt

En câblage, on utilise principalement des câbles compactés à âme métallique. Selon leur utilisation, leurs diamètres peuvent aller jusqu'à 24 mm (exceptionnellement plus en fonction de la charge maximale), pour des charges de ruptures comprises entre 24 et 48 tonnes et un poids entre 0.1 et 3 kg par mètre linéaire (voir Fiche Technique n° 7).

L'astuce du câbleur futé



Choisir les bons câbles

Pour un bon **fonctionnement** des installations de câblage, les câbles utilisés doivent être **adaptés** au chantier et à leur utilisation. Un bon câbleur choisit son câble en fonction de son **utilisation** et de sa **fonction** :

- Sa **charge de rupture** annoncée (en fonction de la force de traction qu'il va subir, et du coefficient de sécurité associé) ;
- **Compactage** ou **non compactage** ;
- **Sens de tressage** du câble ;
- **Diamètre du tambour** d'enroulement, au moins 20 fois supérieur au diamètre du câble.

Caractéristiques des câbles porteurs

Les câbles porteurs présentent des longueurs comprises entre 500 et 2 000 m et sont en règle générale compactés pour les lignes mobiles. Ils peuvent être non compactés pour le câble long !

Il est recommandé d'utiliser des câbles porteurs du type de fabrication suivante :

- câblage uniforme (tressage parallèle) ;
- 6 x 31 ou 6 x 36 compacté, âme acier ou synthétique pour le câble mât ;
- 6 x 7 ou 6 x 19 Seal, 6 x 19 ou 6 x 26 compacté pour le câble long.

Les diamètres des câbles porteurs varient selon le matériel installé :

- Petits câbles mâts sur tracteur agricole : diamètre de 12 à 16 mm pour des résistances à la rupture de 13 à 24 tonnes ;
- Câbles mats et câble long : diamètre de 18 à 28 mm, pour des résistances à la rupture de 30 à 49 tonnes.

Caractéristiques des câbles tracteurs

Les câbles tracteurs servent à faire se déplacer le chariot le long du câble porteur, dans le cas où le chariot ne possède pas de moteur interne, ainsi qu'à ramener la charge au chariot (câble pêcheur).

Il est recommandé d'utiliser des câbles tracteurs compactés du type de fabrication suivant : câbles 6x19, 6x26, 6x31 ou 6x36 avec âme acier ou mixte.

Généralement, les câbles tracteurs ont un diamètre entre 10 et 12 mm, pour des résistances ruptures de 10 à 14 tonnes.

Afin que l'installation fonctionne correctement et soit à même d'assurer une sécurité optimale, le chariot doit être adapté aux câbles utilisés et vice-versa. Se référer systématiquement aux données des constructeurs.

Les câbles pour chariot automoteur

Le câble porteur est spécifique, pour répondre aux besoins d'un enroulage rapide et fréquent ainsi qu'au passage dans les poulies. C'est un câble de haute flexibilité initialement conçu pour le fonctionnement des grues portuaires, de 8 torons compactés, composés chacun de 26 fils. L'espace restant entre les torons est rempli avec du plastique lubrifiant. Bien qu'il existe plusieurs marques fabricant des câbles pour chariots automoteurs, le câble recommandé est le câble Teufelberger QS 816 V, de 22 mm de diamètre et de résistance à la rupture de 451 kN (45 tonnes) (*source : Herzog Forsttechnik*).

Attention : L'expérience montre cependant que le chariot automoteur a tendance à user rapidement les câbles. Leur entretien et remplacement fréquent est donc primordial.

Les câbles synthétiques

Les câbles synthétiques ont l'avantage d'être légers, résistants et confortables. Les câbles utilisés en forêt sont constitués de fibres synthétiques (dyneema®) en polyéthylène à haute résistance (High Modulus PolyEthylène ou HMPE), tressés sur 12 torons sans âme centrale, afin de permettre l'épissage. En moyenne, ils pèsent entre 80 et 90 % de moins que les câbles en acier et présentent une résistance à la rupture élevée. De plus, ils acceptent toutes les torsions. Les caractéristiques suivantes augmentent également leur attractivité :

- Réduction très importante de la masse par rapport aux câbles acier ;
- Diminution du coup de fouet en cas de rupture ;
- Installation facilitée, ainsi que les manipulations et les réparations ;
- Diminution des blessures aux mains ;
- Réduction des blessures aux arbres sur pieds lors de frottements ;
- Amélioration des conditions de travail (diminution de la fatigue et meilleure productivité journalière).

L'inconvénient des câbles synthétiques est leur sensibilité au frottement, qui peut facilement provoquer une rupture. Il est néanmoins possible de diminuer le risque d'abrasion et donc de rupture en ajoutant une couche protectrice au câble, ou en le munissant d'une gaine spéciale anti-abrasion. Les câbles synthétiques munis d'une gaine anti-abrasion montrent une durée de vie supérieure. La gaine, qui augmente considérablement le coût d'achat du produit, empêche toutefois la réalisation d'épissures (en boucle, en raccordement) qui est un atout indéniable du câble synthétique.

Finalement, il est plus difficile de constater l'état d'un câble synthétique que d'un câble métallique, car il n'est pas possible de voir les ruptures de fils à l'œil nu. Un câble synthétique s'imbibe rapidement d'eau, et peut ainsi geler et perdre toute sa flexibilité.

Au câblage, le câble synthétique est utilisé pour sa légèreté, généralement en statique (pas d'enroulement, pas de frottement d'accessoires), pour certains câbles devant être déplacés en forêt :

- Cordine de montage, en 6 à 8 mm de diamètre, lors de l'installation du câble porteur ;
- Haubans des supports, en général de 12 à 16 mm de diamètre, facile à installer sur les supports intermédiaires.



Jonction d'un ancrage et d'un hauban synthétique (Source : FCBA)

L'astuce du câbleur futé



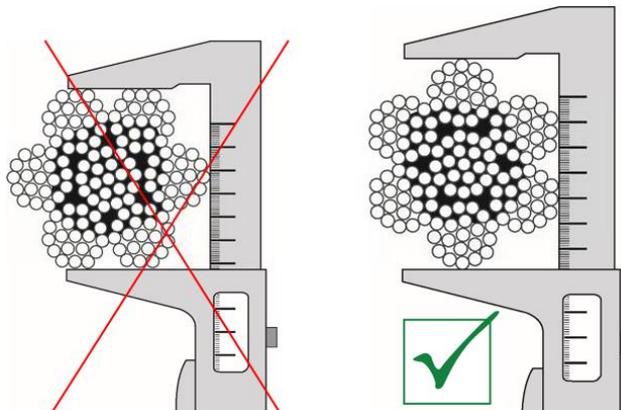
Vérifier les câbles synthétiques

Lors du **démarrage** de l'activité matinale, il est important de vérifier l'installation et notamment les **câbles synthétiques**. Ceux-ci peuvent avoir subi des **dommages** (vandalisme, rongeurs), et ne plus résister aux sollicitations de tension de la ligne.

Il est capital de **changer** les câbles avant leur **rupture**.

Mesure du diamètre

Étant donné que la superficie externe des câbles métalliques n'est pas plane, il convient de mesurer leur diamètre en leur point le plus large.



Mesure correcte du diamètre d'un câble (source FCBA)

Facteur de sécurité

La charge maximale appliquée au câble permet de déterminer la résistance à la rupture minimale, en lien avec le facteur de sécurité appliqué.

Le facteur de sécurité est indiqué par les adresses d'exploitation de la Région Toscane (2013), ainsi que dans la bibliographie technique de référence. Il est égal à :

- Câbles porteurs : 2,5 x la force maximale appliquée (tension maximale attendue = charge minimale de rupture du câble divisée par 2,5) ;
- Câbles de traction ou de levage : 2 x la force de traction maximale appliquée (effort maximal attendu = charge de rupture divisée par 2) ;
- Câbles d'ancrage : 4 x la tension de montage maximale (effort maximal attendu = charge de rupture divisée par 4).

La **nouvelle norme européenne CEN** (prEN 16517) relative au débardage par câble est en cours de développement. Cette dernière donne, pour l'heure, les normes de sécurité suivantes :

- **Câbles porteurs** : 3 x la force maximale appliquée ;
- **Câbles de traction ou de levage** : 3 x la force de traction maximale appliquée ;
- **Câbles d'ancrage** : 4 x la force maximale appliquée.

Pour choisir le bon câble, il faut donc calculer la valeur minimale de la charge de rupture en multipliant la tension maximale attendue sur le câble par le facteur de sécurité adapté à son usage.

La résistance minimale du câble = la charge maximale appliquée / le facteur de sécurité

Type de câble	Usage actuel		Législation CEN	
	Coeff	Tension max acceptée	Coeff	Tension max acceptée
Câble porteur de Ø 22 mm compacté avec charge de rupture de 30,2 tonnes	2,5	12,1 tonnes	3	10,1 tonnes
Câble tracteur de Ø 12 mm compacté avec charge de rupture de 14 tonnes	2	7 tonnes	3	4.6 tonnes
Câbles de haubanage de Ø 16 mm avec charge de rupture de 15,5 tonnes	4	3,9 tonnes	4	3,9 tonnes

Impact des coefficients de sécurité sur les tensions, exemplesur le Valentini V600 (Source : ACSR)

La connaissance des caractéristiques des câbles est donc nécessaire pour choisir le bon câble et pour adapter les tensions. Quelques exemples de caractéristiques sont présentés dans le tableau suivant.

CÂBLE MÂT		CÂBLE PORTEUR				CÂBLE TRACTEUR		
Marque	Modèle	Diamètre (mm)	Masse linéaire (kg/ml)	Charge de rupture (Kg)	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Masse linéaire (kg/ml)	Charge de rupture (Kg)
Adler	DSK 25	14	0,93	17 900	300	8	0,27	4 800
Adler	MS 500	18	1,55	29 100	500	11	0,65	12 200
Greifenberg	T3 1100	22	2,46	49 000	1000	11	0,65	12 200
Koller	K501 H	16	1,29	23 700	550	11	0,65	12 200
Koller	K602 H	20	1,93	35 300	800	12	0,76	14 100
Konrad	KMS 12 U	20	1,93	35 300	650	12	0,76	14 100
Konrad	Mouny 4000	20	1,93	35 300	650	12	0,76	14 100
Larix	Lamako	16	1,29	23 700	550	10	0,55	9 900
Maxwald		14	1	18 600	300	14	1	18 600
Mayr-Melnhof	Synchrofalke	22	2,46	49 000	800	12	0,76	14 100
Timbermaster	2T	16	1,06	21 400	500	11	0,5	8 400
TST	300	20	1,93	35 300	550	11	0,65	12 200
Valentini	850	22	2,34	45 000	800	12	0,76	14 100
Valentini	V400	16	1,29	23 700	400	10	0,55	9 900
Valentini	V600 M3	22	2,46	49 000	600	11	0,65	12 200

Dimensionnement des câbles selon les modèles de câble mât utilisés en France, données 2017 (Source : FCBA)

Les câbles doivent être accompagnés d'un certificat de conformité délivré par le fabricant. Ce papier décrit les caractéristiques importantes du câble, y compris la charge de rupture minimale et les dimensions nominales de ce dernier.

C. Entretien des câbles

Transport et stockage des câbles

Afin d'obtenir une plus grande longévité des câbles, il convient de les manipuler et de les stocker de manière optimale. Pendant le transport du câble sur le tambour, il convient de protéger le câble de tout contact afin de lui éviter un quelconque dommage.

Pendant le stockage, le rapport entre le diamètre du câble et le diamètre du tambour sur lequel le câble est conservé est un paramètre important de conservation, et doit être respecté (voir tableau suivant).

Nombre torons et de fils	Diamètre minimal du tambour
6 x 19	30 x \varnothing du câble
6 x 31	25 x \varnothing du câble
6 x 36	30 x \varnothing du câble

Diamètre minimal du tambour de stockage en fonction du nombre de fils du câble (Source : Valentini)

Enroulement et déroulement des câbles

Si les câbles ont été enroulés manuellement, s'assurer qu'ils ne forment pas de boucles qui, lorsque le câble se tend, constituent les points critiques d'une possible déformation (par exemple formation de fentes) et d'une probable rupture en décaulant.



Mauvaise manière de dérouler un câble (Source : Valentini, Dessin : FCBA)



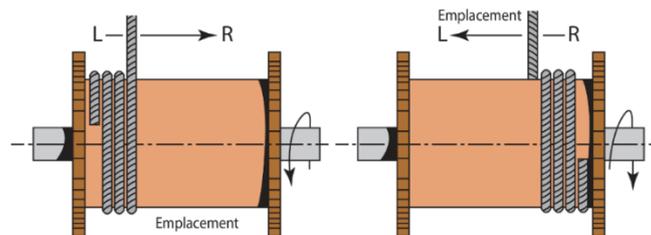
Toujours dérouler les câbles dans le même sens, en évitant la formation de boucles ou de nœuds (Source : Valentini, Dessin : FCBA)

Insertion du câble sur le tambour

Lorsque le câble se déroule par le bas du tambour, les câbles croisés à droite devront être fixés à droite, et inversement lorsqu'ils sont croisés à gauche.

Lorsque le câble se déroule vers le haut, les câbles croisés à droite seront fixés à gauche, et inversement pour les câbles fixés à gauche.

Il convient de fixer le câble au tambour de telle sorte que la force de traction nécessaire à l'arrachement ne représente que 30 % de la résistance à la rupture du câble.



Enroulement du câble sur le tambour du treuil (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

L'astuce du câbleur futé



Insertion du câble sur le tambour

Pour ne **pas endommager** le câble lors de son enroulement sur le tambour, il faut tenir compte des points suivants :

- Dans le cas où les câbles sont enroulés manuellement sur le tambour, il faut veiller à leur appliquer une certaine tension, afin d'assurer un bon enroulement ;
- Lors de l'**insertion** du treuil dans le tambour, la bobine doit tourner dans le **même sens** que le tambour ;



- Pour obtenir un enroulement **compact** autour du tambour, il faut enrouler le câble **sous tension** ;
- L'**angle de déviation** entre deux tambours ne doit jamais être supérieur à **4°** (figure ci-dessus) ;
- Ne pas essayer de **faciliter** l'enroulement du câble sur le tambour manuellement ;
- Toujours enrouler les câbles **dans le même sens** ;
- Toujours enrouler et dérouler les câbles **sous tension** et avec grand **soin**, afin d'éviter la formation de **boucles** ;
- Un enroulement **lâche** ou **irrégulier** du câble sur le tambour peut provoquer une **usure excessive** ou un **écrasement** et une **déformation** de ce dernier.

Maintenance des câbles

Les câbles tracteurs et porteurs neufs sont graissés avant leur vente. Ainsi, le frottement interne engendré par les charges dynamiques sera diminué. Le câble doit être nettoyé quand il est sec et froid, sans solvant ou autre produit de nettoyage. Cela peut se faire à la main ou à l'aide d'une brosse métallique rotative.

Dommmages aux câbles acier

De manière générale, seulement 20 % du câble est visible. Il s'agit de la partie se trouvant en surface. Les 80 % restant se trouvent à l'intérieur du câble. Les dommages subit par cette partie du câble ne sont pas visibles à l'œil nu.

Divers types de situation peuvent causer des dommages aux câbles, souvent de manière subite, telles que foudre, durcissement superficiel, enlèvement de matériel ou écrasement. Certains de ces dommages sont mêmes imperceptibles, tels que fatigue par flexion, rotation du câble autour de son axe, perte de volume de l'âme...

Dans le cas de ruptures de fils dues à la fatigue du câble, il faut noter que la rupture d'un fil isolé a peu d'impact sur la solidité du câble. Plusieurs ruptures de fils réparties sur l'ensemble du câble ne causent pas non plus de préjudice majeur à ce dernier. Néanmoins, lorsqu'on observe une concentration importante de ruptures de fils au même endroit, la résistance du câble est menacée.

Tout dommage aux câbles doit être consigné dans le livre de grue qui est obligatoire depuis le 1er janvier 2018 pour chaque installation de câblage (règle valable pour la Suisse, réf. Directive CFST 2134.f), et la Directive Machine pour les les engins de levage en France.

L'astuce du câbleur futé



Dommmages aux câbles parfois invisibles, ouvrez l'œil !

Sitôt qu'un **dommage** au câble se produit ou pourrait s'être produit, il est nécessaire de se poser les questions suivantes :

- Y-a-t-il eu **perte de section** ?
- Existe-t-il des **fils détendus** ?
- La **résistance** des fils a-t-elle été atteinte ?
- Les dégâts subis par le câble auront-ils des **répercussions** sur une utilisation ultérieure de ce dernier ?
- Faut-il avertir les **organes de contrôle** ?

La réparation d'un dommage peut être requise et sera **prise en charge par un spécialiste**.

Remplacement des câbles

Il est recommandé de couper le câble lorsque les dommages suivants se présentent :

- Formation de boucles sur certains fils ;
- Formation de dommages en forme de corbeille (hernie) ;
- Relâchement de fils ou de torons (relâchement de la structure du câble) ;
- Formation de nœuds, de rétrécissements, d'aplatissements, d'ondulations ou de coudes ;
- Forte corrosion (traces de rouille visibles à l'extérieur) ;
- Diminution du diamètre supérieure à 10 % en raison du frottement.

Durée de vie

La durée de vie des câbles dépend surtout des volumes débardés, de leur stockage et de leur maintenance. Elle est donc difficile à estimer. L'état du câble et notamment la diminution du diamètre ou le nombre de fils cassés, déterminera si ce dernier est encore utilisable ou pas.

Les données des constructeurs sont déterminantes. Toutefois, en moyenne, on peut considérer les durées de vie suivantes :

- Câble porteur : 2-8 ans
- Câble tracteur : 2-5 ans
- Câble retour : 2-5 ans
- Câble pêcheur : 1-2 ans

Ces éléments sont résumés dans la Fiche Technique n° 8.

Rédacteurs :

ACSR : Johanna Beck, François Sandmeier,

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Florent Pedrini*

1.4 Accessoires

Les accessoires font partie intégrante de l'équipement du câbleur. Avant de se rendre sur le terrain, l'équipement doit être soigneusement préparé au dépôt (voir Fiche Technique n° 9). L'état du matériel doit également être vérifié afin que la sécurité soit assurée sur le chantier. Une fois l'équipement prêt, il sera transporté en forêt.

Afin que les travaux de montage de l'installation de câblage se passent dans les meilleures conditions possibles, il est très important de déposer l'équipement de manière spécifique à chaque poste de travail. Ils ne doivent gêner ni la mise en place, ni l'utilisation de l'installation.

A. Poulies

Généralités

Une poulie est un accessoire qui permet le levage ou le guidage d'une charge. Les poulies sont adaptées au diamètre des câbles. Leur charge admissible est variable en fonction de leur type et de leur taille. Elle est composée d'un réa rotatif, d'un axe d'attache avec goupille de sécurité et de deux flasques.

Les poulies doivent être choisies selon la force de traction maximale, le type de câble et son diamètre ainsi que la vitesse appliquée.



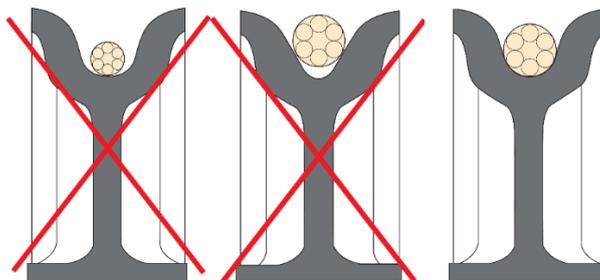
*Poulie de déviation
(Source : Lehmann)*

Diamètre de la poulie

Le diamètre idéal d'une poulie correspond à 20 fois le diamètre du câble utilisé. Par exemple, pour un câble de 20 mm, le diamètre idéal de la poulie à utiliser est de 400 mm. Au minimum, le diamètre de la poulie doit correspondre à 14 fois le diamètre du câble. Plus le diamètre de la poulie diminue, plus l'usure du câble augmente !

Diamètre de la gorge

Le rayon de la gorge recommandé pour un câble donné correspond environ à la moitié du diamètre du câble ($0.525 \times$ diamètre du câble). Dans le cas d'un câble de 20 mm de diamètre, le rayon de gorge idéal est de $0.525 \times 20 = 10.5$ mm.

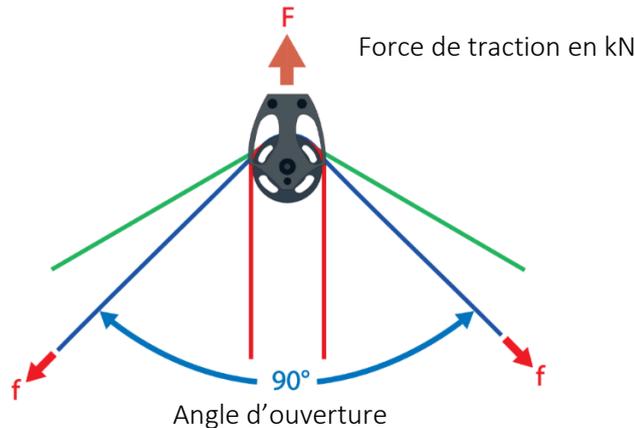


Mauvais couplages et bon couplage entre câble et poulie (Source : Valentini, dessins : FCBA)

Cette précaution permet d'éviter au câble d'être pincé dans une gorge étroite, ce qui entraînerait des dommages aux torons.

Force de traction (angles)

Lors du choix de la poulie, il faut être attentif à la force de traction admissible, normalement indiquée en kilo Newton kN (10 kN correspondent à 1 tonne T). À noter que les forces affectant une poulie varient en fonction de l'angle d'ouverture que forme le câble. Les poulies doivent être dimensionnées en fonction de l'effort maximal prévu.



Angles d'ouverture d'un câble sur une poulie (Source : Codoc, Dessin : FCBA)

En règle générale, les relations suivantes s'appliquent :

- Angle d'ouverture de 0° $\rightarrow F = f \times 200\%$
- Angle d'ouverture de 90° $\rightarrow F = f \times 140\%$
- Angle d'ouverture de 120° $\rightarrow F = f$

Fondamentalement, si un câble avec un angle d'ouverture de 0° reçoit une charge avec une force de traction de 4T, la poulie recevra une force de traction de $4T \times 2 = 8T$ (80 kN). Si l'angle d'ouverture du câble est supérieur ou égal à 120° , alors la force reçue par la poulie est égale à $4T \times 1 = 4T$ (40 kN).

Pour des raisons de sécurité, la force de traction de la poulie doit toujours correspondre à deux fois la force de traction autorisée par le câble !

La durée de vie des câbles est également liée à l'angle de déviation horizontale qui ne doit pas dépasser 4° . Avec un angle de déviation de seulement 4° , la durée de vie du câble est réduite de 30 % par rapport à un enroulement parfaitement droit (voir photo ci-dessous d'une poulie endommagée).



Domage sur poulie suite à un angle de déviation horizontale supérieure à 4° (Source : Valentini)

- Le diamètre de la poulie doit correspondre à 20 fois le diamètre du câble.
- Le rayon de la gorge de la poulie doit correspondre à la moitié du diamètre du câble.
- L'angle de déviation ne doit pas être supérieur à 4° .

Contrôle des poulies

La première étape du montage est le contrôle des poulies de guidage et de renvoi : il s'agit de vérifier la régularité de la gorge et l'absence d'usure (voir figure ci-contre). L'utilisation d'une poulie usée entraîne une forte diminution de la durée de vie du câble et accentue les risques d'accidents. Afin d'augmenter la durée de vie du câble, il convient impérativement de respecter les données du constructeur.



Contrôle des poulies de guidage (Source : Valentini)

Critères d'élimination des poulies

Utiliser, entretenir, stocker et mettre hors service ces équipements dans les règles de l'art est impératif.

La poulie est à éliminer lorsque :

- l'une des flasques est défectueuse ;
- il en manque une partie ;
- le diamètre de la gorge est endommagé ;
- l'axe rotatif est défectueux.

Sécurité et conformité

- Les poulies doivent être équipées de dispositifs de protection contre l'échappement accidentel du câble (goupille de sécurité) ;
- Le côté où se situe le dispositif de sécurité doit être visible en tout temps pour le contrôle ;
- Les poulies sont à poser avec une grande précision ;
- Il faut veiller à utiliser du matériel adéquat pour fixer la poulie de renvoi ;
- Veillez également à contrôler les poulies avant le début du câblage, puis répéter ce contrôle quotidiennement : libre de mouvement, câble dans la gorge.

Poulie de déviation

La poulie de déviation est utilisée lorsqu'il est nécessaire de tirer une charge dans une direction différente de la ligne du câble du treuil (le plus souvent à angle aigu). Une telle poulie est par exemple utilisée pour le câble tracteur du câble long ou le câble retour du câble mât.



*Exemple d'utilisation d'une poulie de déviation
(Source : Wyssen)*

B. Corde de montage

La corde de montage, appelée également ficelle ou câblette, facilite le montage des lignes. Elle peut être utilisée pour tirer les différents câbles dans la ligne ainsi que pour réaliser le montage des différents supports. C'est généralement une corde synthétique en Dyneema® de 8 mm, pour une longueur variable selon les matériels.

Les avantages de cette corde sont son poids et sa résistance. Elle permet aux câbleurs de monter des lignes en amont sans moyen de treillage supplémentaires. C'est un avantage ergonomique non négligeable.

C. Cric

Les crics sont utilisés comme aide à l'abattage des arbres ou pour la mise en place d'une luge (câble long). Il existe plusieurs types de crics :

- Cric à pignon et vis sans fin
- Cric à vérin hydraulique

Le mécanisme de ce cric empêche une inversion du mouvement (mise en place des luges).

Ce type de cric utilise la pression de l'huile pour pousser un vérin (aide à l'abattage).



Cric à pignon (Source : Kamebo.fr)



Cric à vérin hydraulique (Source : ACSR)

D. Dynamomètre

Un dynamomètre est un appareil mesurant les forces, en Newton [N]. Il permet de mesurer la tension dans l'installation lors du montage. Une telle mesure est nécessaire afin de se rendre compte de la conformité d'une installation en termes de sécurité.

- Pour une installation en câble long
- Pour une installation de câble mât

Le dynamomètre doit être placé sur le moufle

La mesure de tension est plus complexe. Certains dynamomètres le permettent, en s'installant directement sur le câble.



Dynamomètre (Source : ACSR)



Dynamomètre à câble (Source : checkline.fr)

E. Systèmes de fixation

Généralités

Les systèmes de fixation sont des accessoires de levage souples en cordage, en sangle, en câble métallique ou en chaîne.

Les charges maximales d'utilisation des élingues et des ceintures d'ancrage correspondent à la capacité de levage et sont indiquées directement dessus. Ces valeurs prennent déjà en compte le coefficient de sécurité.

Pour les ceintures d'ancrage, la couleur indique également la charge maximale d'utilisation (voir tableau ci-après).



*Ceintures d'ancrage : Couleur et charge d'utilisation maximale
(Source : Valentini)*

Les exigences suivantes s'appliquent aux élingues rondes et aux ceintures d'ancrage :

- L'étiquette doit être présente et visible ;
- La couleur doit être visible et identifiable (elle indique la charge d'utilisation maximale) ;
- La gaine de protection ne doit présenter aucun dommage significatif ;
- La partie interne (éléments portants) ne doit pas être endommagée ;

L'usage de sangles en nylon doit être réfléchi selon l'utilisation et le mode de montage. Leur utilisation est interdite s'il y a un risque qu'elles puissent glisser sur le tronc durant l'activité.

Désignation en tonne	Couleur sangle	Traction au sol en tonne (simple)	Traction au sol en tonne (Étrangle chat)	Traction au sol en tonne (double)
1	violet	1,7	1,4	3,5
2	vert	3,5	2,8	7
3	jaune	5,2	4,2	10,5
4	gris	7	5,6	14
5	rouge	8,7	7	17,5
6	marron	10,5	8,4	21
8	bleu	14	11,2	28
10	orange	17,5	14	35
15	orange	26,2	21	52,5
20	orange	35	28	70

Charges admissibles des ceintures d'ancrage lors du débardage par traction au sol (Source : Forêt Suisse).

- La charge d'utilisation maximale des sangles de levage est indiquée par leur couleur.
- La charge d'utilisation maximale dépend de la manière dont est fait le montage :
 - En simple : 1 x la charge
 - En étrangle-chat : 0.8 x la charge
 - En double : 2 x la charge.

Recommandations techniques

- Capacité de levage d'une élingue = charge maximale déterminée de manière à résister à une mise en tension générale ;
- Les élingues ne doivent jamais être chargées au-delà de la limite indiquée ;
- La norme française NF EN 13414-2 définit les températures d'utilisation des élingues.

Toujours s'assurer que :

- L'élingue convient à l'emploi prévu ;
- La masse de la charge à lever est estimée ;
- L'élingue porte la marque d'identification du fabricant et numéro de série ;
- La charge admissible est indiquée sur l'élingue ;
- L'élingue porte le marquage CE ;
- L'élingue est en bon état d'utilisation ;
- Le type de levage et l'angle d'inclinaison sont conformes.

Pour le montage d'une poulie, la sangle devrait être utilisée comme une boucle. Lorsque les sangles sont tendues sous l'effet d'une charge, elles ne doivent pas se frotter contre des corps abrasifs (par exemple : des branches, des rochers, etc.).

Avant toute utilisation des accessoires de levage, toujours vérifier leur état et les remplacer immédiatement en cas de défauts.

Les constructeurs et distributeurs proposent parfois un service de contrôle des accessoires de levage, notamment des élingues. Ces dernières peuvent être envoyées pour contrôle. Elles seront renvoyées environ 5-7 jours plus tard, et pourront à nouveau être employées en toute sécurité.

Dimensionnement des systèmes de fixation

Un bon dimensionnement du système de fixation de la poulie (chaîne, ceinture d'ancrage) est également nécessaire car il doit l'ensemble des forces supportées par la poulie elle-même.

- Les poulies doivent être installées de sorte à pouvoir tourner et bouger librement.
- La force de traction admissible doit correspondre au double de la force de traction maximale du câble.

F. Étriers

Étriers carrossables

L'étrier carrossable, ou pipe dans le jargon, permet d'obtenir les hauteurs de lignes souhaitées pour l'installation de câblage tout en permettant le passage du chariot. L'angle de roulement ne doit pas dépasser 30° afin d'assurer un bon fonctionnement. Les arbres de support sont clairement marqués avec la lettre S pour ce type de montage.



Étrier carrossable (Source : Wyssen 2017)

Étriers pour mât terminal

La demi-lune (ou sabot) est utilisée pour les supports de fin de ligne avec un angle de roulement supérieur à 30°. Ce montage ne permet plus le passage du chariot et influence les limites du martelage. La pièce de droite permet de fixer le câble porteur lors du montage, de façon à maîtriser le ravalement et la tension du câble. Elle permet un angle du câble porteur plus fermé et réduit le frottement.



Deux types de demi-lunes ou sabot (Source : Wyssen 2017)

G. Manilles

Les manilles sont des accessoires d'assemblage en acier forgé, utilisées pour faire la liaison entre :

- un anneau ou un crochet de levage et l'extrémité d'une élingue
- la boucle d'extrémité d'une élingue et l'élingue dans le cas d'un montage de type « nœud coulant ».

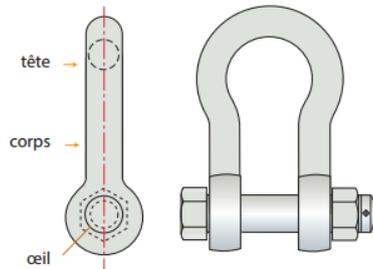
Les axes des manilles peuvent être vissés ou boulonnés goupillés.

Le corps et l'axe de la manille vont ensemble et doivent être identifiables comme tels. Afin d'assurer la sécurité du chantier, ces deux pièces ne doivent être ni déformées ni usées. Les filetages du corps et de l'axe ne doivent pas être endommagés. Tous les composants de l'accessoire ne doivent pas présenter d'entailles, d'encoches, de fissures ou de corrosion.

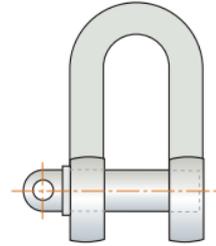
Lors de leur utilisation, les manilles doivent toujours être sollicitées selon leur axe longitudinal. Ainsi, le crochet doit être placé sur l'axe plutôt que sur le corps. Lors de tout montage utilisant une manille, il convient de s'assurer que tout dévissage accidentel de l'axe est exclu. En cas de risque de dévissage, il est recommandé d'utiliser une manille boulonnée goupillée.

Remarques

- Les manilles sont marquées sur leur axe, afin d'en garantir le bon usage ;
- Les informations suivantes apparaissent : charge maximale [T], classe, nom du fabricant, code de traçabilité, marquage CE ;
- Les instructions d'utilisation doivent être fournies avec les manilles ;
- Ne pas utiliser les manilles à des températures inférieures à -20 °C ou supérieures à 200 °C.



Manille lyre avec axe de type à vis à tête hexagonale, écrou hexagonal et goupille fendue (Source : FCBA)



Manille droite avec axe fileté avec œil et embase (Source :FCBA)

H. Système de mouflage

Le système est composé de deux pièces reliées par un jeu de câble. L'installation des moufles permet la mise sous tension du câble porteur pour les lignes de câble long et son ancrage.

Le moufle d'ancrage

La 1^{ère} pièce, fixe, est rattachée à l'ancrage même. Ses poulies multiplient la force de tension. Il faut respecter le schéma de montage pour insérer le câble des moufles dans ceux-ci afin d'éviter les croisements et les frottements (risque de rupture).

Le moufle de tension

La 2^{ème} pièce, mobile, permet de démultiplier la force, dans ce cas par huit. Celui-ci permet de pouvoir tendre le câble porteur d'une ligne avec beaucoup moins d'effort. Par exemple, il est possible d'atteindre une tension de 12 tonnes dans le câble porteur en utilisant un treuil d'une force d'une tonne et demi.



En haut : Moufle de tension

En bas : Moufle d'ancrage

Ensemble du système de mouflage (Source : ACSR)

I. Pincés

Les pincés ou cisailles à câble permettent de sectionner manuellement un câble d'un diamètre maximal de 14 mm.



Pince à câble (Source : Wyssen).

J. Serre-câbles

Généralités

Les serre-câbles servent à lier deux câbles entre eux. Ces connexions terminales possèdent une force de rupture minimale égale à 80 % de la force de rupture du câble. Ils doivent être adaptés au diamètre des câbles qu'ils joignent. De plus, le nombre de serre-câbles à utiliser dépend du diamètre du câble.

Diamètre du câble métallique (mm) Âme textile	Nombre minimal de serre-câbles
5 - 12	3
12,5 - 20	4
22 - 25	5

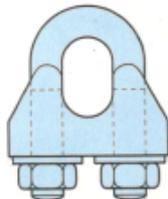
Nombre de serre-câbles en fonction du diamètre du câble (Source : internet achat industriel.com)

Les serre-câbles doivent être espacés d'une distance correspondant à 6 - 8 fois le diamètre du câble. Les serre-câbles doivent toujours être fixés avec la selle du côté de la partie du câble qui travaille (qui est en tension) et la pièce en U doit être fixée au brin « mort » du câble, c'est-à-dire à la partie qui ne travaille pas (« il ne faut jamais sceller un cheval mort »).

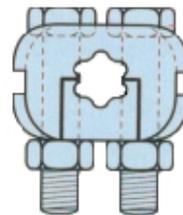
Différents types de serre-câbles

Il existe différents types de serre-câbles, comme par exemple :

- Serre-câbles à étrier
- Serre-câbles bulldog



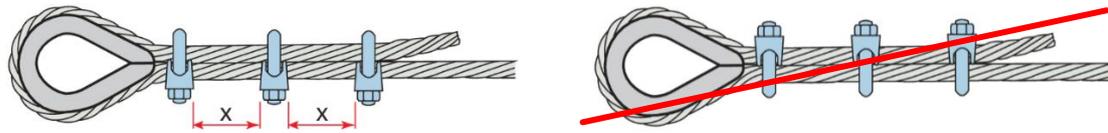
(Source : FCBA)



(Source : FCBA)

Lors de la mise en traction du câble, il convient de resserrer les serre-câbles. En effet, un câble étiré subit une petite diminution de son diamètre initial.

Les fixations avec serre-câbles atteignent environ 80% de la charge minimale de rupture du câble.



Positionnement correct (à gauche), puis incorrect (à droite), des serre-câbles sur le câble. x étant la distance entre les serre-câbles (Source : Jakob, dessin FCBA)

K. Tire-câbles

Le tire-câble est un appareil de traction manuel. Il peut servir d'aide à l'abattage, au montage du matériel sur un support, ou encore à écarter le hauban de l'étrier dans la plupart des cas. Il existe différents modèles qui présentent des forces de traction de quelques centaines de kilos à environ 3 tonnes.

Les câbles pour ces appareils de traction sont constitués de fils d'acier galvanisés. Une extrémité du câble comporte un moyen d'accroche, soit une boucle, une cosse ou un crochet, et l'autre extrémité comporte une pointe permettant l'insertion du câble dans le tire-câble.



Tire-câble (Source : ACSR)

En tout temps, les accessoires doivent être disponibles et en état de fonctionnement.

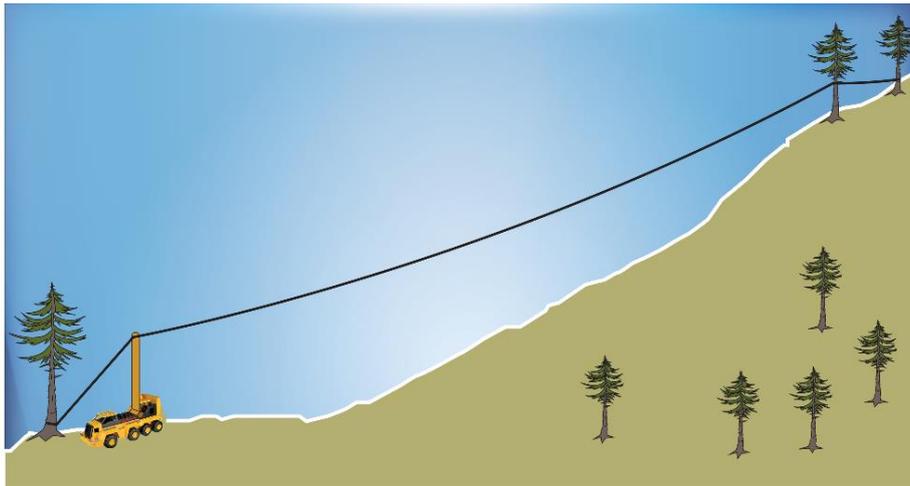
Un inventaire ponctuel et minutieux diminue les pertes de temps trop souvent présentes sur les chantiers.

Rédacteur :

ACSR : François Parvex

1.5 Supports terminaux et intermédiaires

Sur des terrains simples et faciles, l'installation de câblage nécessite peu ou pas de supports. Ces supports servent à rehausser le câble porteur. Par terrain simple et facile, on entend un terrain concave avec une combe très marquée, qui ne présente pas d'irrégularités.



Profil concave, peu ou pas de supports (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Dans la plupart des cas, on rencontre plutôt des terrains concaves mais avec une combe trop légère pour se passer de supports intermédiaires, ou alors des terrains convexes, plus ou moins réguliers, qui exigent la mise en place de supports intermédiaires. Leurs emplacements doivent être judicieusement choisis lors du piquetage de la ligne, afin d'assurer la totale suspension du câble, et d'éviter un angle de rupture trop important (inférieur à 30°).



Profil convexe (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

A. Dimensionnement des supports

Pour pouvoir assurer leur fonction et, notamment, résister à la pression de l'étrier, les supports terminaux et intermédiaires doivent respecter certains diamètres à hauteur de fixation.

Les dimensionnements et les pressions aux étriers peuvent être définis à l'aide du logiciel de câblage « Projekt Seilkran 2.0 ».

Les diamètres et hauteurs minimums se trouvent également dans les tableaux ci-dessous.

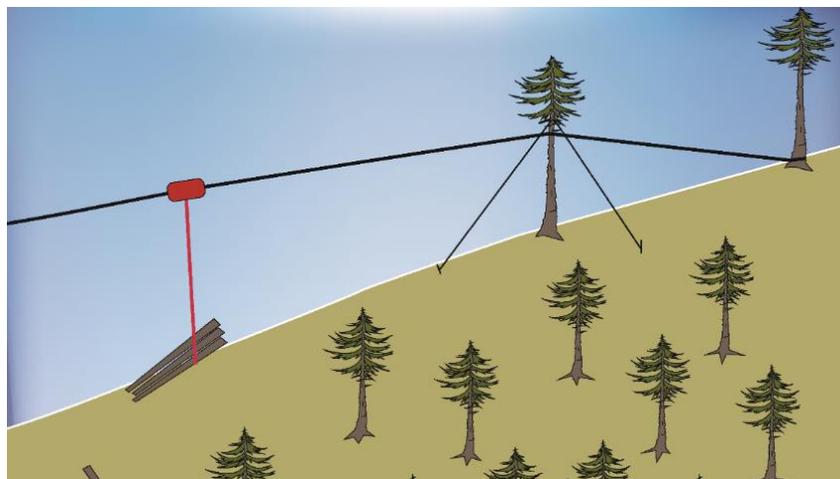
Pression de l'étrier [kN]	Ø exigé des supports à hauteur de fixation, en cm pour hauteur de... m																	
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26
20	15	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	22	23	23	24
30	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	28
40	18	19	20	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29	30	31
50	19	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	29	30	30	31	32	33
60	20	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	31	32	32	33	34	35
70	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	32	33	33	34	35	36	37
80		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
90		24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39	40
100		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	37	38	39	41	42
110			27	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39	41	42	43
120			28	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	40	42	43	44

Dimensions des supports – table de Pestal : diamètres, sous écorce, des supports et mâts terminaux à hauteur de fixation (Source : CODOC)

Dans les cas où il n'y a pas de support naturel à disposition, il est possible d'avoir recours à des supports artificiels, tels les mâts métalliques ou les supports en A.

B. Supports terminaux

Par définition, un mât terminal est un support situé en fin de ligne pour la surélever. Il ne permet pas le passage du chariot.



Mât terminal (Source : FCBA)

Ceci limite l'exploitation des bois au-delà du support. Le support terminal est signalé sur les chantiers avec la lettre T. Les mâts terminaux sont en général des arbres.

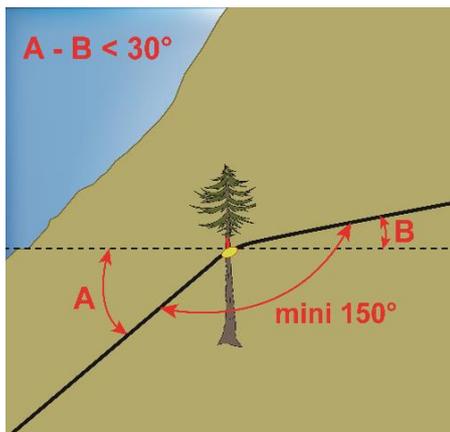
Selon le type d'utilisation, les mâts artificiels couvrent une hauteur pouvant aller de 5 à 20 mètres. Leur portée varie relativement à leur hauteur mais également en fonction du type de terrain et de la place disponible sur le tambour du câble porteur.

Les câbles grues mobiles et les mâts artificiels sont proposés par les constructeurs européens tels que Baco, Igland, Koller, Konrad, Larix, Mayer-Melnhof et Valentini.

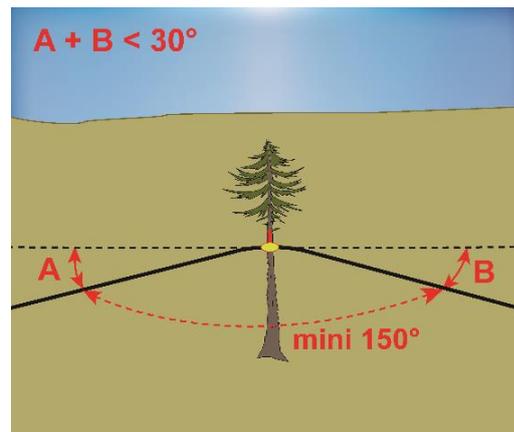
Choisir un système de portage du câble porteur qui respecte le rayon de courbure du câble pour ne pas le casser : une poulie grand-angle, ou une sellette demi-lune type Wyssen. Eviter la poulie simple !

C. Supports intermédiaires

Par définition, le support intermédiaire est un support qui laisse passer le chariot. Il est tenu par au minimum 2 haubans et est signalé par la lettre S. Les angles du câble porteur au niveau du support ne doivent pas dépasser ceux fournis par le constructeur du chariot (notamment pour les automoteurs ou châssis rigides). Généralement, l'angle du porteur ne doit pas être inférieur à 150° pour permettre le passage du chariot :



Angle de roulement en pente (Source : FCBA)



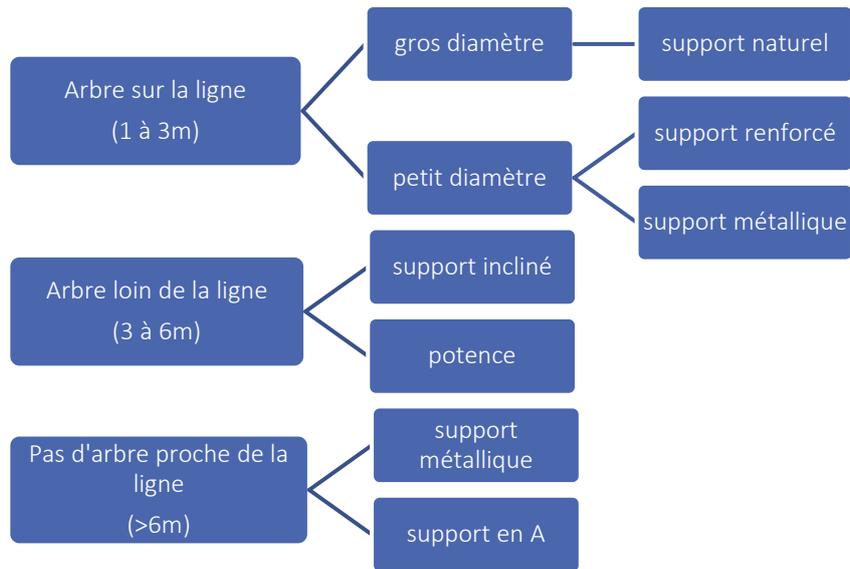
Angle de roulement à plat (Source : FCBA)

Selon la configuration du terrain, le nombre et la hauteur des supports peuvent être très différents. Dans des cas extrêmes, on utilise l'hélicoptère, voire un drone pour acheminer le matériel nécessaire aux emplacements des supports. Il est recommandé de monter les lignes de câble avec un minimum de supports intermédiaires.

Il est important de choisir les emplacements des supports intermédiaires selon les critères suivants :

- choisir des supports situés sur des bosses et non pas dans des creux ;
- préférer les résineux avec peu de branches ;
- choisir un arbre en bon état sanitaire et possédant un bon coefficient d'élanement (voir diamètres et hauteurs dans la table de Pestal) ;
- placer le câble porteur à la hauteur adaptée pour ne pas fragiliser le support ;
- élaborer la construction du support la plus simple possible .

Il existe plusieurs types de supports intermédiaires, qu'il faut choisir selon des critères de décision résumés ci-dessous :



Arbre de décision pour choisir le type de support (Source : FCBA)

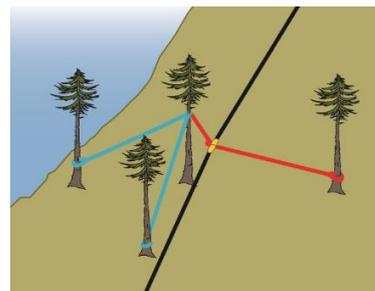
Les logiciels Simulcable 3D et Projekt Seilkran 2.0 permettent de simuler l'emplacement des supports et la hauteur d'accroche du câble porteur.

Support traditionnel ou standard

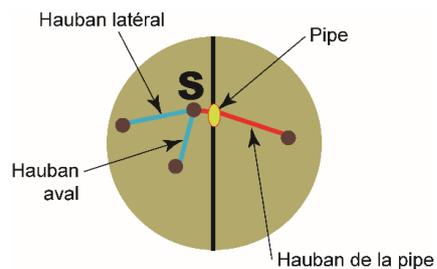
Le support standard est aussi appelé support courbé ou penché. Le câble porteur est maintenu au support par l'étrier, qui est fixé sur un arbre ébranché à 2 m au-dessus de la hauteur de câblage voulue. Il est aligné sur l'axe de la ligne de câble, à l'aide d'un tire-fort pour être à distance du support.



Support traditionnel
(Source : Florent Pedrini)



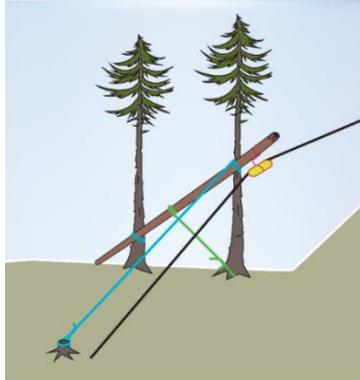
Support traditionnel ou standard (Source : CODOC, Dessin : FCBA)



Support traditionnel vu de dessus (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Potence

Ce support consiste à utiliser une grume comme potence, fixée à deux arbres (en hauteur pour la tête de la potence, au niveau de la souche d'un arbre en retrait pour le pied de la potence), consolidée par un hauban. Plus long à installer, ce type de support est peu utilisé.



Utilisation d'une grume en potence (Source : FCBA)

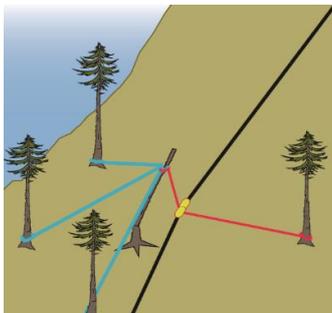
La potence est principalement utilisée lorsqu'un hauban est difficile à mettre en place du côté de l'étrier. Une forte pente, une distance trop longue ou un manque d'ancrage handicapent souvent le placement de ce hauban. La traverse fait office d'hauban latéral et le câble fixé à l'axe de la traverse, d'hauban pour l'étrier.

Pression à l'étrier [kN]	Ø de traverse exigé (sous écorce) au point de fixation pour une portée de :			
	1.5 m	1.0 m	0.75 m	0.50 m
20	32	28	25	22
30	36	32	29	25
40	40	35	32	28
50	43	37	34	30
60	46	40	36	32
70	48	42	38	33
80	50	44	40	35

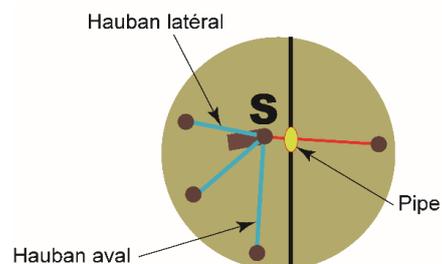
Dimensions requises des traverses et potences, à l'endroit de la fixation de l'étrier (Source : CODOC)

Support incliné

Le support incliné consiste à utiliser un arbre ébranché et écimé à 2 m au-dessus de la hauteur de câblage voulue et entaillé (entaille Wyssen) pour obtenir l'inclinaison souhaitée du support.



Support incliné (Source : CODOC, Dessin : FCBA)



Vue de dessus d'un support incliné (Source : CODOC, Dessin : FCBA)



Lorsqu'aucun support n'est disponible à proximité de la ligne, un support incliné peut-être réalisé.

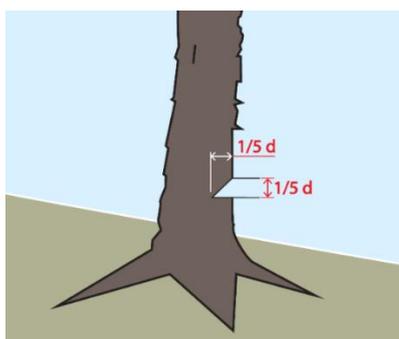
Ce montage permet d'incliner le support jusqu'à 25 centimètres par mètre entre l'axe de la ligne de câble et le pied du support. C'est-à-dire que pour un support de 16 mètres de haut, le pied de l'arbre sera au maximum à 4 mètres de l'axe de la ligne de câble.

Le support est donc incliné vers le bas et subit de nombreuses contraintes physiques, compensées par les haubans.

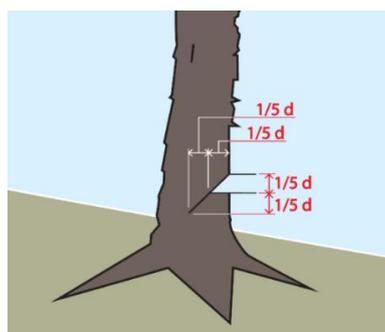
Support incliné (Source : ACSR)

Entaille dite Wyssen : mode d'emploi

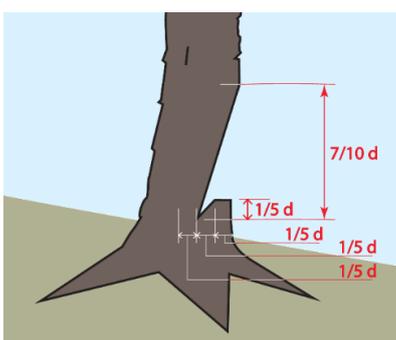
Les étapes de la mise en place d'une entaille dite Wyssen sont les suivantes : (Source : Wyssen, Dessin : FCBA)



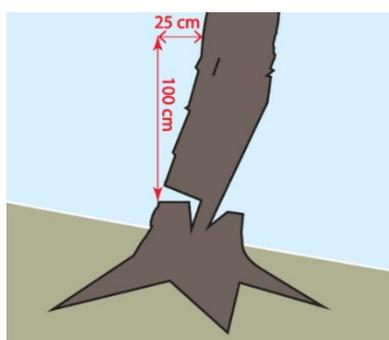
1. Entaille de direction comme pour un cas normal ($1/5$ du diamètre de l'arbre et proportion 1:1)



2. Prolonger le biais de l'entaille d' $1/5$ en direction du cœur



3. Scier un nouveau biais, d'une hauteur de $7/10$ du diamètre, pour obtenir une nouvelle entaille.



4. La taille d'abattage doit être plus haute que la base de l'entaille normale et pencher légèrement contre l'intérieur.
5. Le support positionné, l'entaille doit montrer un jeu d'environ 2 cm



Entaille dite Wyszen (Source : ACSR)

Support artificiel

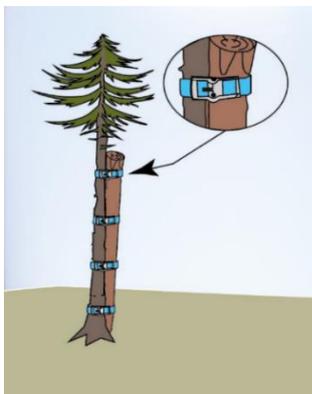


Le support artificiel fonctionne sur le même principe que le support incliné, mais on utilise alors un autre support qu'un arbre sur pied (par exemple, un tronc coupé ou un mât métallique). Les supports artificiels sont construits en forêt ou hors forêt, en terrain libre.

Il est indispensable de mettre en place un manchon de protection sur la partie du mât exposée au passage du chariot pour éviter un accrochage pouvant entraîner la chute du mât et de la ligne.

Support artificiel (Source : ACSR)

Support renforcé



Un support est renforcé lorsque son diamètre est trop faible. Il faut fixer un autre arbre, le gros bout en haut pour un renfort maximum.

Il est très important de respecter les diamètres exigés des supports à hauteur de fixation (par rapport à la pression à l'étrier), sinon, un risque de rupture est possible à cet endroit.

La longueur de la pièce de renfort doit être d'au moins 2/3 de la hauteur du support.

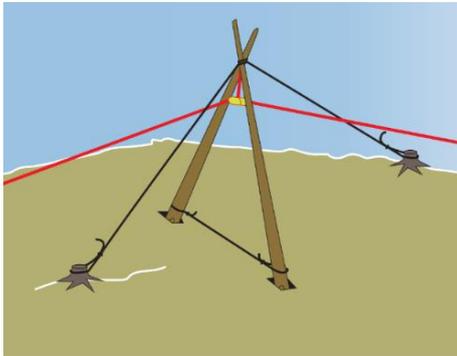
Support renforcé (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

La fixation du renfort s'effectue au moyen de sangles ou de ligatures à brins multiples, tous les 2 mètres environ (le tendeur ou le système de fixation doivent se trouver à l'opposé de la ligne de câble afin d'éviter un arrachement au passage des charges). Au minimum, 4 attaches (sangles) sont nécessaires.

Support en A

Le support en A est une autre sorte de support artificiel utilisé hors forêt, ou lorsque les diamètres des arbres ne sont pas suffisants. Il est construit à l'aide de deux billes liées à leur extrémité supérieure. Il peut aussi être construit en tant que support incliné pour un câble porteur situé à plus de 6 m de hauteur.

L'inconvénient est d'amener sur place les deux billes, ce qui nécessite un accès avec une machine ou une possibilité de treuillage. Son montage se prépare au sol, se lève au moyen d'un treuil, et éventuellement d'un support en A auxiliaire, plus petit, pour aider au départ le levage du support principal. Avant le montage, un câble tendu doit lier les deux pieds des billes, et ceux-ci doivent être fixés à une souche ou ancrés au sol pour éviter que le support ne se déplace. Ce support ne doit pas être très haut. Il sera surtout employé en fin de ligne pour surélever le câble porteur pour le passage d'une route (exemple en photo ci-dessous).



Mât intermédiaire en A (Source : Codoc, Dessin : FCBA)



Mât terminal en A (Source : ACSR)

Les différents supports sont résumés dans la Fiche Technique n° 10.

Rédacteurs :

ACSR : François Parvex

FCBA : Paul Magaud

1.6 Engins de reprise

Les engins de reprise ont pour rôle principal le tri et le rangement des bois au pied de la ligne du câble aérien. Avec leur capacité de levage, ils participent également à la mise en place du matériel de câblage (déplacement du matériel, aménagement de la place de travail...).

Pour optimiser les coûts, le pilotage de l'engin de reprise est généralement confié à l'opérateur en charge de décrocher les bois, présent sur la place de travail. Mais selon le matériel utilisé, la distance au dépôt ou des organisations spécifiques (contractualisation entre entreprises différentes...), une personne supplémentaire peut être affectée à la reprise des bois.

La reprise peut être complétée éventuellement par un façonnage mécanisé des grumes, un cubage, un tri des produits et l'évacuation des rémanents.

À l'exception des arrivées de câble en plein champs, la place disponible est souvent bien réduite pour toutes ces opérations. L'opérateur devra anticiper l'engorgement de la place de dépôt en assurant une excellente coordination avec les transporteurs.

L'engorgement des places de stockage dû au manque de rotation des camions peut provoquer l'arrêt du chantier, avec les conséquences économiques associées.

L'évacuation des bois est donc un poste clé dans l'organisation d'un chantier de câble aérien.

L'engin de reprise a généralement un taux d'utilisation assez faible associé au câble aérien. Il est donc nécessaire de bien réfléchir à cet investissement pour ne pas pénaliser la rentabilité du système.

Les types d'engins de reprise sont multiples, ils dépendent du type de câble aérien utilisé, des produits débardés mais aussi des habitudes de travail. La fonction de levage est cependant cruciale, pour permettre une manipulation performante des produits (précision, rapidité).



*Trouver une place de stockage suffisante à proximité du câble, un problème récurrent en montagne.
(Source : FCBA)*



Le choix de l'engin de reprise

Le choix de l'engin est crucial pour l'entreprise de câblage, car c'est un **engagement financier à long terme**, et un facteur de **productivité** important.

Plusieurs critères sont à prendre en compte dans ce choix :

- L'investissement financier disponible ;
- La **typologie des pistes** du massif (portance des routes et pistes, distance aux places de dépôt) ;
- Le **Volume Unitaire Moyen** des bois à traiter (capacité de levage) ;
- Le besoin de **façonnage** des bois (résineux) et de **découpe** (grappin, grappin découpeur, tête de façonnage) ;
- Le besoin de cubage automatisé ;
- Le besoin d'aménagement des places de travail.

A. Tracteur agricole modifié forêt

Ce type d'engin peut trouver sa place dans certaines configurations d'exploitation.



Tracteur de reprise équipé d'une grue mais très limité par le volume des grumes. Nécessité de billonner avant manutention (Source : FCBA)



Tracteur de reprise équipé d'une lame avant avec pinces télescopiques (Source : FCBA)

Il conviendra avant tout de renforcer le tracteur agricole par un blindage forestier afin de le rendre plus robuste à la manutention des bois et de l'adapter aux déplacements sur des pistes en mauvais état.

Ces modifications portent généralement sur les éléments suivants :

- Blindage du vérin de direction ;
- Blindage de l'essieu avant ;
- Rétroviseurs extérieurs rabattables ;
- Bâti protecteur en saillie pour la cabine (écartement des branches) ;
- Tôles de blindage latérales ;
- Blindage ventral sous capot avec des trappes d'entretien ;
- Blindage du réservoir de carburant.

Le prix d'un tel niveau d'équipement peut s'avérer finalement assez élevé (environ 30 000 euros, montage compris). Pour réduire ce prix, on peut envisager de supprimer quelques éléments de blindage et ne laisser que ceux vraiment indispensables comme le blindage sous capot et du réservoir de carburant.

Le montage de chaînes forestières sur les 4 roues du tracteur est également très souhaitable (les manœuvres des engins près des piles transforment souvent le sol en zones boueuses).

L'installation d'un simple treuil sur un tablier à l'arrière du tracteur permettra de récupérer la charge sous le chariot et d'effectuer le halage jusqu'à la pile de bois.

L'élément le plus important à ajouter au tracteur modifié sera l'outil de manutention pour empiler les bois bord de route :

- Une petite grue télescopique installée à l'arrière du tracteur est bien adaptée pour le rangement des petits bois. En revanche, les possibilités de levage et de portée sont assez limitées sur ce genre de grue et peuvent devenir un gros handicap notamment sur des chantiers de bois moyen à gros bois en montagne ;
- Une lame installée à l'avant du tracteur, munie de pinces télescopiques. Les possibilités de rangement du bois sont encore plus limitées qu'avec une grue et augmentent les temps de manutention. Pour rester dans l'objectif d'une seule personne à la réception des bois au câble, le rangement des grumes et produits ne doit pas mobiliser toute l'activité du décrocheur.

Coûts d'acquisition

- Pour un tracteur d'occasion équipé forêt, équipé d'un simple treuil neuf, 100 000 et 150 000 € ;
- Pour l'ajout d'une grue sur le treuil, prévoir 20 000 € à 40 000 € supplémentaires.

Contexte optimal d'utilisation

- Petit câble mât, mobilisant des petits bois (bois d'industrie, bois énergie, perches feuillues destinées au bois de chauffage) ;
- Cubage sur camion ou en réception usine conseillé pour ne pas mobiliser une personne supplémentaire sur la place de dépôt ;
- Productivité assez faible correspondant à un volume journalier maxi de 40 - 50 m³ débardés au câble aérien.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Coût faible. • Matériel bien adapté à l'usage des petits câbles mâts et petits bois. • Facile à conduire par du personnel non qualifié. 	<ul style="list-style-type: none"> • Très limité pour le rangement des bois. • Inadapté aux gros bois de montagne, au tri des produits et pour des distances de traîne supérieures à 50m. • Peut nécessiter la présence d'une personne supplémentaire sur la place de dépôt pour finir le façonnage et le cubage des bois.

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'un tracteur agricole modifié comme engin de reprise

B. Débusqueur à câble

Le débusqueur à câble présente l'avantage d'être très populaire dans tous les massifs forestiers et donc facilement mobilisable comme engin de reprise.

Il est particulièrement adapté pour les chantiers de gros bois de montagne grâce à sa robustesse, ses bonnes capacités de halage (volume important, vitesse de déplacement sur piste) et de gerbage.

Équipé d'une radiocommande intégrale, il offre une plus grande souplesse de travail pour l'opérateur en charge du décrochage et du rangement des bois.

En revanche, il est moins adapté sur les coupes demandant un tri des produits et pour ranger les bois dans un espace réduit.



*Reprise au débusqueur traditionnel.
(Source : FCBA)*

Coûts d'acquisition

Pour un débusqueur neuf, prévoir de 190 000 € à 300 000 €, selon la puissance.

Contexte optimal d'utilisation

- Chantiers de gros bois sans tri des produits et lorsque la place de dépôt est éloignée ;
- Productivité assez bonne si peu d'obstacles pour ranger les grumes à proximité.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Coût réduit avec du matériel d'occasion amorti.• Matériel facilement disponible en zone de montagne.• Engin robuste et puissant, souple à utiliser avec une radiocommande intégrale.• Permet d'allonger la distance de reprise.	<ul style="list-style-type: none">• Limité pour le rangement des bois.• Mal adapté aux petits bois et au tri des produits.• Peut nécessiter la présence d'une personne supplémentaire sur la place de dépôt pour finir le façonnage et le cubage des bois.

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'un débusqueur à câble comme engin de reprise

C. Débusqueur à grue

Ce type de débusqueur tend à se généraliser en zone de montagne depuis quelques années. L'ajout d'une grue rend ce matériel très intéressant comme engin de reprise pour faciliter l'empilage des bois et éventuellement trier des produits sur la place de dépôt. Ses bonnes capacités de halage le rendent performant lorsque les bois ne peuvent pas être stockés à proximité du mât.



Reprise au débusqueur à grue et Klembank
(Source : FCBA)



Reprise au débusqueur à grue et double treuil.
(Source : FCBA)

Mais l'ajout d'une grue apporte un surcoût important aux débusqueurs traditionnels (entre 50 et 100 000 €). Économiquement, il semble délicat de mobiliser un débusqueur neuf équipé d'une grue uniquement pour de la reprise derrière un câble. Cependant, certaines marques (Noé, Ritter...) proposent des modèles à grue en entrée de gamme à des prix plus abordables.

Coûts d'acquisition

- Débusqueur équipé d'un double treuil et d'une grue : 250 000 € à 350 000 €
- Débusqueur équipé d'un Klembank et d'une grue : 250 000 € à 350 000 €

Contexte optimal d'utilisation

- Chantiers de gros bois de montagne lorsque les possibilités de stockage ne sont pas possibles immédiatement à proximité du mât ;
- Nécessité de tri des produits et de rangement complexe le long d'une piste.

Ces matériels sont fréquents en Suisse, dans les entreprises publiques locales qui effectuent la reprise à la suite du débardage aérien.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Engin robuste et puissant, souple à utiliser avec une radiocommande intégrale.• Empilage à la grue aisé.• Performant si la distance de halage depuis le mât est supérieure à 100m.	<ul style="list-style-type: none">• Matériel cher (sauf si amorti), difficile à rentabiliser uniquement pour de la reprise.• Peut nécessiter la présence d'une personne supplémentaire sur la place de dépôt pour finir le façonnage et le cubage des bois.

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'un débusqueur à grue comme engin de reprise

D. Pelle de travaux publics équipée d'un grappin

La pelle de travaux publics (pelle TP, pelle rétro) équipée d'un grappin est un excellent engin de manutention qui présente de nombreux avantages pour la reprise des bois.



*Pelle TP à chenilles équipée d'un grappin
(Source : FCBA)*



*Pelle TP sur pneus équipée d'un grappin
(Source : FCBA)*

Son bras puissant permet de soulever sans difficulté de grosses grumes voir même des arbres entiers. C'est un atout important pour évacuer rapidement la charge déposée par le chariot, à condition de s'équiper d'une pelle de 20 tonnes minimum.

Ces pelles TP se trouvent facilement sur le marché de l'occasion et ne demandent pas de modifications particulières pour une reconversion comme engin de reprise au câble. Il faudra privilégier les pelles compactes qui ne dépassent pas de leur empattement au moment des rotations sur la tourelle.

Il est important de distinguer deux catégories de pelles TP :

- **Pelles montées sur chenilles** : ce sont les plus fréquentes sur le marché de l'occasion surtout dans la catégorie des engins de plus de 20 tonnes. Mais cette motricité n'est pas idéale pour un déplacement le long d'une piste ou route forestière. Les déplacements sont plus lents avec des chenilles et donc pénalisants dans le cas d'un stockage éloigné. Les chenilles peuvent également dégrader la surface de la route forestière, surtout au moment des ripages de l'engin. La pelle sur chenille est surtout adaptée pour des déplacements de l'engin réduits.
- **Pelles montées sur pneus** : cette motricité est moins répandue sur les engins de plus de 20 tonnes et a un coût d'acquisition supérieur à une pelle à chenilles. Elles sont pourtant intéressantes car elles permettent une plus grande souplesse et rapidité de travail. Le décrocheur pourra ainsi mieux répartir les grumes et produits le long de la route forestière et ne pas ralentir le fonctionnement de l'équipe. Une motricité sur pneus présente aussi l'avantage de pouvoir se déplacer sur des routes goudronnées. Un atout supplémentaire pour accéder aux chantiers dont le réseau routier n'est pas toujours praticable avec un porte-char. Ce cas est assez fréquent en montagne (lacets, points noirs...). Le porte-char peut ainsi déposer la pelle avant les passages difficiles et la laisser finir les derniers kilomètres d'accès au chantier.

Coûts d'acquisition

Le coût d'acquisition est réduit (prix moyen de 60 000 € à 80 000 € pour un engin d'occasion sur pneus et 6 000 € à 8 000 € pour un grappin) et le marché de l'occasion est bien fourni.

Une pelle sur chenille a un coût réduit de 10 000 € à 20 000 € pour un produit identique.

Contexte optimal d'utilisation

- Bois débardés en grandes longueurs (gros bois, perches, bois énergie) ou lorsque le stockage se trouve à proximité du mât. Bien adaptée aux espaces de stockage réduits ;
- Productivité très bonne si stockage à proximité.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Engin robuste et puissant parfaitement adapté à la manutention (engin de plus de 20 tonnes recommandé).• Manutention des bois facilitée par la grue.• Maintenance limitée, revente aisée.	<ul style="list-style-type: none">• Mobilité lente surtout pour les pelles montées sur chenilles.• Attention aux gabarits trop encombrants pour une activité sur routes et pistes forestières.• Engins chenillés interdits sur routes goudronnées.• Peut nécessiter la présence d'une personne supplémentaire sur la place de dépôt pour finir le façonnage et le cubage des bois.

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'une pelle TP équipée d'un grappin comme engin de reprise

L'astuce du câbleur futé



Des chenilles et des tracks moins agressives pour les pistes

Des trains de chenilles en **polyuréthane** ou **téflon** peuvent remplacer les trains acier sur les pelles TP.

L'objectif est de **préserver la desserte** et de **réduire l'empreinte des machines**, en réduisant la pression au sol (trains plus larges), l'agressivité des barrettes et donc le scalpage du sol.

Ces systèmes sont préconisés sur **terrains plats** (peu d'adhérence en pente) et sur les **dessertes fragiles**. Ils permettent généralement la circulation sur **route goudronnée**.



Tracks polyuréthane sur porteur (Source : FCBA)

E. Pelle de travaux publics équipée d'une tête de bûcheronnage

La pelle TP équipée d'une tête de bûcheronnage est l'engin le plus répandu chez les câblistes. En 2017, près de 40 % des entreprises françaises sont équipées de ce type de machine.



*Pelle TP sur pneus équipée d'une tête de façonnage
(Source : FCBA)*



*Pelle TP sur chenilles équipée d'une tête de façonnage.
(Source : FCBA)*

On peut reprendre les mêmes avantages et inconvénients cités dans le chapitre précédent sur les engins TP équipés d'un grappin, à savoir qu'il faudra privilégier les engins montés sur pneus et s'orienter sur des pelles suffisamment puissantes pour adapter une tête de bûcheronnage.

L'ajout d'une tête de bûcheronnage va changer toute l'organisation de l'équipe de travail, le débardage pouvant alors se faire en arbres entiers ou semi-ébranchés et le façonnage réalisé par l'engin de reprise. Sur coupe, le bûcheron va se limiter à l'abattage, un ébranchage très sommaire et éventuellement la purge des pieds. Seuls les arbres du couloir seront mieux ébranchés pour ne pas gêner les déplacements de l'accrocheur.

Ce changement d'organisation a des répercussions sur l'activité du décrocheur. Désormais, il ne va quasiment plus quitter la cabine de son engin de reprise (surtout s'il est équipé de chokers à ouverture automatique). Depuis sa cabine, il reprend les bois arrivés au pied du mât, les ébranche et les billonne en différents produits. Il doit évacuer les rémanents issus du façonnage en les plaçant généralement en tas au pied du mât. Il reprend les produits pour les empiler à proximité (de préférence à moins de 50 m de distance) pour limiter les temps de déplacement avec son engin.

	Pelle TP équipée d'un grappin	Pelle TP équipée d'une tête de bûcheronnage
Décrochage	10 %	5 %
Cubage	20 %	0 %
Bûcheronnage (chicots restant de l'ébranchage sur coupe)	20 %	0 %
Façonnage mécanisé	0 %	25 %
Rangement des rémanents	0 %	10 %
Rangement des bois	25 %	30 %
Attente	20 %	25 %
Divers	5 %	5 %

Comparaison de l'activité du décrocheur travaillant sur pelle TP avec ou sans tête de bûcheronnage (données moyennes relevées sur plusieurs chantiers en France dans les Alpes du Nord, Source : FCBA)

Le cubage manuel est généralement supprimé (à l'exception des très gros bois), le cubage machine étant généralement retenu pour les transactions commerciales.

Le laps de temps pour réaliser toutes ces phases est assez réduit, le décrocheur dispose d'environ 5 à 10 minutes pour traiter l'ensemble d'une charge déposée par le chariot.

Au niveau de la tête de bûcheronnage, un modèle fait référence auprès des câblistes : la tête Konrad Woody 60. Elle est parfaitement adaptée au façonnage des gros résineux (le modèle Woody 50 étant jugé un peu faible pour les bois de montagne) et présente surtout le gros avantage d'avoir une fonction grappin. Le châssis de la tête s'ouvre en deux, ce qui permet de reprendre facilement les grumes et billons pour les empiler. Avec cette position grappin, les rémanents sont également faciles à évacuer. D'autres marques (Koller ...) proposent des têtes de bûcheronnage équivalentes. A l'heure actuelle, le façonnage mécanisé des feuillus reste problématique avec une tête de bûcheronnage.

Coûts d'acquisition

Le coût d'acquisition d'une tête de bûcheronnage neuve est d'environ 90 000 €, auquel il faut ajouter la pelle (beaucoup d'offre en occasion), soit un coût total d'environ 150 000 €. La pelle doit disposer d'une puissance hydraulique suffisante permettant le bon fonctionnement de la tête de bûcheronnage.

Contexte optimal d'utilisation

- Tous chantiers résineux demandant un façonnage par l'engin de reprise. La pelle TP est bien adaptée aux espaces de stockage réduits et permet une rotation facile pour les engins montés sur tourelle ;
- Productivité très bonne si stockage à proximité.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Réduit le travail du bûcheron.• Cubage automatique par la machine (après étalonnage régulier).• Améliore la sécurité des opérateurs.• Engin robuste et puissant parfaitement adapté à la manutention (plus de 20 tonnes recommandé).• Manutention des bois facilitée par la grue.• Maintenance limitée, revente aisée.• Un seul opérateur pour toutes les tâches à la réception.	<ul style="list-style-type: none">• Investissement élevé à prévoir.• Mobilité lente surtout pour les pelles montées sur chenilles.• Attention aux gabarits trop encombrants pour une activité sur routes et pistes forestières. Engins chenillés interdits sur routes goudronnées.

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'une pelle TP équipée d'une tête de bûcheronnage comme engin de reprise

F. Machine de bûcheronnage

Comme une pelle TP équipée d'une tête de bûcheronnage, la machine de bûcheronnage peut être intéressante à la suite d'un débardage en arbres entiers (petits bois / bois moyens en éclaircie résineuse) mais on lui réservera plutôt une place en seconde partie de reprise. Par exemple, pour façonner des perches déjà empilées par une pelle TP équipée d'un grappin.

En effet, son coût d'utilisation (même avec une machine amortie) est plus élevé que celui d'une pelle TP équipée d'une tête de bûcheronnage. Une machine neuve est donc à exclure pour cette utilisation.



Machine de bûcheronnage (Source : FCBA)

Outre ce coût d'utilisation, elle présente aussi trois gros inconvénients pour être un engin de reprise efficace :

- Son bras n'est pas conçu pour de la manutention et de l'empilage. Ce n'est pas un bras de porteur. Son fonctionnement est parfait pour de l'abattage et du façonnage mais inadapté au levage de charge. La machine sera alors handicapée pour constituer de grosses piles ou déplacer des produits. De plus, sa cabine n'est pas montée sur une tourelle comme le sont les pelles TP, ce qui est pénalisant pour faire des va-et-vient le long d'une piste forestière ;
- La rotation à 360° en continu est rarement possible, ce qui limite l'amplitude des mouvements ;
- La reprise pour le façonnage d'une pile de perches résineuses est très contraignante. Le chauffeur perd du temps à démêler les tiges avant de pouvoir les façonner.

Compte tenu de tous ces éléments, la machine de bûcheronnage est rarement utilisée comme engin de reprise à la suite du câble aérien.

Coûts d'acquisition

- Machine de bûcheronnage neuve : entre 450 et 550 000 €.
- Matériel occasion : variable selon ancienneté, état général et marque.

Contexte optimal d'utilisation

- Uniquement à défaut de pouvoir disposer d'une pelle TP avec une tête de bûcheronnage. À réserver pour des petits bois d'éclaircies résineuses avec une place de dépôt assez vaste ;
- Productivité bonne si stockage à proximité.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Réduit le travail du bûcheron. • Cubage automatique par la machine (après étalonnage régulier). • Améliore la sécurité des opérateurs. • Un seul opérateur peut prendre en charge toutes les tâches à réaliser à la réception des bois. • Machine facilement disponible ponctuellement sur certains massifs résineux très mécanisés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts d'acquisition et de fonctionnement élevés. • Machine non adaptée à la manutention de bois (déplacement de produits et empilage important).

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'une machine de bûcheronnage comme engin de reprise

G. Camion avec reprise intégrée

Ce type de matériel de débardage est rarement utilisé en France (moins de 10 % des câblistes) mais peut se rencontrer plus fréquemment dans d'autres pays d'Europe.



Camion-mat Konrad Mounty 4000. (Source : FCBA)



Camion-mât Koller (Source : FCBA)

Il se caractérise par un ajout sur le camion mât d'une longue grue équipée d'une tête de façonnage permettant le traitement des bois à la réception du câble. Un seul équipement et une seule motorisation permettent ainsi la réalisation des opérations.

Ce système présente tout de même un gros inconvénient : celui de ne pouvoir stocker les produits façonnés qu'à une distance très réduite, correspondant à la portée maximale du bras (environ 8 m). L'engorgement autour de la machine peut être très rapide et il est impératif d'assurer une rotation très régulière (au moins deux fois par jour) des camions pour évacuer les produits empilés. La réduction du nombre de produits permet d'optimiser la place de stockage à proximité du camion. On peut aussi imaginer, pour garder plus de souplesse dans son fonctionnement (lorsque la rotation des camions est irrégulière), d'ajouter un autre engin de reprise de type porteur pour éloigner les piles de produits.

Contexte optimal d'utilisation

- Tous types de chantiers résineux demandant un façonnage et permettant une valorisation en différents produits. Chantiers disposant d'une place suffisamment large pour positionner le camion mât et permettant un stockage des produits tout autour. Prévoir également la possibilité de positionner les camions en parallèle pour le chargement des piles ;
- Productivité très bonne uniquement si rotation très régulière des camions. L'engorgement peut rapidement conduire à l'arrêt total de l'équipe de débardage.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Réduit le travail du bûcheron.• Cubage automatique par la machine (après étalonnage régulier).• Améliore la sécurité des opérateurs.• Engin équipé de nombreux composants électroniques qui centralisent la gestion des commandes de l'ensemble du système et permet une grande fiabilité de fonctionnement.• Un seul opérateur prend en charge toutes les tâches à réaliser à la réception des bois.	<ul style="list-style-type: none">• Investissement initial élevé à prévoir.• Faible possibilité de stockage autour du camion.• Nécessité d'avoir une large place disponible pour positionner l'ensemble du système et prévoir un emplacement pour les camions venant charger les piles.• Nécessité d'être en contact permanent avec les transporteurs pour assurer l'évacuation des piles.

Avantages et inconvénients de l'utilisation d'un camion avec reprise intégrée

H. Second engin de reprise

Dans certaines configurations de chantier, un engin de reprise plus spécialisé pourra venir compléter ponctuellement le travail réalisé par l'équipe de câblistes. Cette opération, par l'emploi d'un matériel supplémentaire, génère une rupture de charge et a un coût important.



Reprise au débusqueur en période hivernale pour mettre à quai les grumes au bord d'une route dégagée.
(Source : FCBA)



Dans cette configuration, c'est le chauffeur de la pelle qui utilise en alternance le porteur pour rapprocher quelques produits en bord de route.
(Source : FCBA)

Le cas peut se présenter dans trois situations principalement :

- Arrivée des charges du chariot sur un site non accessible directement par les camions. Il s'agira de reprendre les piles à proximité du mât et de les déplacer parfois sur plusieurs centaines de mètres (voire sur 2 ou 3 kilomètres maximum) pour atteindre le réseau routier ;
- Lorsque l'engin de reprise utilisé ne permet pas de reprendre les bois sur une distance suffisante. Par exemple, une pelle TP (chenillée ou à roues) n'est pas adaptée pour bouger du bois sur une distance supérieure à 100 m (c'est déjà compliqué sur une distance de plus de 50m). Si les conditions de stockage ne sont pas suffisantes à proximité du mât, il sera judicieux de faire appel à un autre engin mieux adapté pour éloigner les différents produits ;
- En période hivernale, l'accès à certaines pistes n'est pas possible aux camions. Dans ce cas, il peut être intéressant de faire appel à un autre engin de reprise pour faire la liaison entre les piles posées près du mât et un accès routier ouvert en hiver.

Les engins ayant pour mission d'assurer cette reprise n'auront qu'une fonction de débardage et seront choisis en fonction des produits à déplacer : porteur pour les bois courts, porteur ou débusqueur équipés de klembank pour les grumes et bois en long. Le choix d'un engin à grosse capacité de chargement sera privilégié pour optimiser les déplacements parfois assez longs. L'utilisation d'un klembank peut dans cette configuration être intéressante car il permet un chargement et un déchargement plus rapide.

À noter que les porteurs sont des engins plutôt rares dans les massifs montagneux, il sera plus facile de mobiliser un débusqueur pour cette opération.

En conclusion, la reprise des bois à l'arrivée du câble aérien est une tâche importante qui ne doit pas pénaliser la productivité du débardage ni le coût total de l'opération.

Les tâches à la reprise des bois sont multiples et l'engin attribué doit posséder les fonctions nécessaires à leur réalisation.

Le choix de l'engin est donc crucial pour l'entreprise et doit être raisonné pour s'adapter au mieux au contexte d'usage.

L'astuce du câbleur fûté



L'ébranchage déporté

L'investissement dans un engin de type pelle TP avec une tête de bûcheronnage peut être lourd à assumer lors de la mise en place d'une nouvelle équipe de câblistes. Le **façonnage mécanisé** reste pourtant un **atout** très appréciable dans notre conjoncture actuelle où il est difficile de mobiliser des bûcherons.

Il est alors possible d'utiliser une **ébrancheuse fixe déportée** que l'on placera en bord de piste, à proximité de l'arrivée des charges. Son utilisation nécessite tout de même la présence d'un **engin à grue** pour faire avancer la perche dans les couteaux de l'ébrancheuse et d'une place suffisante pour permettre la manipulation des grumes. Un **grappin tronçonneur** sur la grue permet également de faciliter la découpe mécanisée des grumes.

Plusieurs marques proposent un outil assez similaire, très simple d'utilisation, robuste, avec peu d'entretien et très efficace sur les perches résineuses de moins d'1,5 m³ : **Silvtrade**, **Camox** et **Apos** – coût d'environ 25 000 euros.



Façonnage mécanisé déporté par l'APOS (Source : FCBA)

Rédacteur :

FCBA : Christophe Perinot



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Noémie Guillemaut*

1.7 Atelier de chantier

A. Cabane de chantier

La cabane de chantier est indispensable lors d'un chantier. Elle permet de stoker du matériel, de se mettre à l'abri pour réaliser des petites réparations, d'affûter les tronçonneuses et pour manger au chaud ...

Cette « cabane de chantier » est composée ([Articles R. 717-84](#) à R. 717-84-5 du code rural et de la pêche maritime et [Article R. 717-78-5](#) du code rural et de la pêche maritime) :

- De zones de stockage de matériel ;
- D'un atelier (établi, étau...) pour les petites réparations ;
- D'une zone de stockage des vêtements (EPI, vestes de pluie...) ;
- D'une zone repas.



Exemple d'une cabane de chantier (Source : ISETA)

B. Pièces de rechanges et outillage

Pour limiter les temps d'interruption de la machine lors de pannes, il est nécessaire de disposer dans la cabane de chantier un ensemble de pièce de rechanges et de consommables :

- Un kit de révision ou remplacement des filtres d'avances (filtre à gazoil pour chaque machine) ;
- Des roulements pour la machine et le charriot ;
- Des boulons et des écrous ;
- Des élingues ou de quoi en fabriquer ;
- Des poulies ;

- Une ou deux chaînes de charriot, cette chaîne permet de mettre en pression le charriot, environ 150 bars ;
- De l'huile en petite quantité dans des petits contenants pour faire le complément si nécessaire :
 - 10 L d'huile moteur
 - 30 L d'huile hydraulique
- Des flexibles et raccords hydrauliques pour la pelle ;
- Des capteurs de vitesse à induction, cela pour vérifier la vitesse de fonctionnement de la ligne. Cela permet de gérer la vitesse et les distances avec le charriot ;
- Une caisse à outils la plus complète possible, notamment de l'électroportatif (disqueuse) pour réparer au plus vite ;
- Il est également nécessaire de disposer des éléments pour répondre aux diverses réglementations : extincteur, kit d'absorption des huiles (Article L.211-1 et article L.432-2 du Code de l'Environnement).

C. Consommables

Les consommables sont une part très importante du chantier. Leur prévision et leur gestion sont primordiales pour un bon déroulement du chantier. La logistique d'approvisionnement des consommables doit être sans faille pour ne pas pénaliser la production de l'installation.

Il y a trois grands postes pour les consommables : le câble, la pelle et la tête d'abattage.

Consommables concernant le câble

Type	Quantité dans le réservoir	Consommation / Jour	Consommation / Semaine	Estimation du Prix
Huile moteur	15 L	Quasi nul sauf fuite	Quasi nul sauf fuite	5-10 €/L
Huile hydraulique (bio ou non)	300 L			2-5 €/L
Liquide de refroidissement	30 L			2-4 €/L
Graissage standard pour l'axe	A chaque changement de ligne : 1 cartouche / 2 semaines			100 €/carton (24 cartouches/carton)
Graissage spécial pour les roulements				
Kit de révision des filtres	6-7 filtres			1 500 €
GNR	200 l	50 à 120 L / jour Soit 1L /m ³ sorti	500 – 600 L	885 € / 1000 L

Prix unitaire et consommations journalières et hebdomadaires des différents consommables utiles à l'utilisation du câble (Source : ISETA)

Consommables concernant la pelle et la tête d'abattage

Type	Quantité dans le réservoir	Consommation / Jour	Consommation / Semaine	Estimation du Prix
Huile moteur	20 L	Quasi nul sauf fuite	Quasi nul sauf fuite	5-10 €/L
Huile hydraulique (bio ou non)	400 L			2-5 €/L
Huile de réducteur	10 L			5 €/L
Liquide de refroidissement	30 L			2-4 €/L
Graissage standard pour l'axe	1 cartouche / jour pour la pelle			100 €/carton (24 cartouches)
Graissage spécial pour les roulements	1 cartouche / jour pour la tête			
Kit de révision des filtres	6-7 filtres			1 500 €
GNR	280 L	100 à 250 L/jour Soit 2 L/m ³ sorti	1 000 – 1 200 L	885 € / 1000 L
AdBlue	1 plein tous les 3 plein de GNR	5 L/jour	25 L/semaine	0.5 – 0,80 €/L Bidon de 200L
Huile de charriot HV 46 pour chariot récents ou huile « d'aviation » (sur les très vieux chariots)	5 L	Quasi nul sauf fuite		20 €/L

Prix unitaire et consommations journalières et hebdomadaires des différents consommables utiles à l'utilisation de pelle et de la tête d'abattage (Source : ISETA)

D. Gestion des consommables

Stockage des hydrocarbures

Pour le stockage, [l'Arrêté du 1er juillet 2004](#) (France) fixe les prescriptions minimales qui doivent être respectées pour la construction, l'installation, la mise en service, l'entretien, l'approvisionnement et l'abandon des stockages de produits pétroliers.

Les réservoirs doivent être conçus pour stocker des produits pétroliers en extérieur (opacité suffisante) :

- Ils doivent être fixés solidement sur un sol dur et stable ;
- Les récipients doivent être :
 - Équipés d'un deuxième enveloppe étanche et être conçus de telle sorte qu'il soit possible de se rendre compte de toute perte d'étanchéité de l'enveloppe intérieure ;
 - OU placés dans une cuvette de rétention étanche dont la capacité doit être au moins égale à la plus grande des valeurs suivantes (100 % de la capacité du plus grand réservoir, et 50 % de la capacité globale).

- Aucune canalisation d'alimentation en eau, d'évacuation d'eaux usées, de gaz ou d'électricité ne doit passer ni sous les récipients transportables et sous les réservoirs, ni dans les cuvettes de rétention.



Cuve à Gazole à double enveloppe sur chantier (Source : Oberlé forest Equip)

L'astuce du câbleur futé



Protéger le Gazole Non Routier (GNR) du gel

Pour être prêt pour l'hiver, tout doit être en ordre avant l'arrivée du froid. Voici une liste d'éléments à vérifier :

- Effectuez **l'entretien** et la **vérification** de l'ensemble des équipements fonctionnant au GNR, ainsi que la cuve, **avant l'arrivée de l'hiver**. La cuve ne doit pas contenir de traces d'eau, de bactéries ou de résidus de GNR d'été ;
- **Nettoyez** le trou d'évent de la cuve qui permet sa respiration ;
- **Vidangez** le réservoir pour éliminer les impuretés et l'eau de condensation ;
- Si vous avez un robinet de purge, **purgez** le filtre ou le décanteur pour vous assurer qu'il n'y a pas d'eau dedans, ou démontez-le ;
- **Vérifiez** que l'huile de votre moteur est **adaptée** aux conditions hivernales. Une huile non adaptée protège moins le moteur et conduit à des difficultés pour démarrer. Par prévention, changez votre huile avant l'arrivée du froid ;
- **Vérifiez** l'état de la **batterie**, il faut qu'elle tienne bien la charge ;
- **Changez les filtres**, préfiltres, huile moteur si besoin ;
- Mettez à **l'abri** les véhicules, équipements et le GNR : le gazole non routier doit être conservé à une température supérieure à sa température limite de filtrabilité (TLF) requise pour la période hivernale.



Le stockage du GNR et autres consommables

L'approvisionnement des consommables peut se faire de 2 façons : la **livraison** et le **stockage** sur le chantier versus le **transport** au quotidien dans les véhicules.

Pour des raisons de **praticité**, il est préférable de faire livrer sur le chantier. Le problème qui peut apparaître est le vol de carburant le soir.

Pour éviter cela, il faut :

- Une **cuve inox** d'une **grosse capacité** : environ 2 500 Litres (environ 3 semaines de travail) ;
- Une cuve **sécurisée** pour limiter les vols.

Pour les bidons, il est assez facile de les transporter à chaque chantier.

Transfert du Gazole Non Routier

Pour une réalisation optimale du remplissage du GNR des machines (câble mât et pelle), il est recommandé d'être équipé :

- D'une filtration particule ;
- D'un filtre séparateur d'eau ;
- Des filtres avec une capacité suffisante pour absorber le maximum d'impuretés ;
- Idéalement avec détecteur de fonctionnement de filtre en amont pour détecter les pertes de pression liées à un début de bouchage de filtre ;
- Un compteur pour mieux connaître ses consommations ;
- Un contacteur marche/arrêt commandé par le pistolet automatique ;
- Débit idéal : 60 - 80 litres par minute.

Transport des hydrocarbures

En France, [l'Arrêté du 29 mai 2009](#) relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres impose l'application de l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR) sur le territoire national, et ajoute des règles supplémentaires pour tous les transports et également pour les seuls transports nationaux.

Il remplace l'arrêté du 5 décembre 1996 relatif au transport des marchandises dangereuses par route, ayant lui-même remplacé l'ancien règlement RTMDR.

Le numéro d'identification

Toutes les marchandises dangereuses, dont le carburant, se voient attribuer un numéro d'identification par le fournisseur, qui permet de faire un suivi à vie de la marchandise, jusqu'au traitement des déchets.

Il comporte les caractéristiques suivantes :

- **Le numéro ONU** : Il s'agit d'un numéro à 4 chiffres précédé de UN. Plus le numéro est élevé, plus la dangerosité de la matière est importante ;
- **Le code de classification** : Il correspond à une catégorisation de produits effectuée en fonction de leurs caractéristiques physiques et chimiques ;
- **La classe** : 9 classes existent, des matières explosives (classe 1) aux matières dangereuses pour l'environnement (classe 9) ;
- **Le code de danger** : Il donne une indication sur le type de danger que la marchandise peut présenter (émanation de gaz, risque d'explosion, etc.) ;
- **Le groupe d'emballage** : Il définit le degré de danger pour le transport ;
- La catégorie de transport.

Les documents obligatoires

Ils sont à présenter pour le transport d'hydrocarbures :

- **Le document de transport** : avec les coordonnées de l'expéditeur, le code ONU de la marchandise transportée, la désignation officielle de transport, les numéros de modèles d'étiquette et le groupe d'emballage, le code de restriction en tunnels, le type et le nombre de colis homologués, la quantité de chaque marchandise ;
- **Les consignes écrites de sécurité** : Dans ce document, se trouve la liste des équipements de sécurité complémentaires, qui doivent se trouver dans le véhicule selon le modèle d'étiquette de danger des produits.

Équipements spécifiques

Il faut également utiliser des équipements spécifiques au transport, sur véhicule et pour le personnel :

- Équipement sur et dans le véhicule :
 - Des panneaux orange doivent être fixés à l'avant et à l'arrière du véhicule ;
 - À transporter : un cale de roue, deux signaux d'avertissement, un extincteur à poudre adapté à l'extinction des feux de classes A, B et C d'une capacité d'au moins 2 kg.



Exemple de panneaux orange fixés à l'avant et à l'arrière du véhicule

- Équipements sur le personnel dans le véhicule :
 - un gilet fluorescent
 - des gants de protection
 - des protections pour les yeux
 - un appareil d'éclairage portatif sans surface métallique pouvant produire une étincelle.

Rédacteur :

ISETA : Simon Grorod

**Débardage
par
câble aérien**

2. PRÉPARATION D'UN CHANTIER

2.1 SIMULCABLE 3D	83	2.3 PLACES DE TRAVAIL ET DE DÉPÔT	113
A. Contexte	83	A. Place de travail	113
B. Objectifs	83	B. Places de dépôt	114
C. Données d'entrée	84	Grumes stockées en long	115
Profils de terrain	84	Billons stockés perpendiculaires	116
Caractéristiques des câbles et du chariot	85	Billons stockés en parallèle	116
Coefficient de sécurité	86	Branches et purges	117
Hauteur du câble	87		
Zone non exploitée	87	2.4 LOGISTIQUE DU TRANSPORT	119
D. Résultats	89	A. Contexte	119
E. Conclusion	91	B. Différents moyens de transport	120
		Bois en grande longueur	120
		Bois courts	121
		Plaquettes	122
2.2 TRAÇAGE DES LIGNES	93	C. Organisation de la logistique	124
A. Définition et objectifs du traçage	93		
B. Éléments constitutifs d'une ligne	94	2.5 SIGNALISATION	127
C. Azimut et / ou gisement	97	A. Contexte réglementaire en France	127
Définitions	97	Signalisation	127
Détermination de l'azimut	99	Fiche de chantier	128
D. Angle d'ajustage de la boussole	102	B. Contexte réglementaire en Suisse	128
E. Équipements nécessaires	104	C. Mise en œuvre et bonnes pratiques	129
F. Déroulement du piquetage	107		
Vérifications préliminaires	107		
Jalonnement de l'axe de la ligne	108		
Besoin de correction de l'azimut ?	109		
Finalisation du piquetage	111		

2.1 Simulcable 3D

A. Contexte

La préparation d'un chantier de câble aérien est complexe et nécessite un approfondissement pour permettre l'optimisation de sa mise en œuvre.

Pour élaborer l'étude économique prévisionnelle ou l'établissement d'un prix de prestation (voir partie 2 chapitre 5.1 « Elaboration du prix de prestation »), il est important de connaître les données techniques de l'implantation de la ligne et de simuler ainsi les temps improductifs liés au montage de la ligne, des supports terminaux et intermédiaires, ainsi que leur démontage. En moyenne, 25 % du temps de présence de l'équipe est dédié au montage d'un support intermédiaire, réalisé en moyenne en 1/2 journée, pour une équipe de 3 personnes (données NEWFOR, Magaud 2013).

La connaissance préalable du nombre de supports nécessaires et de leur emplacement est donc un élément important.

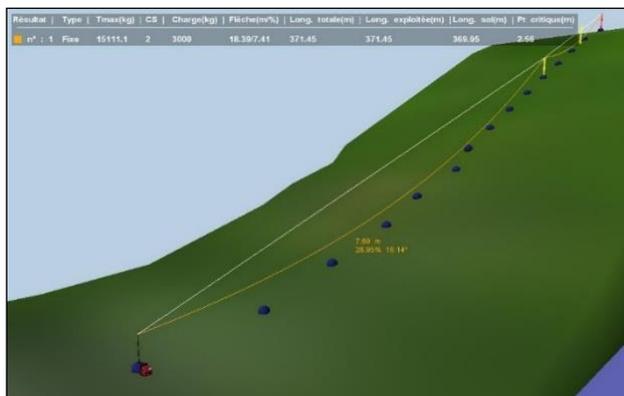
B. Objectifs

SIMULCABLE 3D est un logiciel français conçu par FCBA et l'ONF, libre d'accès.

Cet outil de simulation a comme principales fonctions :

- La création / représentation d'un profil de terrain en 2D ou 3D ;
- Le dimensionnement mécanique d'une ligne de câble aérien, à travers le calcul des tensions dans un câble porteur supportant un chariot en charge ;
- Le positionnement automatique ou manuel des supports intermédiaires ;
- Le renseignement d'informations sur la longueur de câble porteur nécessaire, ainsi que la position basse et haute du câble par rapport au terrain.

L'utilisateur peut ainsi identifier le nombre de supports et leurs positions respectives. Le changement de paramètres d'entrée permet de relancer des calculs si besoin et de comparer plusieurs solutions. Les résultats graphiques sont présentés dans la figure suivante.



Visualisation en 3D d'une ligne de câble avec ses supports intermédiaires (Source : FCBA)

C. Données d'entrée

Un ensemble de données est nécessaire pour permettre les calculs, dont :

- Profil du terrain
- Caractéristiques des câbles
- Caractéristiques du chariot
- Coefficient de sécurité

Profils de terrain

Le profil du terrain étudié, situé entre le câble mât et l'ancrage terminal, permet de déterminer l'implantation des différents supports et de connaître ainsi la distance entre le câble et le sol. Ce profil peut être déterminé de différentes manières :

L'astuce du câbleur futé 

Tracer son profil

Tracer un profil qui va au-delà de l'**implantation prévisionnelle** du mât et du terminal permet :

- D'implanter les **ancrages** amont et aval si besoin ;
- Garder de la **latitude d'ajustement** des éléments de la ligne une fois le prévisionnel confronté au terrain.

Relevés de terrain :

- Réalisés à l'aide d'une boussole, d'un clisimètre et d'un topofil ;
- Les données nécessaires sont la pente (en %) et la distance terrain entre chaque point.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Bonne précision des données.	Saisie longue.

Relevés cartographiques

- Mesures prises sur fond de carte (type IGN, échelle à préciser lors de la saisie) ;
- Les données nécessaires sont l'altitude du point de départ, la distance à plat sur la carte depuis le point de départ et l'altitude pour chaque point suivant (à partir de l'équidistance des courbes de niveau).

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Saisie rapide, au bureau.	Faible précision des données, notamment pour l'altitude, les courbes de niveau ayant une valeur de 10 m.

Utilisation d'un Modèle Numérique de terrain (MNT)

- Importation d'un fichier MNT de type ASCII (.txt), qu'il faut avoir préalablement créé sur la zone.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
En cas d'un MNT issu d'un vol Lidar, la précision des données est souvent excellente (précision de l'ordre du mètre en « z » sous couvert forestier).	Nécessite l'existence des données et leur pré traitement. SIMULCABLE peu adapté à ce jour à un volume important de données.

Caractéristiques des câbles et du chariot

Le calcul des tensions dans les câbles nécessite de connaître les caractéristiques des matériels et des câbles utilisés, fournies par les constructeurs.

Les données nécessaires sont :

- Pour le chariot : masse (kg) et capacité de charge maximale (kg) ;
- Pour les câbles porteur et tracteur: masse linéaire (kg/ml), diamètre et charge à la rupture (en kg) des câbles.

Charge maximale du chariot

L'utilisation de la valeur "capacité du chariot" (par exemple, 3 tonnes) dimensionne la ligne de câble dans son utilisation maximum. Sur le terrain, la masse réelle embarquée étant plus petite, la ligne sera moins tendue et plus haute que sur le profil proposé par Simulcable 3D (surdimensionnement de la ligne).

L'utilisateur peut choisir de saisir la charge réelle embarquée par le chariot, pour se rapprocher de la réalité de terrain. La conséquence fréquente est la réduction du nombre de supports intermédiaires. L'utilisateur qui saisit une masse embarquée plus faible doit être conscient qu'en cas de charge supérieure, les coefficients de sécurité ne seront plus respectés, pouvant mettre en péril l'installation (sous dimensionnement de la ligne).

À titre d'exemple, sur des mesures dans les Alpes du Nord pour des chariots de capacités de 3 tonnes, la charge réelle était en moyenne de 1,9 tonnes.

Caractéristique techniques des câbles pré-paramétrés du logiciel

Les données fournies dans le logiciel concernant des câbles aciers non compactés et qui présentent des charges à la rupture plus faibles que ceux couramment utilisés. Il faut donc faire attention à récupérer des données cohérentes pour obtenir une simulation au plus proche de la réalité. Se référer éventuellement au fichier suivant :

http://outils-appro.fcba.fr/downloads/description_materiel_cable.pdf

Coefficient de sécurité

Le coefficient de sécurité sert à dimensionner la ligne pour un fonctionnement en toute sécurité pour les utilisateurs. Il s'agit de prendre en compte les défaillances imprévues du système : fausse manipulation, surcharge, défaillance d'une pièce, évènement extérieur....

Le coefficient de sécurité est le ratio entre la résistance à la rupture du câble et la force effectivement appliquée sur ce dernier :

$$\text{coefficient sécurité} = \frac{\text{résistance à la rupture (kg)}}{\text{masse effective (kg)}}$$

Par exemple, pour un câble ayant une résistance de 50 tonnes, si un coefficient de sécurité de 5 est appliqué, il ne faut pas dépasser 10 tonnes de tension dans ce câble pour respecter les consignes d'usage.

La norme actuelle

Il n'existe aucune norme européenne actuelle pour le câble aérien, hormis la directive Machines 2006/42 (engins de levage) qui annonce un coefficient de sécurité « en général égal à 5 pour les câbles aériens », sans plus de précisions. En pratique, le coefficient retenu est au minimum de 2.

Le projet de norme

Le projet de norme européenne PREN 16517 devait être mis en application prochainement. Cette norme, spécifique au débardage par câble aérien, détaille les particularités des matériels et leur utilisation. Elle précise entre autres les coefficients de sécurité nécessaires :

- 3 pour les câbles porteurs, tracteurs, retours, pêcheurs et auxiliaires ;
- 4 pour les haubans et tous les câbles de fixation et d'ancrage.

Point de vigilance

Un **câble synthétique gainé** doit avoir la même résistance de rupture minimale qu'un câble acier pour la même fonction.

Pour un **câble synthétique non gainé**, le coefficient de sécurité doit être supérieur de 40% à celui d'un câble acier pour la même fonction, afin de tenir compte de son abrasion.

Application du coefficient de sécurité

Il n'existe à ce jour aucun instrument de série équipant les matériels de débardage, pour mesurer la tension effective dans les câbles, et notamment dans le câble porteur. La tension est gérée par les treuils hydrauliques. Des tables de conversion existent, mais ne sont pas précises, car la conversion nécessite de connaître exactement le nombre de tour de câble sur le tambour. Certains tambours disposent cependant d'un système permettant de relâcher le câble lorsque la tension est trop forte.

De plus, cette pression hydraulique est statique, et ne permet pas de connaître la tension dynamique, liée aux à-coups subis par les câbles lors du débardage.

Dans ce contexte, il est difficile de s'assurer du respect du coefficient de sécurité. Une solution serait l'installation complémentaire d'un dynamomètre en bout de câble ou sur la poulie en haut du mât pour mesurer la tension statique. Un bon complément serait d'enregistrer les variations de la tension dynamique et s'assurer ainsi du bon respect des conditions d'usage.

L'astuce du câbleur futé



Respecter le coefficient de sécurité

Les **tensions statiques** dans le câble porteur, mesurées ou calculées par Simulcable 3D, varient généralement de **8 à 14 tonnes**.

Pour respecter un coefficient de 3, il faudrait donc que la résistance à la rupture du câble porteur soit de $3 \times 14 = 42$ tonnes, (diamètre de 20 à 22 mm selon les câbles).

En l'absence de mesures réelles, un **surdimensionnement du câble** permet de **sécuriser l'installation**, mais a des **conséquences** sur les **matériels annexes** (poulies) et les **manipulations** par les opérateurs.

Hauteur du câble

La hauteur du câble porteur est conditionnée par :

- La hauteur du mât (m) (donnée constructeur) ;
- La hauteur des supports intermédiaires et du mât terminal (m) (données déterminées par le câbliste en fonction de son support, généralement un minimum de 10 m) ;
- La hauteur minimale entre le câble porteur en charge et le sol, fixée par le câbliste et généralement fixée au minimum à 4 mètres.

Zone non exploitée

Il existe diverses configurations d'installation ayant des conséquences sur les zones circulées ou non par le chariot.

Les zones non exploitées sont de 3 types dans le logiciel SIMULCABLE 3D :

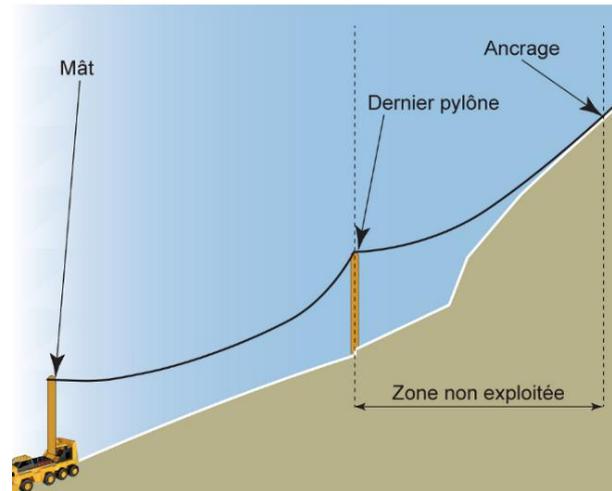
1. Aucune zone non exploitée ;
2. La totalité de la dernière section ;
3. Une distance définie préalablement.

Aucune zone non exploitée

La totalité de la ligne entre le mât et le pylône terminal est exploitée.

La totalité de la dernière section est non exploitée

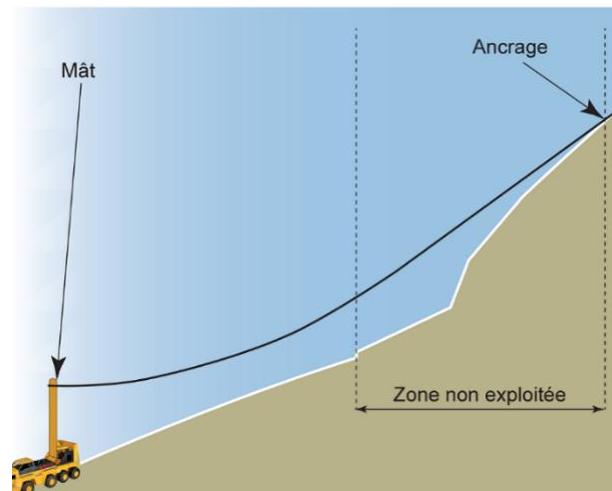
Pour prendre en compte la longueur totale de câble porteur déployé, l'ancrage du porteur est créé dans Simulcable 3D comme un mât terminal de hauteur « 0 ». Le vrai terminal est positionné manuellement. Sur le terrain, la distance entre le terminal et l'ancrage ne doit pas être prise en considération, c'est donc une zone à exclure des calculs de Simulcable 3D.



Section non exploitée (Source : FCBA)

Une distance non exploitée définie spécifiquement

Dans certaines configurations d'installation (lignes courtes, profils sans mât terminal...), une partie de la ligne ne peut pas être exploitée. Cette distance est à prendre en compte pour les longueurs de ligne, mais pas pour la hauteur minimale du chariot.



Distance non exploitée (Source : FCBA)

D. Résultats

Les résultats s'affichent de deux façons différentes : soit par un tracé du chemin parcouru par le chariot en charge, soit par un tableau de valeurs.

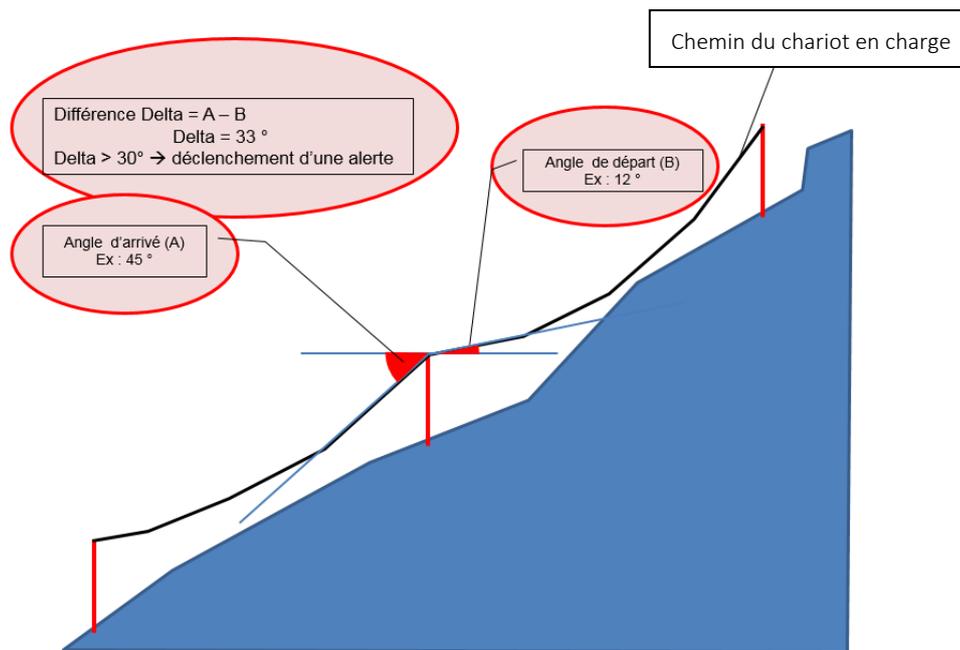
Le tracé du chemin parcouru par le chariot en charge

Ce tracé est accompagné du positionnement des supports intermédiaires. Ce schéma est complété par :

- La position du point le plus bas, appelé « point critique » ;
- La position la plus haute du câble porteur à vide, lorsqu'il est à plus de 40 m du sol ce qui nécessite une déclaration à la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile, voir partie 2 chapitre 7.1.B « Câble en hauteur »).

Point de vigilance : les angles et les messages d'alerte

Angles sur un support : le chariot va avoir des difficultés à passer un support lorsque la somme des angles d'arrivée et de départ du support est supérieure à **30°**. Un message d'alerte est émis.



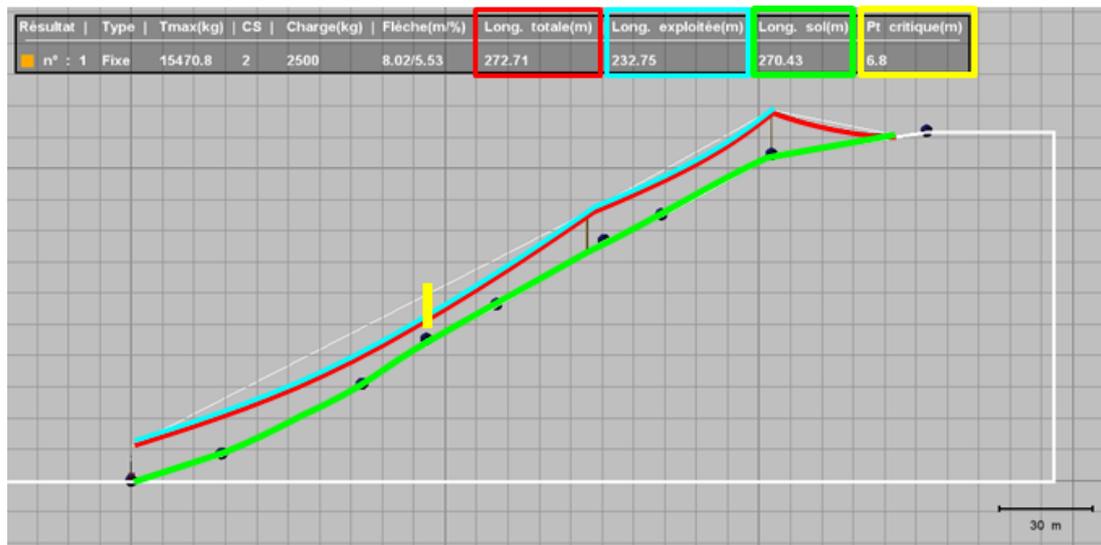
Les angles limites sur un support dans SIMULCABLE 3D (Source : FCBA)

Angles de pente du tracé du chariot en charge : si le câble porteur à une pente inférieure à 20 % en un point, le chariot qui descend par gravité risque de rester bloqué sur le câble. Un message d'alerte est émis.

Un tableau de valeurs

Le tableau présente :

- La longueur totale de câble déployée (encadrée en rouge dans la figure suivante) ;
- La longueur parcourue par le chariot (encadrée en bleu) ;
- La longueur au sol (encadrée en vert) ;
- La valeur du point critique localisé sur le schéma (encadrée en jaune + trait jaune) ;
- Des rappels sur le coefficient de sécurité retenu et la charge embarquée, ainsi que les résultats de calcul des tensions dans le câble porteur.



Résultats Simulcable 3D (Source : FCBA)

Une fois ces résultats obtenus, il est possible de renouveler l'opération de façon incrémentale, en déplaçant des supports, en changeant le coefficient de sécurité, en faisant varier la hauteur des supports..., et de comparer les résultats.

La position des supports peut être connue en cliquant sur ces derniers.

L'enregistrement puis l'exportation des résultats (format HTML) permettent de garder une trace des calculs réalisés.

Point de vigilance

Compte tenu de l'imprécision des données d'entrée et notamment du profil, la position des supports donne des indications et ne peut être considérée comme exacte (précision de quelques mètres), Simulcable3D ne tient pas non plus compte de l'existence de supports sur le terrain aux emplacements voulus. Cependant, le profil peut être actualisé après identification des supports existants sur le terrain.

L'équation mathématique utilisée peut générer des imprécisions, les valeurs de résultats de tensions ne peuvent servir de références. Pour un câble synthétique non gainé, le coefficient de sécurité doit être de 40% supérieur à celui d'un câble acier pour la même fonction, afin de tenir compte de l'abrasion des fibres.

La Fiche Technique n° 12 résume les étapes de Simulcable 3D.

E. Conclusion

Simulcable3D est un outil d'aide à la décision d'utilisation aisée.

Il a pour ambition d'accompagner le gestionnaire et le câbliste dans leurs réflexions lors de la préparation d'un chantier, leur permettant d'identifier :

- Le nombre de supports et leur localisation ;
- Le besoin en longueur de câble porteur.

Ces informations accompagnent les câblistes pour :

- Identifier le matériel nécessaire (longueur de câble disponible) ;
- Calculer les temps et donc les coûts d'installation de ligne (nombre de supports) ;
- De pré-identifier sur le terrain les zones des futurs supports intermédiaires et les arbres à ne pas abattre ;
- Ajuster les hauteurs des supports en fonction des particularités de terrain.

L'astuce du câbleur futé



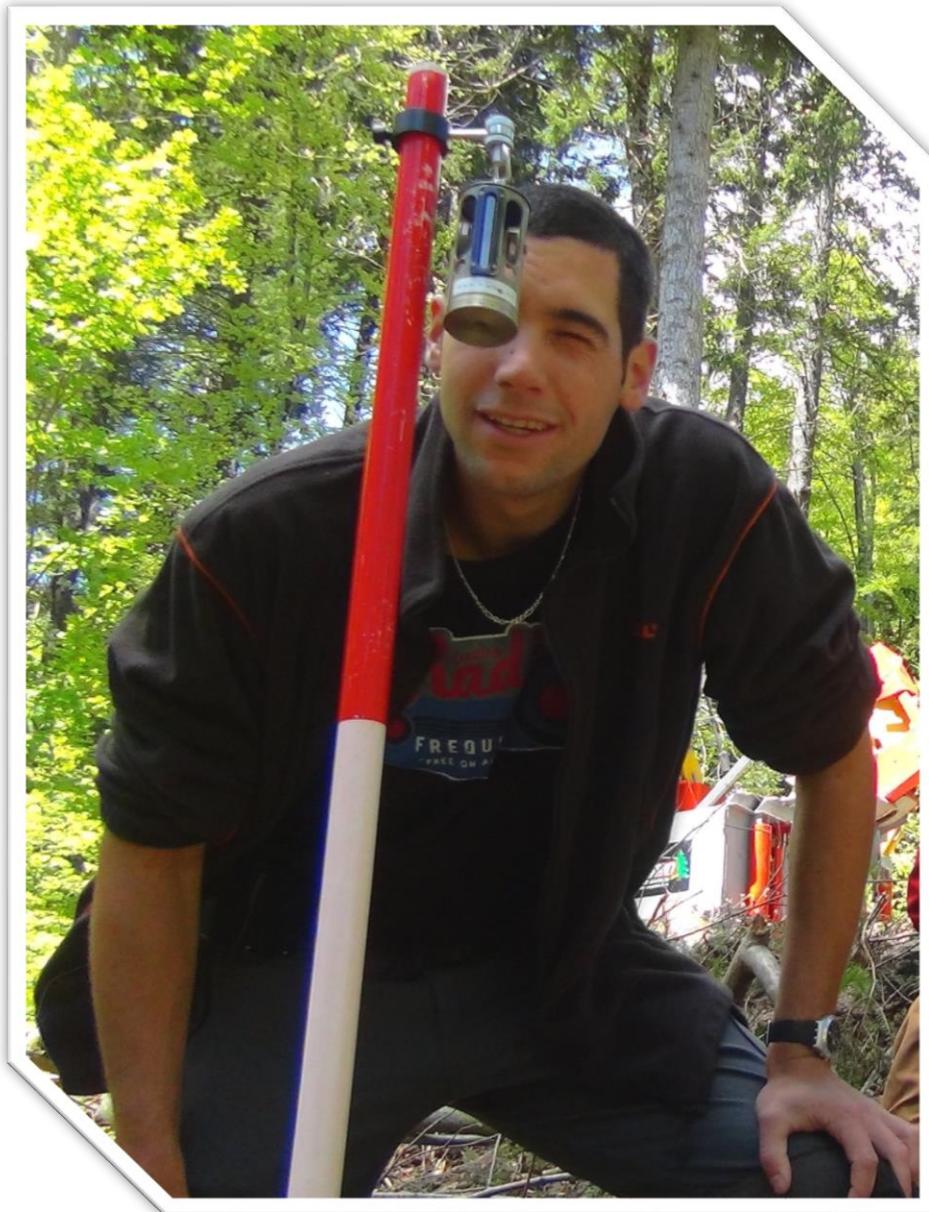
Utiliser SIMULCABLE 3D

Téléchargement du logiciel sur www.outils-appro.fcba.fr, onglet **câble aérien**

- Le logiciel ;
- La notice d'utilisation ;
- Le tableau des principales caractéristiques des câbles et chariots utilisés en France, nécessaires au paramétrage du logiciel.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE
« Des câbles et des hommes » par N. Raymondon*

2.2 Traçage des lignes

A. Définition et objectifs du traçage

Le traçage (ou piquetage) d'une ligne de câble correspond à l'action de repérer et matérialiser sur le terrain les éléments composant une ligne de câble. Cette opération est importante pour le bon déroulement du projet dans son ensemble car elle permet :

Pour le gestionnaire :

- de confirmer et/ou adapter à la réalité de terrain le plan de câblage prévu initialement au bureau ;
- d'ajuster au mieux son martelage (désignation) en fonction de la position exacte de l'axe de la ligne de câble.

Pour le câbliste :

- d'avoir une connaissance fine des composants de la ligne avec leur emplacement prévisionnel sur le terrain ;
- de faciliter et planifier au mieux le montage de la ligne.

L'opérateur réalisant l'implantation de la ligne sur le terrain doit avoir une bonne connaissance de la technique d'exploitation par câble aérien. En effet, il ne s'agit pas « simplement » de relier 2 points par une ligne droite mais bien d'identifier et connaître le fonctionnement de tous les composants d'une ligne pour optimiser leur emplacement en vue de lever les freins potentiels à l'installation et au fonctionnement de la future ligne de câble.

Par conséquent, cette opération peut être réalisée par un gestionnaire s'il dispose des compétences et connaissances suffisantes dans le domaine. Néanmoins, le tracé devra toujours être validé ou repris par le câbliste prévu sur le chantier pour confirmer l'implantation de la ligne en fonction de son matériel et des techniques qu'il souhaite mettre en œuvre en phase de montage et d'exploitation.

B. Éléments constitutifs d'une ligne

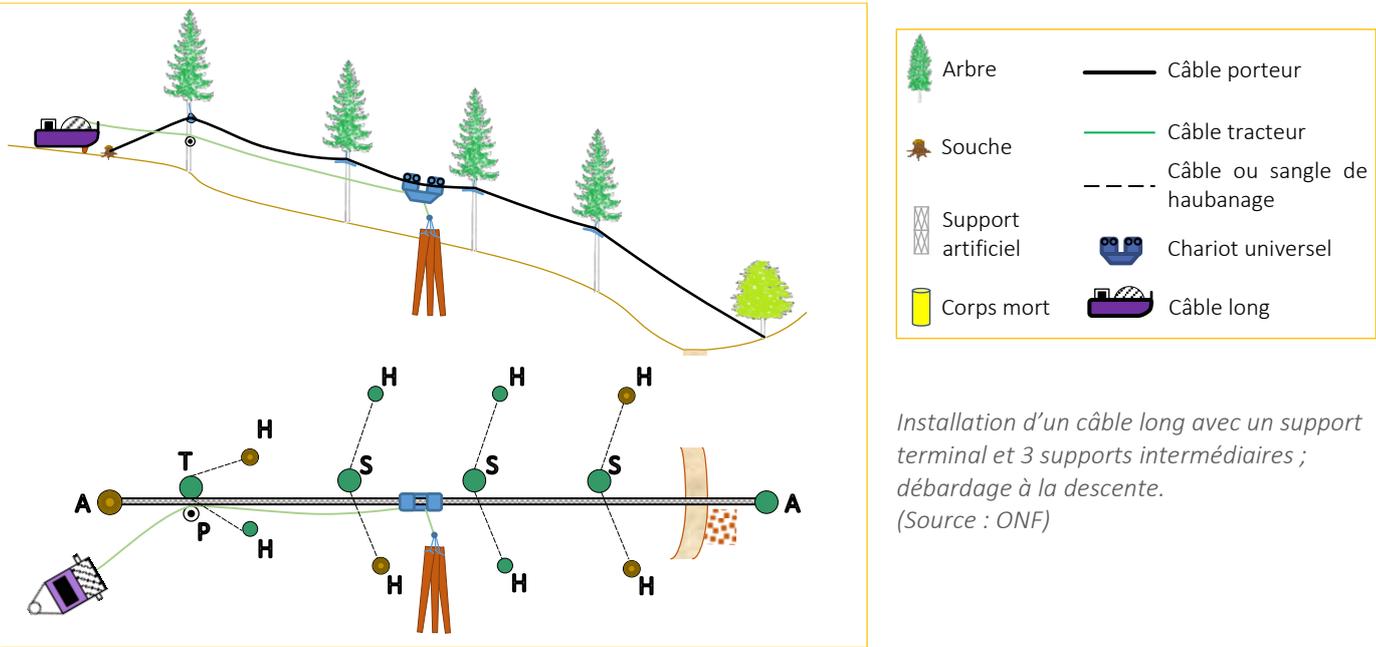
Comme évoqué précédemment, l'opérateur réalisant le traçage de la ligne devra repérer, matérialiser et cartographier les éléments / fonctions suivantes :

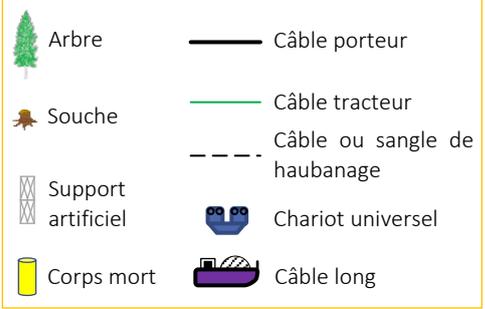
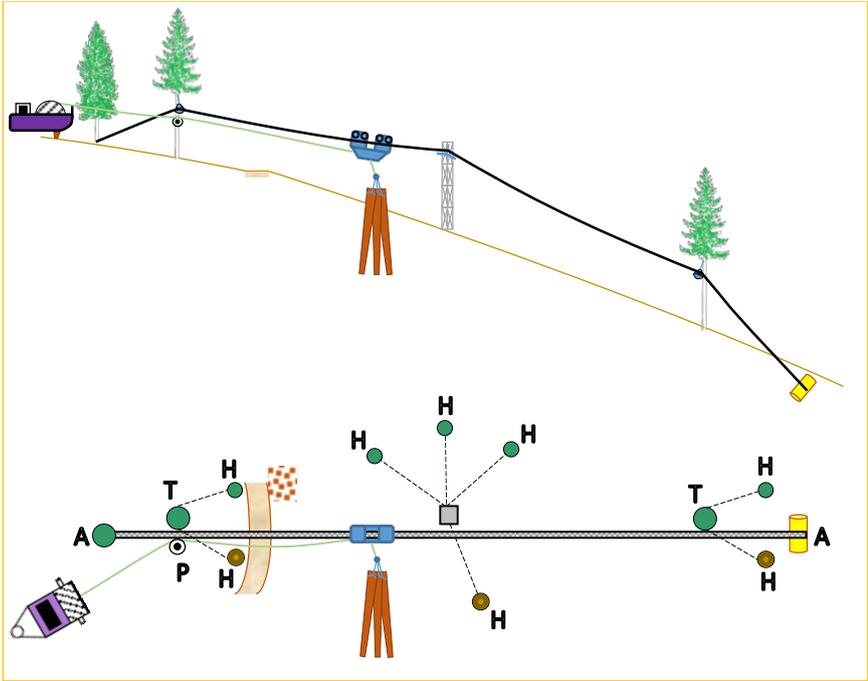
Câble mât		Câble long		Signalétique décrivant la fonction
Éléments / Fonctions	Obligatoire ?	Éléments / Fonctions	Obligatoire ?	
L'ancrage du câble porteur	Oui	Les ancrages du câble porteur	oui	A
L'emplacement de la machine		L'emplacement de la machine		/
La place de déchargement		La place de déchargement		H
Les arbres présents dans l'emprise du câble		Les arbres présents dans l'emprise du câble		T
Les points de haubanage pour la machine		Les points de haubanage des supports		S
Le support terminal	Selon la configuration du terrain	Le ou les support(s) terminaux	Selon la configuration du terrain	H
Le ou les supports intermédiaires	Selon la présence de support	Le ou les supports intermédiaires	Selon la présence de support	P
Les points de haubanage des supports	Selon le matériel et la technique utilisée	La poulie de renvoi pour le câble tracteur	Oui	

Récapitulatif de la signalétique selon la fonction des éléments constitutifs d'une ligne de câble
(Source : ONF)

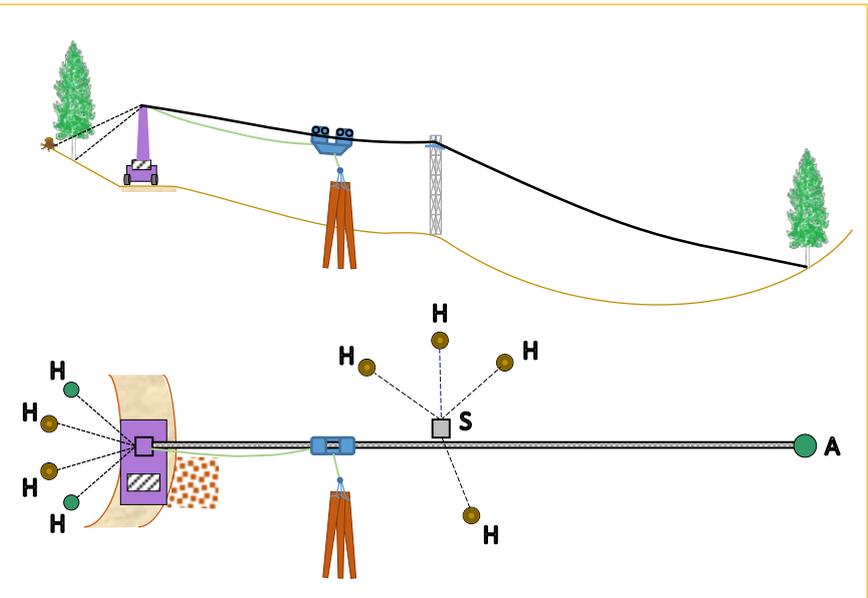
Des précisions sur les critères de choix, l'installation et le fonctionnement de chacun des éléments constitutifs de la ligne sont détaillées dans les chapitres « Matériels » et « Mise en place d'une ligne ».

Ci-dessous des exemples de configurations de lignes :

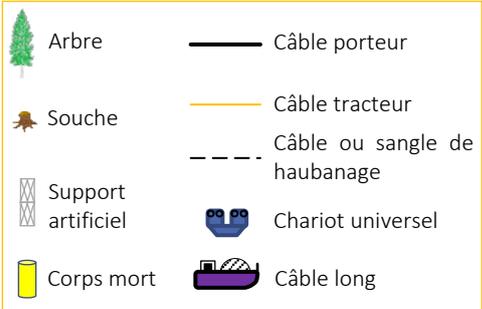
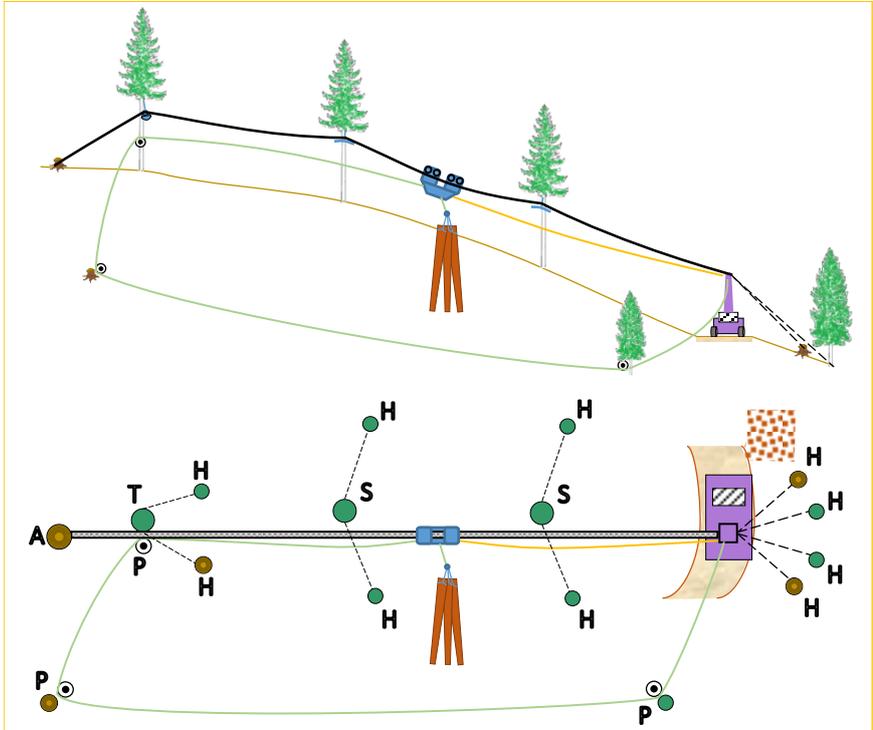




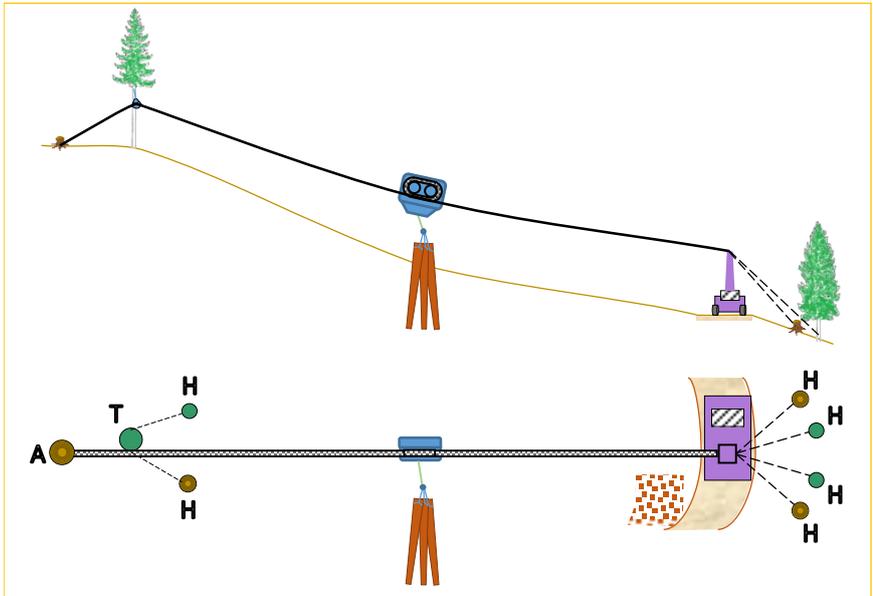
Installation d'un câble long avec deux supports terminaux et un support intermédiaire artificiel et corps mort ; débardage à la montée.
(Source : ONF)



Installation d'un câble mât avec un support intermédiaire artificiel ; débardage à la montée.
(Source : ONF)



Installation d'un câble mât avec 2 supports intermédiaires et un support terminal, débardage à la descente.
(Source : ONF)



Installation d'un câble mât avec un chariot automoteur et un support terminal; débardage à la descente.
(Source : ONF)

C. Azimut et / ou gisement

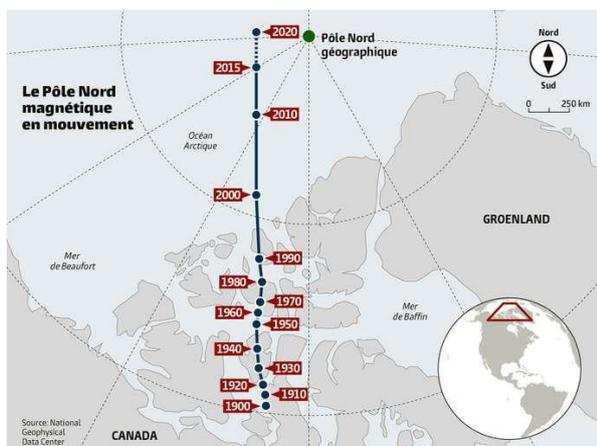
Définitions

Pour mettre en œuvre le tracé d'une ligne de câble, il est nécessaire de connaître l'azimut de la ligne et éventuellement son gisement. Pour rappel, les définitions de ces deux notions sont les suivantes :

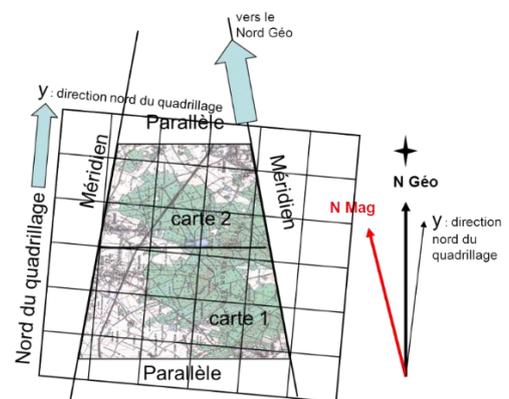
- **Azimut** : Angle compris entre la direction du Nord de la boussole utilisée pour le tracé de la ligne et la direction de l'élément visé ;
- **Gisement** : Angle compris entre la direction du Nord cartésien (axe des ordonnées du système de projection de la carte) et la direction de l'élément visé.

Il ne faut pas confondre le gisement, qui se réfère à la carte, et l'azimut, qui concerne le terrain. Les notions d'azimut et de gisement nécessitent donc de connaître la direction du Nord sachant que celle-ci peut avoir plusieurs significations. Pour s'orienter correctement, on différencie donc trois sortes de Nord :

- **Le Nord géographique** : Il correspond à l'intersection entre la surface terrestre et l'axe de rotation de la Terre. De fait, tous les méridiens aboutissent à cet endroit qui est communément appelé le pôle Nord ;
- **Le Nord magnétique** : C'est vers cet endroit que pointe l'aiguille aimantée d'une boussole. Sa localisation exacte varie d'une dizaine de kilomètres par an (voir figure de gauche ci-dessous) mais il est actuellement situé proche du pôle Nord géographique dans les îles de la Reine Elizabeth (Territoires du Nord-Ouest au Canada) ;
- **Le Nord cartésien (de la carte ou du quadrillage)** : Pour passer d'une représentation sphérique à une représentation plane, il est nécessaire d'avoir recours à un système de projection qui induit de fait une déformation sur cette dernière par rapport à la réalité. Par conséquent, le quadrillage d'une carte est un vrai quadrillage avec uniquement des angles droits alors que le canevas formé par les parallèles et les méridiens d'une sphère est trapézoïdale (voir figure de droite ci-dessous).



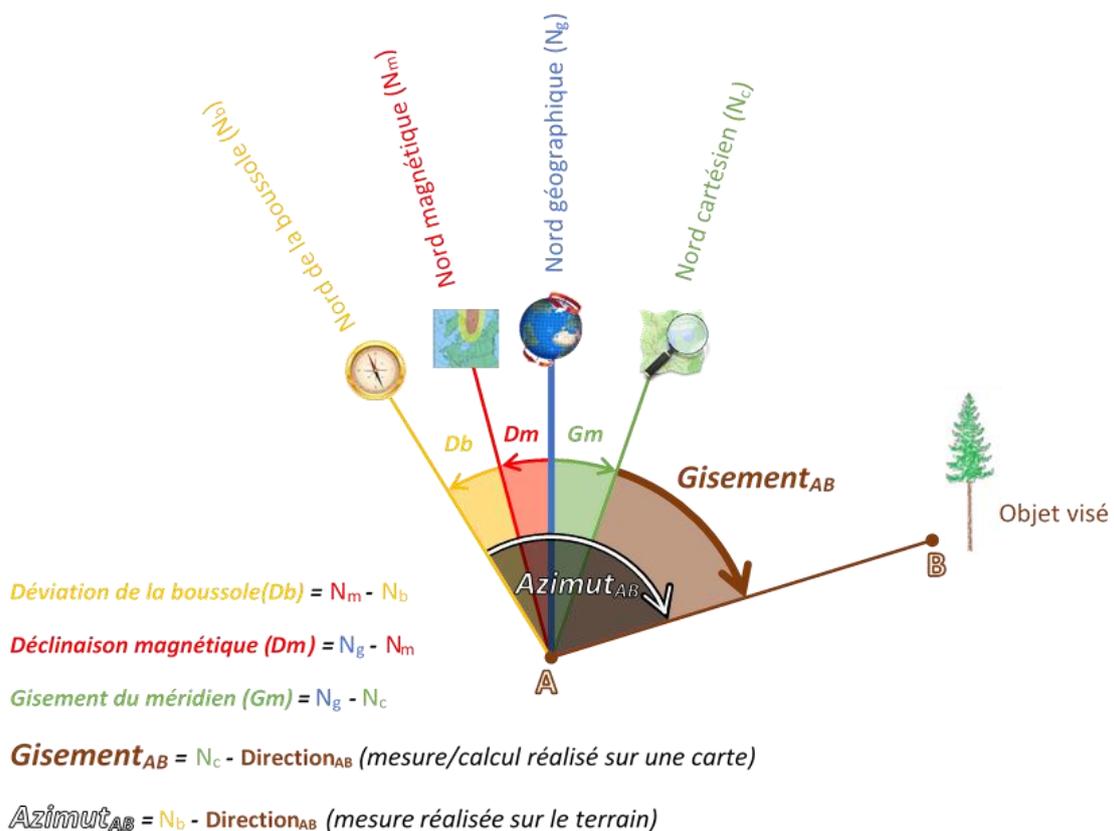
Évolution de la position du pôle Nord magnétique depuis 1900
(Source : Le Monde/National Geophysical Data Center)



Représentation des 3 « Nord » sur une carte
(Source : www.arwann.com)

Le gisement, tel qu'il est relevé sur la carte, n'est pas applicable tel quel sur le terrain. De la même manière, un azimut, tel qu'il est relevé sur le terrain, n'est pas applicable tel quel sur la carte. En lien avec l'existence de différents « Nord » évoqués précédemment, la différence de valeur angulaire entre azimut et gisement résulte (voir figure suivante) :

- **de la déviation de la boussole** : cela correspond à l'imprécision de l'instrument de mesure (boussole) par rapport au nord magnétique. En plus de ce défaut d'appareillage, les métaux et les équipements électroniques peuvent créer un champ magnétique ayant une influence sur la boussole et faire en sorte que celle-ci n'indique pas avec précision le Nord magnétique ;
- **de la déclinaison magnétique** : cela correspond à la différence existant entre le Nord géographique, appelé également Nord vrai, et le Nord magnétique qui résulte du champ magnétique terrestre (existence de variations annuelles) ;
- **du gisement de méridien** : cela correspond à l'angle que fait le méridien avec l'axe des Y du quadrillage d'une carte. Cet angle varie lorsqu'on se déplace en longitude et change de sens lorsqu'on passe de l'ouest à l'est du méridien origine. Il est donc dépendant du système de projection utilisé sur une carte.



Représentation simplifiée des différences angulaires
(Source : ONF)

Pratiquement, dans le cas d'une recherche de gisement préparée au bureau, il est impératif de prévoir un ajustement de la boussole pour corriger la différence existant entre le Nord cartésien et le Nord de la boussole utilisée pour le piquetage.

Détermination de l'azimut

La détermination précise de l'azimut et/ou du gisement est la base d'un piquetage rationnel et rapide. Plusieurs situations peuvent se présenter à l'opérateur en charge du tracé de la ligne pour en déterminer l'azimut et/ou le gisement :

Sur le terrain (mesure d'un azimut)

- Présence de lignes existantes

On peut lire l'azimut d'une ligne déjà ouverte à l'aide d'une boussole et piqueter les nouvelles lignes en respectant une distance d'écartement entre les lignes. Pour un réseau en étoile, on peut de plus utiliser la table de « correction d'Azimut » (voir Fiche Technique n° 13).

- Depuis la station amont ou avale

Pour autant que la station amont ou avale soit visible depuis l'autre station, on peut lire directement l'azimut sur la boussole et commencer le piquetage. Pour faciliter la visée, il est souvent utile de marquer la station opposée au moyen d'un tissu de couleur bien visible.

- Depuis une contrepente

Si l'on bénéficie d'une contrepente exposée de manière adéquate, on peut alors marquer les stations amont et avale d'un tissu de couleur bien visible et l'on pourra aisément lire l'azimut depuis la pente d'en face.

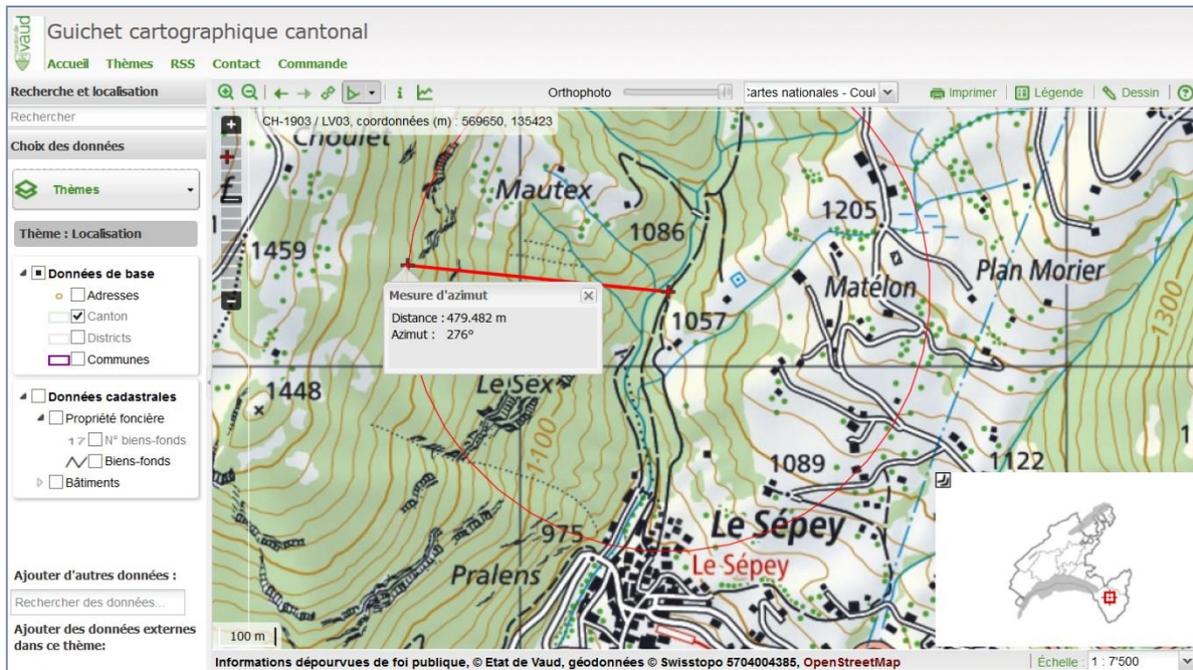
Au bureau (mesure / calcul d'un gisement)

- Depuis un plan de câblage

Normalement, l'information de gisement a été préalablement calculée au sein du plan de câblage à l'aide d'outils informatiques (SIG notamment).

- Depuis une carte / plan papier

En traçant l'axe de la ligne sur la carte et en utilisant un rapporteur positionné correctement par rapport au nord cartésien, on détermine alors le gisement d'une ligne. Des outils disponibles sur Internet sont également utilisables pour connaître le gisement des lignes (voir figure ci-dessous). En général, une correction de la déclinaison magnétique et du gisement méridien est appliquée, d'où l'emploi du terme « azimut ». Il faudra toutefois prendre en compte la déviation angulaire de la boussole.



Exemple d'outils disponibles sur Internet permettant de connaître le gisement/azimut d'une ligne de câble
(Source : www.geo.vd.ch)

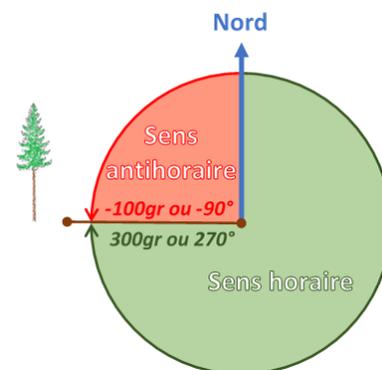
- À partir de levés GPS du début et de la fin de ligne

Si l'opérateur dispose d'un récepteur GNSS (« Global Navigation Satellite System ») de type professionnel avec correction différentielle (ex : « Trimble XT 6000 »), il est envisageable de calculer l'azimut de la ligne en ayant donc connaissance des coordonnées planaires du début et de la fin de ligne. En milieu forestier, l'écart planimétrique d'un relevé GPS de 300 secondes avec ce type d'appareil est en moyenne inférieur à 2 mètres et au maximum d'environ 5 mètres. Cette solution s'envisage donc préférentiellement dans le cas d'installation de lignes de câble relativement longues (supérieures à 500m). On applique alors les formules suivantes pour obtenir un gisement :

$$\rightarrow \text{EN GRADE} : \text{Gisement}_{(\text{Début} \rightarrow \text{Fin})} = \text{atan2} \left(\frac{X_{\text{Fin}} - X_{\text{Début}}}{Y_{\text{Fin}} - Y_{\text{Début}}} \right) \times \frac{200}{\pi}$$

$$\rightarrow \text{EN DEGRÉ} : \text{Gisement}_{(\text{Début} \rightarrow \text{Fin})} = \text{atan2} \left(\frac{X_{\text{Fin}} - X_{\text{Début}}}{Y_{\text{Fin}} - Y_{\text{Début}}} \right) \times \frac{180}{\pi}$$

Cette formule occasionne des valeurs négatives qui correspondent à une lecture antihoraire (voir figure ci-contre) :



Valeurs angulaires selon le sens de lecture
(Source : ONF)

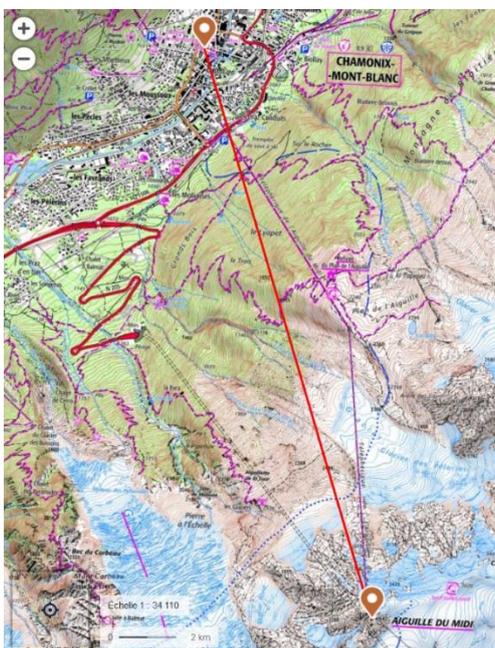
Un gisement -100 grades correspond à un gisement 300 grades dans le sens horaire. Avec le logiciel Excel®, il est possible d'appliquer la formule suivante pour ne pas avoir à vous soucier du sens de lecture et obtenir une valeur correspondant au sens horaire (voir figure et tableau ci-dessous) :

EN GRADE =

SI (ATAN2 (Y_{FIN}-Y_{DEB}; X_{FIN}-X_{DEB}) <0;
 (ATAN2 (Y_{FIN}-Y_{DEB}; X_{FIN}-X_{DEB})*200/PI())+400;
 ATAN2 (Y_{FIN}-Y_{DEB}; X_{FIN}-X_{DEB})*200/PI())

EN DEGRÉ =

SI (ATAN2 (Y_{FIN}-Y_{DEB}; X_{FIN}-X_{DEB}) <0;
 (ATAN2 (Y_{FIN}-Y_{DEB}; X_{FIN}-X_{DEB})*180/PI())+360;
 ATAN2 (Y_{FIN}-Y_{DEB}; X_{FIN}-X_{DEB})*180/PI())



Gisement calculé	Coordonnées de départ		Coordonnées de fin		Résultats	
	X _{deb}	Y _{deb}	X _{fin}	Y _{fin}	En degré	En grade
Eglise Chamonix ↓ Aiguille du Midi	999 684 m	6 543 354 m	1 001 396 m	6 538 426 m	160.8°	178.7gr

Exemple de calcul d'un gisement avec le logiciel EXCEL® selon les coordonnées planaires relevées sur le portail Web Géoportail® avec le système de projection Lambert 93
 (Source : ONF, www.geoportail.gouv.fr ; IGN)

Une attention particulière doit être portée sur les unités de mesure employées, à savoir les grades ou les degrés. Il faut clairement indiquer l'unité choisie sur les documents élaborés pour éviter toute confusion lors du traçage sur le terrain et permettre le choix d'un outil adapté. Pour rappel, on peut convertir des azimuts / gisements en grades depuis des degrés, et inversement avec les formules suivantes :

→ Angle en degré = $\frac{9}{10}$ × Angle en grade

→ Angle en grade = $\frac{10}{9}$ × Angle en degré

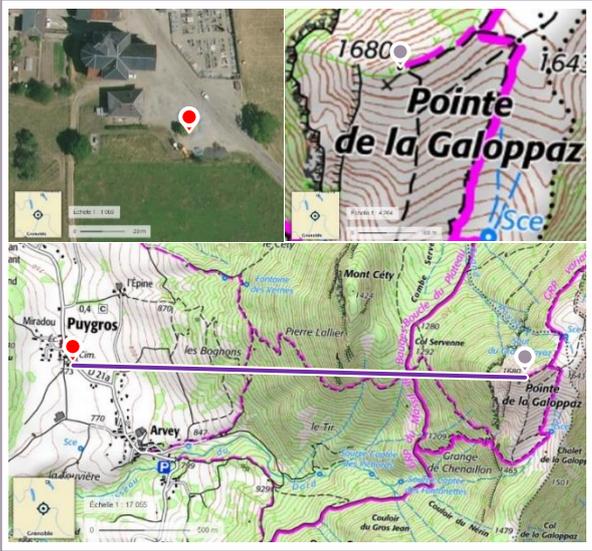
D. Angle d'ajustage de la boussole

Au cas où la direction de la ligne est relevée sur carte ou sur plan (= gisement), il est impératif d'ajuster la boussole pour connaître l'écart existant entre le Nord cartésien et le Nord de la boussole utilisée pour le piquetage (vu précédemment), en suivant les étapes suivantes :

Étape 1 → Choix d'une direction de référence

Dans la région proche du piquetage prévu, choisir un point remarquable sur le terrain (ex : place de dépôt, parking...) qui offre la possibilité d'une visée lointaine (minimum 1 kilomètre) vers un autre point remarquable (ex : croix sommitale, pylône, antenne, sommet caractéristique...).

Choix de 2 points remarquables pour la détermination d'un gisement de référence
(Source : ONF, www.geoportail.gouv.fr ; IGN)



Étape 2 → Calcul du gisement de référence

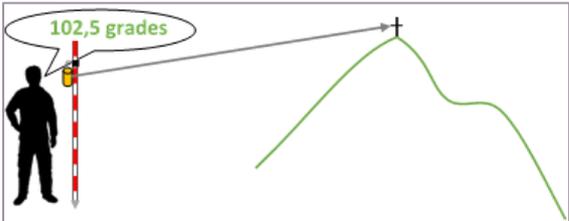
Veiller à ce que les points soient facilement et précisément identifiables sur une carte ou une orthophotographie pour relever les coordonnées planaires et réaliser le calcul du gisement correspondant.

Place de stockage de Puygros		Pointe de la Galoppaz		Gisement en grade
X _{deb}	Y _{deb}	X _{fin}	Y _{fin}	
936 675 m	6 500 871 m	939 135 m	6 500 911 m	99.0gr

Calcul d'un gisement de référence à partir de coordonnées planaires relevées sur Géoportail®
(Source : ONF)

Étape 3 → Mesure de l'azimut de référence

Mesurer l'azimut réel sur le terrain à l'aide de la même boussole qui sera utilisée pour l'opération de piquetage de la ligne.



Visée d'un azimut de référence
(Source : ONF)

Étape 4 → Calcul de l'angle d'ajustage de la boussole

Faire la différence pour cette direction de référence entre l'azimut mesuré et le gisement calculé pour connaître l'angle d'ajustage correspondant.

$$\underbrace{102,5 \text{ gr}}_{\text{Azimut mesuré}} - \underbrace{99,0 \text{ gr}}_{\text{Gisement calculé}} = \underbrace{3,5 \text{ gr}}_{\text{Angle d'ajustage de la boussole}}$$

Calcul de l'angle d'ajustage de la boussole (Source : ONF)

Étape 5 → Répercussion de l'angle d'ajustage pour le tracé de la ligne

Calculer le gisement de la ligne à piqueter et répercuter l'angle d'ajustage à la valeur calculée pour connaître l'azimut à suivre avec la boussole utilisée lors de l'étape 3.

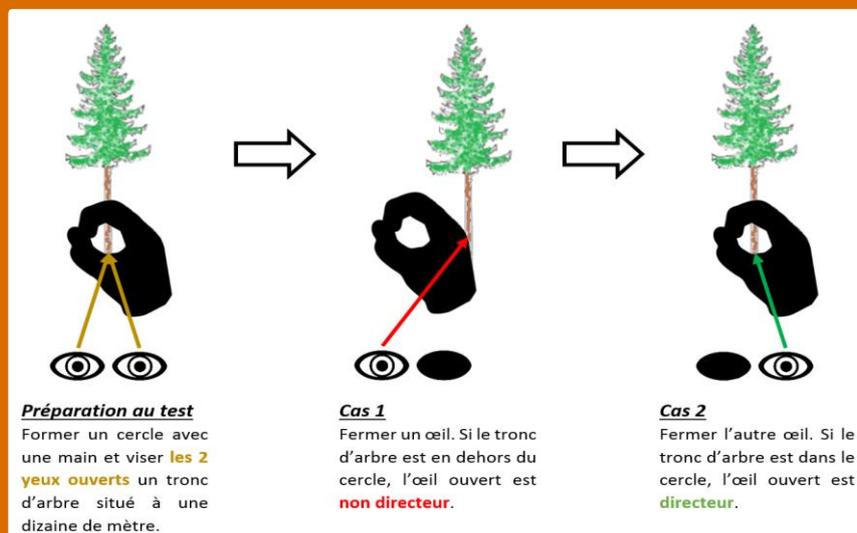
$$\underbrace{105,5 \text{ gr}}_{\text{Gisement de la ligne}} + \underbrace{3,5 \text{ gr}}_{\text{Angle d'ajustage de la boussole}} = \underbrace{109,0 \text{ gr}}_{\text{Azimut à suivre}}$$


Calcul de l'azimut à suivre pour piqueter une ligne de câble après ajustage de la boussole (Source : ONF, www.geoportail.gouv.fr, IGN)

L'astuce du câbleur futé

Connaître son œil directeur

Pour suivre précisément un **azimut** à l'aide d'une **boussole**, l'opérateur en charge de la visée doit utiliser **son œil directeur** pour lire l'azimut et faire correspondre le trait de visée avec le jalon tenu par un deuxième opérateur. Plusieurs **tests** existent pour connaître son œil directeur dont celui présenté ci-contre.



Mise en œuvre d'un test permettant de connaître son œil directeur (Source : ONF)

E. Équipements nécessaires

Pour réaliser l'opération de piquetage d'une ligne de câble, il est nécessaire de disposer de matériels et de documents permettant les actions suivantes :

- Mesurer un azimut ;
- Mesurer une distance ;
- Laisser une marque au sol ou sur des arbres ;
- Se repérer sur une carte ;
- Prendre des notes sur le terrain ;

Selon les habitudes et les méthodes de travail des opérateurs, différents matériels peuvent être utilisés pour remplir ces actions lors du piquetage. Un échantillon de ces matériels est présenté ci-dessous ainsi qu'au sein d'une liste récapitulative (voir tableau page suivante et Fiche Technique n°14).



Matériels utilisables pour le tracé d'une ligne de câble → jalon(a), boussole(b), minithéodolithe(c), terminal de saisie portable(d), récepteur GNSS avec correction différentielle (e), topofil (f), télémètre (g), décimètre(h), clinimètre(i), altimètre (j), piquets de bois (k), bombe de peinture (l), serpe (m), craie forestière (n)

(Source : ONF)

Équipement, document	Quantité	Fonction(s)	Particularité(s) / Remarque(s)
Boussole	1	Connaître l'azimut d'un objet visé (en l'occurrence l'axe de la ligne de câble)	Utiliser des modèles facilitant la lecture dans les terrains en pente forte : Meridian de Wyssen®, KB 14 de Suunto® intégré dans un minithéodolithe... Vérifier l'unité de graduation (grade ou degré) et réaliser l'ajustement de la boussole par rapport à un gisement de référence
Jalon	2 ou 3	Élément de 2 m planté en terre comme repère facilitant une visée précise de l'axe de la ligne de câble et permettant de réaliser des alignements	Utiliser des jalons amagnétiques (bois ou fibre de verre) pour éviter toutes perturbations de la boussole lors de la visée
Décamètre ou Télémètre	1	Instrument servant à la mesure de courtes distances sur le terrain pour effectuer une opération de correction d'azimut	Une précision décimétrique peut être suffisante pour cet outil. Il peut également combiner les fonctions de clisimètre et de boussole pour certains télémètres (ex: Vertex Laser Geo de chez Haglof®).
Clisimètre ou Télémètre	1	Instrument servant à la mesure de l'inclinaison entre 2 points sur le terrain pour établir un profil altimétrique de la ligne de câble	Cette fonction peut être combinée avec celle de la mesure d'azimut pour le Meridian de Wyssen® ainsi qu'avec la distance pour le Vertex Laser Geo de chez Haglof®.
Topofil ou Télémètre	1	Instrument servant à la mesure de longues distances sur le terrain pour connaître la longueur de la ligne de câble et établir son profil altimétrique	Il est important de vérifier le stock de la bobine de fil et d'étalonner l'appareil. Le profil altimétrique peut également être obtenu de façon précise via des outils de géomatique en cas de couverture de la zone par un vol LiDAR.
Altimètre	1	Instrument permettant de connaître l'altitude de certains points sur l'axe de la ligne et de faciliter le repérage sur une carte	Penser à étalonner l'altimètre avant le début du tracé la ligne
Récepteur GNSS (GPS)	1	Instrument offrant la possibilité d'un géo-positionnement des éléments caractéristiques de la ligne de câble (support terminal/intermédiaire, ancrage...) et de son environnement proche (route, piste, sentier, place de stockage...). Possibilité de visualiser en temps réel sa position sur une carte.	Porter attention à la qualité du récepteur utilisé et à la précision du positionnement des points relevés. Ne pas effectuer un levé GPS en étant accolé à un tronc d'arbre (erreurs de multi trajet)
Serpe, hache, scie à main...	1 ou 2	Outils servant à la coupe des branches et arbustes gênant la visée / la progression lors du tracé de la ligne	
Piquets de bois	Selon la longueur de la ligne	Piquet planté en terre pour matérialiser durablement sur le terrain l'axe de la ligne de câble	Prévoir un piquet tous les 20 à 40 m
Craie à bois, bombe de peinture	2 ou 3	Ustensile permettant de marquer les éléments constitutifs de la ligne	Adapter la durabilité du marquage en fonction du délai de début du chantier
Rouleau de bande de cellulose	2	Élément servant à marquer l'axe de la ligne en attachant le ruban aux branches ou arbustes à proximité de l'axe de la ligne de câble	À utiliser préférentiellement pour un marquage temporaire d'un axe avant son implantation définitive
Plan de câblage provisoire	1	Carte permettant de visualiser l'organisation spatiale des lignes de câble du chantier envisagé sur fond topographique et ortho photo	Prévoir une impression papier avec indication graphique de l'échelle. Possibilité d'implémenter ce document sur un support informatique (ex: terminal de saisie portable, smartphone...)
Fiche de correction d'azimut	1	Fiche permettant de déterminer un azimut plus adéquate aux éléments disponibles sur le terrain pour réaliser le montage d'une ligne de câble	Privilégier l'impression sur papier pluie ou bien recourir à un format informatique (ex: terminal de saisie portable, smartphone...)
Protocole de piquetage	2	Fiche permettant de noter les caractéristiques des points mesurés pour établir le profil altimétrique et schématiser l'implantation des éléments constitutifs de la ligne de câble	Idem précédemment
Vêtement à haute visibilité	1 par opérateur	Équipement (veste, chasuble,...) améliorant la visibilité inter-opérateur en forêt et donc de faciliter la visée au sein d'une végétation dense	
Crampons	1 paire par opérateur	Accessoire pouvant se fixer sous la chaussure et permettant une meilleure adhérence sur certains terrains pentus	Utiliser des équipements prévus pour la foresterie ou la chasse mais pas pour l'alpinisme
Trousse de secours	1	Contenant où l'on retrouve des médicaments et des instruments permettant de prodiguer les premiers soins en cas d'accident (chutes, coupures...)	Éviter la réalisation d'un piquetage sur un terrain gras et humide propice aux risques de chute / glissade

*Proposition d'équipements et documents nécessaires pour le piquetage d'une ligne de câble
(Source : ONF)*

L'astuce du câbleur futé



Utiliser un télémètre avec une boussole intégrée !

Depuis peu, de nouveaux matériels de **mesures topographiques** dédiés au milieu forestier permettent l'utilisation combinée d'un **télémètre** et d'une **boussole** avec une **visée efficace** dans les contextes de **fortes pentes**.

Ces matériels offrent ainsi la possibilité de **piqueter** et de **relever le profil** d'une ligne de câble de façon rapide et précise. Les données de terrain relevées avec ces télémètres sont généralement transférables vers des **logiciels de simulation** mécanique d'une ligne de câble tel que « Projekt Seilkran 2.0» (plus d'infos sur www.fomea.ch).



*Télémètre forestier incluant une boussole
(Vertex LASER GEO de chez Haglöf Sweden® ; Source : www.haglofsweden.com)*

F. Déroulement du piquetage

Vérifications préliminaires

Avant de commencer l'opération de piquetage proprement dit, il est nécessaire de vérifier les points suivants (voir Fiche Technique n°14) :



- ✓ Disposer d'un plan de câblage provisoire au 1/5 000 sur fond topographique ou orthophotographique (localisation des lignes, parcelles, routes, pistes...)
- ✓ Vérifier que l'emplacement d'arrivée des bois et/ou d'installation de la machine (câble mât) est conforme aux attentes ;
- ✓ Connaître l'emplacement / altitude théorique des supports intermédiaires éventuels à l'aide d'un profil en long et/ou d'une simulation mécanique provisoire de la ligne ;
- ✓ Connaître / déterminer l'azimut à suivre ;
- ✓ Ajuster / étalonner certains outils : boussole, altimètre, télémètre... ;
- ✓ Contrôler la liste récapitulative du matériel nécessaire à l'opération de tracé / piquetage de la ligne.

Jalonnement de l'axe de la ligne

Pour réaliser cette opération sur le terrain, il est indispensable d'avoir recours à 2 opérateurs :

Opérateur n°1 :

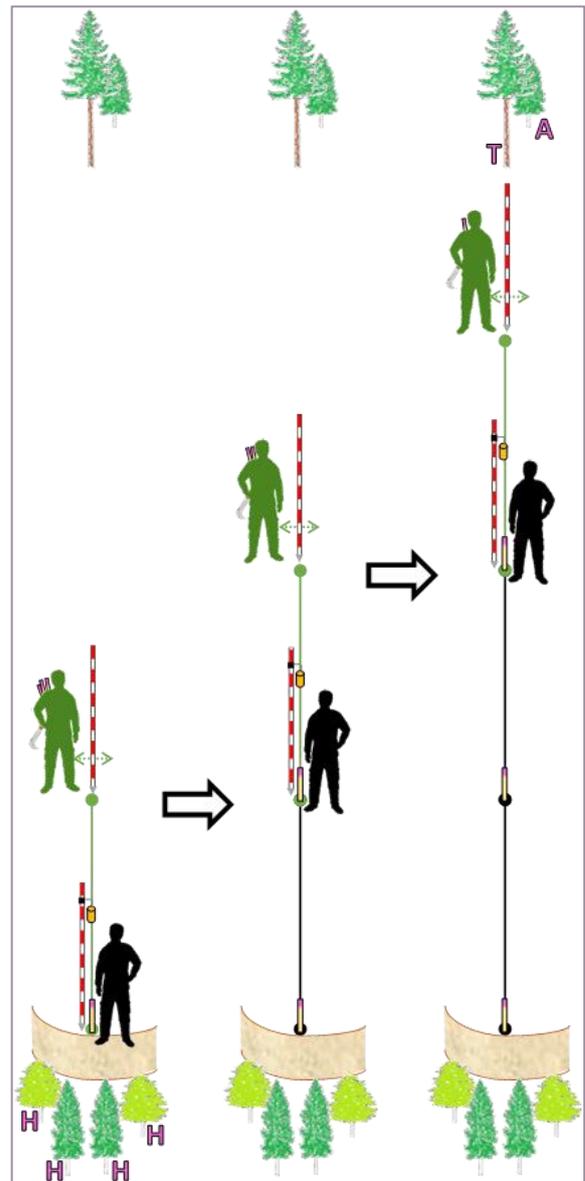


- Donne les indications de positionnement du jalon à l'opérateur n°2 pour suivre l'azimut de la ligne à l'aide d'une boussole pour réaliser un jalonnement progressif de l'axe de la ligne (voir figure ci-contre) ;
- Réalise les mesures de distance et de pente si besoin ;
- Remplit le protocole de piquetage et le croquis de la ligne ;
- Réalise les levés GPS si besoin.

Opérateur n°2 :



- Positionne le jalon sur le terrain selon les indications de l'opérateur n°1 en charge de la visée (voir figure ci-contre) ;
- Dégage le champ de vision de l'opérateur n°1 pour faciliter une visée précise et lointaine ;
- Matérialise physiquement l'axe de la ligne (piquet, ruban, peinture au sol...) ;
- Marque les éléments de constructions de la ligne (support terminal/intermédiaire, ancrages...) ;
- Aide à la mesure des distances et pente si besoin.



*Mise en œuvre d'un jalonnement progressif pour le piquetage d'une ligne de câble mât
(Source : ONF)*

Durant la phase de jalonnement, il est impératif de ne pas changer d'opérateur et/ou de boussole pour la visée de l'azimut. L'opérateur n°2 choisit le positionnement des jalons en fonction du relief en privilégiant les changements de pente (plus favorables à une bonne visée). Avec l'utilisation d'une boussole Méridian Wyssen®, il est généralement plus évident de viser à la montée en cas de forte pente.

Un 3ème opérateur peut être intéressant pour accélérer les opérations de dégagement du champ de vision. Enfin, il est préférable de réaliser cette opération « hors feuille » pour en améliorer la rapidité lorsque le travail s'effectue au sein d'un sous-bois feuillu dense.

Besoin de correction de l'azimut ?

Lorsque l'opérateur trace une ligne de câble, il est fréquent que celui-ci ait besoin de corriger sur site la valeur de l'azimut retenue au préalable. En effet, lors d'un premier jalonnement de l'axe, les débuts ou fins de lignes peuvent se trouver dépourvus d'éléments nécessaires à l'installation de la ligne (support terminal et/ou ancrage principalement). De fait, l'opérateur doit rechercher à proximité de la zone les éléments dont il a besoin et définir alors un nouvel azimut. Il peut dans ce cas utiliser une table de correction (voir figure suivante et Fiche Technique n°13) ou bien calculer le facteur de correction correspondant pour réaliser un nouveau tracé. Ce changement d'azimut peut également être lié à des contraintes le long de la ligne qu'implique par exemple la recherche d'un support intermédiaire naturel.

Avec une table de correction

Pour utiliser la table de correction ci-dessous, l'opérateur doit mesurer deux caractéristiques :

- Longueur horizontale (mesure sur une carte) de la ligne piquetée (L_h) ;
- Ecart entre l'arrivée initiale du piquetage et le nouveau mât / ancrage choisi (E).

Longueur Horizontale	Écart à l'axe											
	1 m		2 m		4 m		6 m		8 m		10 m	
100 m	0,6gr	0,6°	1,3gr	1,1°	2,5gr	2,3°	3,8gr	3,4°	5,1gr	4,6°	6,4gr	5,7°
200 m	0,3gr	0,3°	0,6gr	0,6°	1,3gr	1,1°	1,9gr	1,7°	2,5gr	2,3°	3,2gr	2,9°
300 m	0,2gr	0,2°	0,4gr	0,4°	0,8gr	0,8°	1,3gr	1,1°	1,7gr	1,5°	2,1gr	1,9°
400 m	0,2gr	0,1°	0,3gr	0,3°	0,6gr	0,6°	1,0gr	0,9°	1,3gr	1,1°	1,6gr	1,4°
500 m	0,1gr	0,1°	0,3gr	0,2°	0,5gr	0,5°	0,8gr	0,7°	1,0gr	0,9°	1,3gr	1,1°
600 m	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,4gr	0,4°	0,6gr	0,6°	0,8gr	0,8°	1,1gr	1,0°
700 m	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,4gr	0,3°	0,5gr	0,5°	0,7gr	0,7°	0,9gr	0,8°
800 m	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,1°	0,3gr	0,3°	0,5gr	0,4°	0,6gr	0,6°	0,8gr	0,7°
900 m	0,1gr	0,1°	0,1gr	0,1°	0,3gr	0,3°	0,4gr	0,4°	0,6gr	0,5°	0,7gr	0,6°
1 000 m	0,1gr	0,1°	0,1gr	0,1°	0,3gr	0,2°	0,4gr	0,3°	0,5gr	0,5°	0,6gr	0,6°
1 200 m	0,1gr	0,0°	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,3gr	0,3°	0,4gr	0,4°	0,5gr	0,5°
1 400 m	0,0gr	0,0°	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,3gr	0,2°	0,4gr	0,3°	0,5gr	0,4°
1 600 m	0,0gr	0,0°	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,3gr	0,3°	0,4gr	0,4°
1 800 m	0,0gr	0,0°	0,1gr	0,1°	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,3gr	0,3°	0,4gr	0,3°
2 000 m	0,0gr	0,0°	0,1gr	0,1°	0,1gr	0,1°	0,2gr	0,2°	0,3gr	0,2°	0,3gr	0,3°

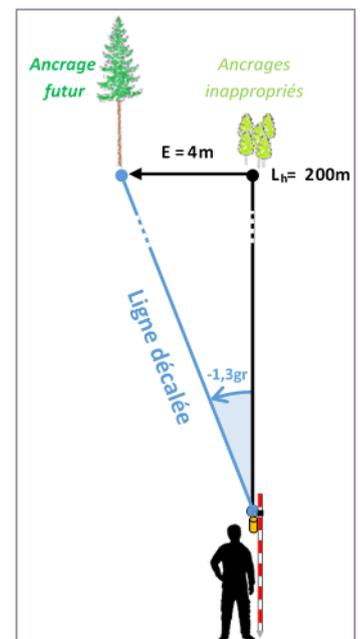


Table permettant le calcul de correction d'azimut (en grade ou degré) en fonction de la longueur horizontale de la ligne et de l'écart à l'axe avec un exemple d'application à droite (Source : ONF)

Une fois ces éléments connus, l'opérateur peut alors déterminer l'écart angulaire à appliquer grâce à la table de correction pour réaliser un nouveau piquetage permettant de relier les points retenus sur site. On peut aussi l'utiliser pour chercher l'azimut d'une nouvelle ligne dans un plan de câblage en étoile.

En cas de valeurs non présentes dans la table, il est possible d'extrapoler de manière linéaire. Par exemple, pour 15 m d'écart sur une ligne de 400 m, l'écart angulaire sera de 2,4 grades comme le montre le détail du calcul suivant :

$$\begin{array}{r}
 10 \text{ m} + 4 \text{ m} + 1 \text{ m} = 15 \text{ m} \\
 \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\
 1,6 \text{ gr} + 0,6 \text{ gr} + 0,2 \text{ gr} = 2,4 \text{ gr}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{r} 10 \text{ m} \\ \downarrow \\ 1,6 \text{ gr} \end{array}} \right\} \text{ Pour une ligne de } 400\text{m horizontal}$$

Avec un facteur de correction de l'angle

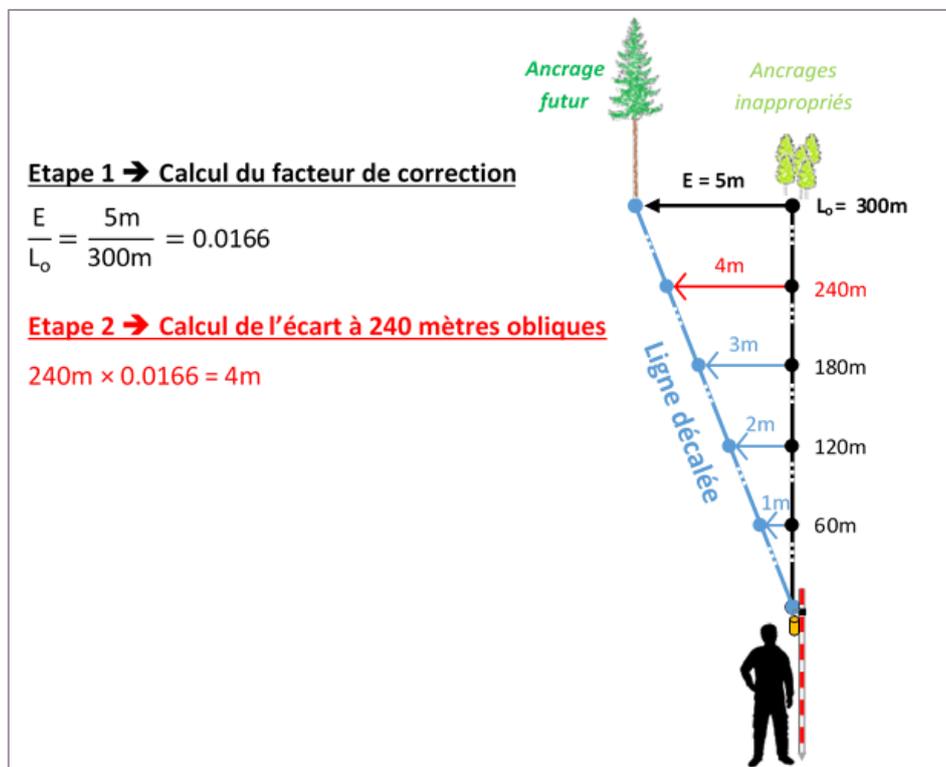
L'autre possibilité offerte à l'opérateur consiste à calculer un facteur de correction (F_c) qui sera appliqué lors du piquetage retour. Pour ce faire, l'opérateur doit connaître les 2 caractéristiques suivantes :

- Longueur oblique (mesure sur le terrain) de la ligne piquetée (L_o) ;
- Ecart entre l'arrivée initiale du piquetage et le nouveau mât / ancrage choisi (E).

Une fois ces valeurs connues, l'opérateur calcule le facteur de correction avec la formule suivante :

$$\frac{\text{Écart (E)}}{\text{Longueur oblique (L}_o\text{)}} = \text{Facteur de correction (F}_c\text{)}$$

Il peut ensuite appliquer ce facteur de correction sur le piquetage retour en fonction de la longueur restant à piquer :



Exemple d'application du facteur de correction pour le piquetage d'une ligne
(Source : ONF)

Finalisation du piquetage

Quand les éléments de construction sont identifiés précisément et de façon certaine, les opérateurs peuvent commencer les levés (GPS, distance, pente, altitude) ainsi qu'une inscription physique de la signalétique correspondante (Fiche Technique n°6). Ils profitent donc de ce tracé « retour » pour remplir le protocole de piquetage et établir un croquis de la ligne (Voir figure suivante et Fiche Technique n°15).

Enfin de retour au bureau, les opérateurs pourront mettre à jour les documents suivants :

- Plan de câblage (emplacement / gisement des lignes, support terminal / intermédiaire, ancrages...);
- Profil en long et simulation mécanique de la ligne.

Protocole et croquis de piquetage						
Commune:		<i>St Pierre de Chartreuse</i>		Type installation:		Observations: <i>Utilisation de la boussole n°2;</i> <i>Prévoir un chariot avec capacité de</i> <i>4T (présence de TQB); Trouées</i> <i>à implanter avant le martelage;</i> <i>Sentier de randonnée</i>
Lieu:		<i>Parcelle 132</i>		<input type="checkbox"/> Câble long		
Numéro de ligne:		<i>29</i>		<input type="checkbox"/> Montée		
Gisement (=carte):		<i>135 gr</i>		<input checked="" type="checkbox"/> Descente		
Azimut (=boussole):		<i>136.5 gr</i>		<input type="checkbox"/> Plat		
Date:		<i>12/04/2019</i>		Sens de câblage:		
Opérateurs:		<i>Alex et Guy</i>				
Piquet	Longueur terrain entre piquets (mètre)	Longueur terrain cumulée (mètre)	Pente (%)	Altitude (mètre)	Informations sur les éléments de construction (type, essence, diamètre...)	Croquis de la ligne (supports, ancrages, pistes, routes, sentiers...)
1		0		1348	<i>Ancrage; SP; diam. 60cm</i>	
2	37	37	-22	1340	<i>Terminal; EPC; diam. 80cm; porteur à 14m possible</i>	
3	28	65	-105			
4	35	100	-69			
5	41	141	-56	1280	<i>Support intermédiaire; rive droite à 2m; SP; diam.70; porteur à 12m</i>	
6	28	169	-86			
7	39	208	-39			
8	44	252	-37	1233	<i>Support intermédiaire; rive gauche à 1m; EPC; diam.55cm; porteur à 10m</i>	
9	36	288	-82			
10	31	319	-83			
11	35	354	-81			
12	33	387	-64			
13	27	414	-44			
14	31	445	-30	1130	<i>Emplacement machine</i>	
15	30	475	-7	1128	<i>4 mètres avec diam. entre 45cm et 65cm</i>	

Exemple de remplissage d'un protocole et d'un croquis de piquetage (Source : ONF)

L'astuce du câbleur futé



Être bien préparé avant de commencer un tracé de ligne !

Pour bien tracer une ligne de câble, il est important de bien prendre en compte plusieurs éléments :

- Vérifier l'environnement de la ligne avant de mettre en œuvre son piquetage :
 - Localisation de la ressource ;
 - Contraintes topographiques ;
 - Contraintes logistiques.
- Vérifier l'étalonnage / calibration de la boussole ;
- Porter attention aux objets métalliques pouvant perturber le magnétisme de la boussole (lunettes, montre, ...) ;
- Utiliser une check-list pour ne pas oublier de matériel avant de réaliser le tracé sur le terrain ;
- Relever les éléments **de construction** nécessaires au montage de la ligne de câble.

Rédacteur :

ONF : Laurent Malabeux

2.3 Places de travail et de dépôt

L'entreprise qui projette de réaliser un chantier doit prévoir son organisation pour optimiser son action lors de la réalisation de son chantier.

C'est généralement le donneur d'ordre qui propose le tracé de ligne avec une place de travail au pied du mât, des zones de dépôt et une évacuation régulière des produits. Toutefois, la vérification opérationnelle voire l'accompagnement du donneur d'ordres par l'entreprise de ces différents points peut limiter les surprises lors du chantier. De plus, ces points sont de sa responsabilité si elle intervient comme exploitant forestier.

A. Place de travail

La place de travail est située autour du mât et doit inclure :

- L'implantation du mât (remorque, camion...) ;
- La circulation des hommes autour en toute sécurité ;
- La présence et circulation de l'engin de reprise, dont la fonction principale est de façonner et/ou déplacer les bois débardés (au pied du chariot) vers une place de stockage adaptée à leur chargement ;
- Des points d'ancrage pour le matériel à proximité de la place de travail.

La place de travail doit être la plus plate possible, dégagée de toute ligne aérienne (téléphone, électricité...) pouvant rentrer en contact avec la grue de l'engin de reprise, qui doit pouvoir évoluer sans contraintes. De même, une vigilance est à apporter sur le positionnement des haubans du mât dans cette zone de travail.

La place de travail doit être d'environ 50 m². La réalité est parfois autre et l'entreprise doit alors s'adapter (voir photo ci-dessous). Des travaux d'infrastructure sont fréquents pour élargir les accotements et en faire des places de travail plus fonctionnelles.



Place de travail limitée à une sur largeur de route. (Source : FCBA)

En périphérie de cette place de travail et hors de portée des objets en mouvement (engin de reprise, grumes), d'autres zones doivent être identifiées pour stocker :

- Les véhicules d'accès pour les équipes, qui seront positionnés dans le sens du départ (rappel de sécurité) ;
- L'atelier de chantier avec le matériel nécessaire aux réparations et les consommables divers ;
- La cuve à fuel pour les machines, accessible à un véhicule (camion-citerne, fourgon avec petite cuve intermédiaire).

L'astuce du câbleur futé

Matériel accessible et dans le sens du départ

La règle principale à mettre en œuvre pour tous les matériels est qu'ils doivent être **accessibles** pendant toute la durée du chantier : les laisser accessibles en **permanence**, donc généralement en aval de la place de travail, en direction de la **sortie** ! Cela concerne aussi les véhicules, la cuve et bien entendu les bois. L'atelier peut être positionné sur une zone moins accessible par les véhicules.

B. Places de dépôt

Les places de dépôt sont peu présentes en montagne. L'entreprise doit fréquemment faire au mieux avec l'existant.

De façon optimale, le dépôt doit être à proximité de la place de travail. Cela permet à l'engin de reprise de stocker rapidement les produits réalisés. Au-delà d'une certaine distance (souvent considérée à 100 m), il est recommandé de mobiliser un second engin de reprise pour déplacer les bois vers un dépôt accessible aux camions. En effet, le temps d'éloignement du décrocheur, qui conduit l'engin de reprise, nécessite de laisser le chariot en arrêt plus longtemps et pénalise fortement la productivité du câble aérien.

Le nombre de produits réalisés est en général limité à 4. Cela nécessite d'identifier 4 lieux de stockage distincts. Chacun devra avoir les caractéristiques suivantes :

- Accessible à un camion ;
- Permettant le déploiement de la grue de chargement (pas d'arbres ni de branches occupant l'espace de manipulation) ;
- Adapté aux longueurs des produits à stocker (billons de 4 m ou grumes de 16 m) ;
- Suffisamment grande pour stocker au minimum l'équivalent en bois d'un camion (entre 25 et 35 m³ selon les camions et la réglementation) et de manière optimale 2 à 3 camions.

Grumes stockées en long

- Une longueur droite de 18 m est le minimum ;
- Selon la hauteur d'empilement, un 2ème emplacement peut être nécessaire ;
- Un 2ème emplacement dissocié est indispensable si 2 produits grumes sont triés (palette et charpente) ;
- En l'absence de dépôt, les bois sont généralement stockés en aval de la piste, appuyés contre d'autres arbres (voir photo ci-dessous). Si ces arbres doivent être coupés, il faut les couper à hauteur suffisante pour pouvoir stocker les bois contre.



Stockage aval, contre des arbres (Source : FCBA)

Point de vigilance et sécurité

Lors d'un débardage vers le haut (remontée des bois), il est fréquent de positionner les grumes du côté aval de la piste, c'est-à-dire juste au-dessus des opérateurs travaillant sur la coupe.

La manipulation de ces bois (à l'empilage, au chargement des camions) doit être prudente, car des grumes ou pierres à proximité peuvent dévaler la pente.

Durant ces phases, la communication vers les opérateurs sur coupe est indispensable.

Idéalement, il faut prévoir le stockage vers un autre dépôt.

Billons stockés perpendiculaires

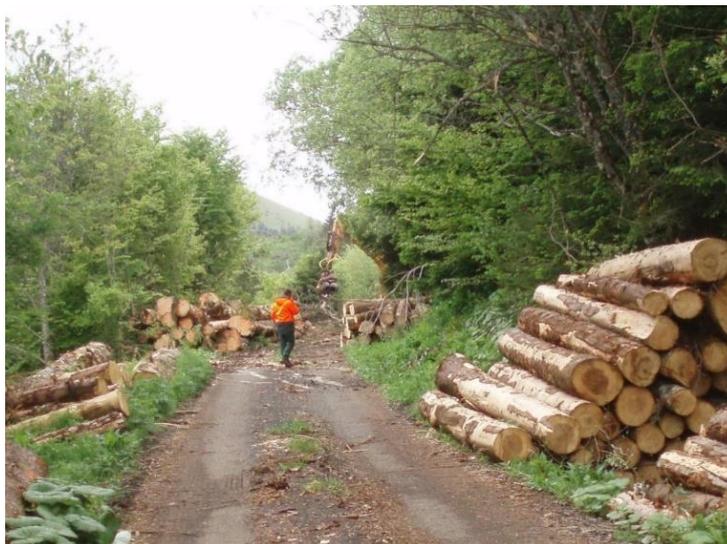
- Besoin d'une profondeur de 4 m minimum (bande de roulement élargie) ;
- A titre d'exemple, 10 m de long sur 2 m de hauteur permet de stocker environ 70 mètre cubes apparents (ou stères, noté m³a), soit environ 50 m³, un peu plus qu'un camion remorque dont le chargement est d'environ 50 m³a.



Stockage de billons perpendiculaire à la route (Source : FCBA)

Billons stockés en parallèle

- Comme pour les grumes, tout l'accotement peut être utilisé, la hauteur et la profondeur des piles seront déterminées en fonction du terrain ;
- Stocker les différents produits à des emplacements différents et accessibles ;
- Privilégier le stockage du côté du talus, afin d'éviter tout déplacement inopiné de billon lors de leur manipulation.



Stockage de billons en parallèle de la route (Source : FCBA)

Branches et purges

Lorsque le façonnage est réalisé manuellement, il l'est généralement sur coupe, et les rémanents doivent être démontés proprement pour faciliter leur décomposition.

Lorsque le façonnage est mécanisé sur la place de travail, le stockage des rémanents peut être organisé de deux manières :

- Aucune valorisation : les purges seront dispersées en aval de la coupe, en veillant toutefois à ne pas déstabiliser les éléments superficiels de la pente et à ne pas provoquer d'éboulement (pierres, billons...).
- Matière valorisée (broyage pour produire de la plaquette forestière) : il est nécessaire de les déposer à proximité du mât, sur une place accessible au broyeur ou à l'engin de reprise (qui les transportera au broyeur). Cette zone doit être sans rochers ou cailloux, pour éviter l'introduction de corps étrangers qui risquent de perturber le broyage. L'utilisation d'une fonction grappin sur l'engin de reprise (disponible entre autres sur les têtes Woody de Konrad) est un atout intéressant pour manipuler ces rémanents.

L'astuce du câbleur futé

Organiser la place de travail et la place de dépôt

La **position** à proximité de la route forestière des divers équipements nécessaires (véhicules, atelier, cuve...), ainsi que le **dépôt** des bois à proximité de la place de travail sont des éléments préparatoires à bien identifier en amont du chantier. Un manque de fluidité peut rapidement **perturber** le bon fonctionnement du chantier et donc son **économie**.

L'organisation du chantier, et notamment le choix du **sens de démarrage** d'exploitation des lignes, doit être bien réfléchi en fonction du **sens de circulation** des camions. Il est fréquent en montagne que l'arrivée et le départ du camion soient en aval de la coupe : il est alors indispensable de débiter le chantier par les lignes proches de l'arrivée du camion. Dans le cas contraire, la position des machines est en aval des produits réalisés, qui peuvent devenir inaccessibles.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Noémie Guillemaut*

2.4 Logistique du transport

Les contraintes de stockage des produits sont très fortes en montagne et la saturation des places de dépôt perturbe fortement un chantier câble. Les conséquences peuvent être importantes :

- Augmentation de la distance de transport pour l'engin de reprise, ce qui induit plus de temps passé à la gestion des produits, et par conséquent un ralentissement du rythme du chariot et donc de la productivité globale du chantier ;
- Arrêt complet de l'installation, qui ne peut plus traiter les arbres débardés.

Quelles que soient les raisons, les conséquences financières peuvent être dramatiques pour l'entreprise, qui perd en chiffre d'affaires.

Lorsque l'entreprise est prestataire de service (ETF), la gestion de la logistique et de l'évacuation des places de dépôt n'est pas de son ressort, mais bien de son client. Toutefois, l'entreprise doit rester vigilante au jour le jour sur le transport des produits et rester en contact avec l'entreprise de transport pour éviter toute déconvenue.

Si l'entreprise intervient en tant qu'exploitant forestier (achat des bois, exploitation, tri et livraison), c'est à elle d'organiser le transport des produits. Ce chapitre s'adresse particulièrement à elle.

A. Contexte

Le transport du bois depuis la forêt jusqu'à l'unité de transformation est un maillon important de l'exploitation forestière en montagne. Les difficultés liées au contexte montagnard rendent ce maillon plus complexe à organiser que dans des forêts de plaine. La topographie, le réseau de desserte, les produits transformés ou encore la typologie des entreprises sont autant de paramètres qui seront à prendre en considération lors de la planification et l'organisation du transport des bois.

À titre d'exemple, dans les Alpes françaises et suisses, les entreprises de transport possèdent en général entre 1 et 5 camions. Ce sont de petites entreprises qui opèrent à une échelle très locale et réalisent la plupart de leur activité dans un rayon de 100 km autour de leur siège social. Sur le secteur français, la grande majorité des équipements est composée d'un véhicule tracteur et d'un arrière train forestier (ATF, dénommé également grumier) permettant le transport des grumes en grande longueur depuis le chantier jusqu'aux unités de première transformation mais empêchant par la même occasion le transport d'autres produits.

En France, une réglementation spécifique, composée d'arrêtés préfectoraux, s'applique au transport du bois rond en France. Les ensembles composés de 5 essieux sont autorisés à circuler sur un réseau spécifique d'itinéraires avec un PTRA (Poids Total Roulant Autorisé, définit le poids total d'un véhicule tracteur, de son attelage et de leurs chargements) maximum de 48 tonnes. Les 6 essieux et plus sont quant à eux autorisés à circuler avec un PTRA maximum de 57 tonnes. Sur le reste du réseau, le PTRA ne doit pas dépasser les 44 tonnes pour des ensembles de 5 essieux et plus. La longueur maximale autorisée pour les véhicules articulés est de 16,50 m en France, et dans le cas des grumiers, elle est portée à 18,75 m (sans compter un éventuel dépassement arrière de 3 m). Au-delà, une demande de dérogation pour transport exceptionnel est obligatoire.

Le transport de bois peut se faire par des ensembles qui sont équipés ou non de grue. L'autonomie de l'ensemble en dépendra ainsi que sa charge utile.

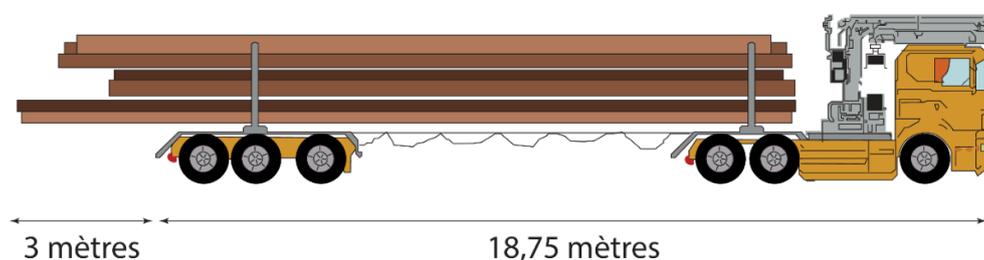
B. Différents moyens de transport

Le transport de produits s'effectue avec du matériel différent, souvent spécifique au produit transporté.

Bois en grande longueur

Les bois en grande longueur peuvent être transportés sur deux types de matériel : les grumiers et les semi-remorques à plateau ou berce. C'est dans la plupart des cas avec les grumiers que le transport de bois longs est réalisé.

Les grumiers



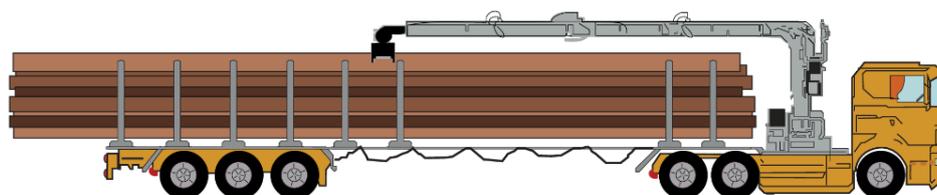
Grumier sans timon (Source : FCBA)

Ils sont composés d'un véhicule tracteur et d'un arrière-train forestier. L'arrière-train forestier (ATF) est une remorque courte surmontée d'une berce, non équipée d'un timon (s'appelle un trinqueballe si associée à un timon). Dans le cas d'un ATF libre, la rigidité de l'ensemble est réalisée par les grumes qui sont positionnées sur le tracteur et l'ATF. Ces ensembles sont toujours équipés de grue et sont donc autonomes en termes de chargement.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
L'ATF peut se charger sur le tracteur lors du transport à vide et faciliter la manœuvrabilité de l'ensemble	Demande une bonne connaissance de la manipulation de la grue
Avec un trinqueballe, l'ensemble étant plus court la manœuvrabilité est également accrue	Ne permet pas le transport d'autres produits (retour systématique à vide)
Poids à vide plus faible	
Adaptable en fonction de la longueur des bois	

Avantages et inconvénients des grumiers (Source : FCBA)

Les semi-remorques



Semi-remorque avec berce (Source : FCBA)

Pour les bois en grande longueur, le tracteur est associé soit à une berce soit à un plateau. Ces ensembles sont moins facilement manœuvrables sur le réseau de montagne (leur longueur reste fixe contrairement au grumier, plus compacte à vide) mais présentent l'avantage de pouvoir transporter des produits en grande longueur comme en moyenne longueur. Ils sont très souvent équipés d'une grue pour le chargement les rendant autonomes.

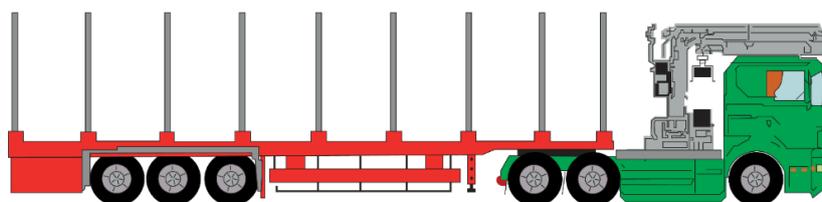
AVANTAGES	INCONVENIENTS
Permet le transport d'autres types de marchandise en départ usine (lots de planches, big bag...)	Manœuvrabilité délicate en montagne, identique en charge comme à vide

Avantages et inconvénients des semi-remorques avec berce pour bois longs (Source : FCBA)

Bois courts

Les bois courts (inférieurs à 10 m) peuvent être transportés par des matériels divers, selon leur spécificité (2 à 4 m, supérieurs à 6 m).

Les semi-remorques



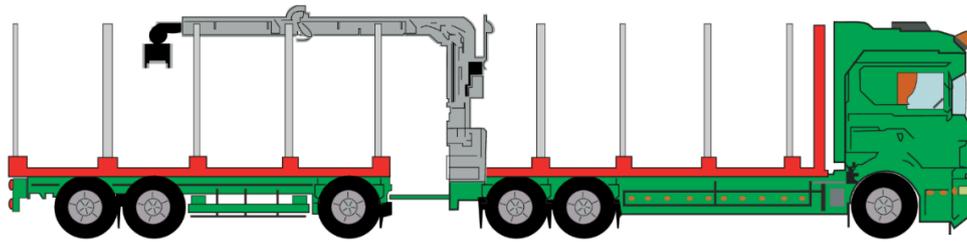
Semi-remorque avec plateau (Source : FCBA)

Composé d'un véhicule tracteur et d'un plateau, ces ensembles sont plus difficilement manœuvrables sur le réseau de montagne. Ils sont, dans la majorité des cas, équipés d'une grue, les rendant autonomes pour le chargement.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Flexibilité dans la nature des produits transportés : grande longueur, bois courts...	Longueur fixe et incompressible
Permet le transport d'autres types de marchandise en départ usine (lots de planches, big bag...).	Manœuvrabilité délicate en montagne, longueur identique en charge comme à vide

Avantages et inconvénients des semi-remorques avec plateau pour bois court (Source : FCBA)

Les camion-remorques



Camion-remorque avec plateau (Source : FCBA)

Composés d'un camion et d'un plateau-remorque ou d'une remorque avec berce, ces ensembles ont l'avantage de pouvoir être séparés pour les secteurs d'accès compliqué. Il peut ainsi transporter les bois par demi-charge : le camion fait un premier voyage entre le chantier et une place de dépôt où se trouve sa remorque, puis décharge le camion sur sa remorque, et repart vers le chantier. Au retour, il atèle sa remorque et part, à charge pleine, vers l'unité de transformation. Cette organisation permet d'accéder à une ressource desservie par des routes forestières qui sont parfois inaccessibles à des grumiers. Tous ces ensembles ne sont pas systématiquement équipés de grue et demandent parfois l'appui d'un chargeur.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Accès et manœuvrabilité accrue en cas de configuration camion seul	En configuration camion seul, rupture de charge lors du transfert à prendre en considération
Pour les remorque-plateaux, permet le transport d'autres types de marchandise en départ usine (lots de planches, big bag...)	Pour une configuration sans grue, demande l'appui d'un chargeur

Avantages et inconvénients des camions-remorques avec plateau pour bois court (Source : FCBA)

Plaquettes

Les semi-remorques fermées



Chargement d'un camion à fond mouvant alternatif - FMA (Source : FCBA)

La manœuvrabilité de ce type d'ensemble est limitée en forêt. Ces camions ne sont en effet pas configurés avec une carrosserie forestière, ce qui limite leur capacité de franchissement.

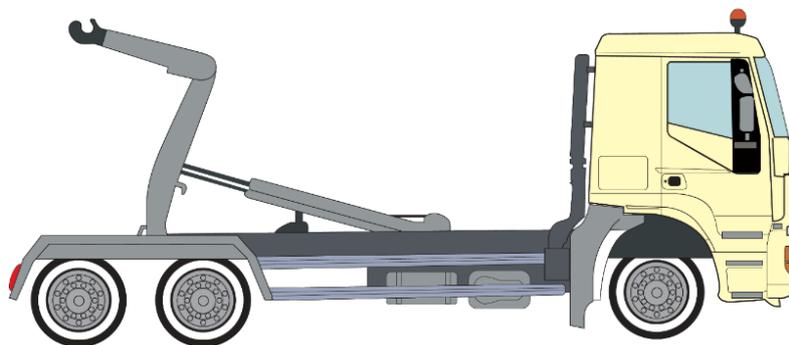
Il existe plusieurs types de remorques. La grande majorité demande l'assistance d'un chargeur et donc un espace de chargement conséquent.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Grande capacité d'emport (max 90 m ³)	Manœuvrabilité complexe en forêt (grande longueur)
Déchargement facilité lorsque ces derniers sont équipés de dispositif comme le fond-mouvant alternatif (FMA)	Carrosserie non adaptée à la desserte forestière de montagne (garde basse, ensembles non renforcés)

Avantages et inconvénients des camions à fonds mouvant pour plaquettes (Source : FCBA)

Les bennes Ampliroll®

Composé d'un camion équipé d'une benne amovible (exemple : Ampliroll®), ce type d'ensemble permet le transport de produits en vrac depuis le chantier. En forêt, des plaquettes peuvent être transportées avec ces systèmes. Généralement composés d'un camion avec une motorisation renforcée, ils viennent en remplacement des fonds mouvants lorsque ceux-ci ne peuvent accéder au lieu de broyage.



Camion avec son bras hydraulique permettant la manutention de sa benne (Source : FCBA)

La benne peut être posée au sol puis chargée sur le camion grâce à un bras hydraulique monté sur la carrosserie. De cette manière, le chargement en plaquettes de la benne peut se faire lorsque le camion est absent.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Accès et manœuvrabilité accrue	Capacité d'emport relativement faible (20 à 40 m ³ selon les cas)
Le chargement de la benne peut se faire sans l'immobilisation du camion	Demande une place complémentaire pour le stockage de la benne et la manipulation de cette dernière

Avantages et inconvénients des bennes Ampliroll® pour plaquettes (Source : FCBA)

C. Organisation de la logistique

La logistique du chantier comprend l'ensemble des méthodes et des moyens relatifs à l'organisation du chantier et notamment le transport. Une bonne logistique est donc capitale afin que le chantier se déroule le mieux possible, c'est-à-dire sans problème de stockage ou d'évacuation des bois. Dans le cas d'une exploitation par câble aérien, l'évacuation des bois se fait en général en flux tendu puisque la place de dépôt ne permet pas d'avoir plus de 2 jours de travail de stockage. Plusieurs points sont donc primordiaux.

Le repérage amont au chantier

Afin d'avoir une bonne vision d'ensemble de l'organisation à mettre en place :

- Repérage de la place de dépôt pour le stockage des bois : capacité, distance de débardage, accessibilité aux camions, ...
 - Dans le cas d'une place de dépôt en bord du domaine public routier, penser à demander une autorisation au gestionnaire de la voirie lorsque l'utilisation de l'espace donne lieu à une emprise ;
 - S'assurer également que l'espace aérien au-dessus de la zone de chargement est dépourvu de câble ou autre réseau électrique afin de ne pas contraindre le travail de la grue.
- Repérage de l'itinéraire voire d'une éventuelle place de retournement des ensembles routiers : accessibilité aux camions selon leur typologie, points d'entrée et de sortie du massif forestier, ...

La coordination lors du chantier afin d'avoir un bon déroulement :

Un dialogue et une communication quotidienne doivent avoir lieu entre les différents acteurs du chantier, et notamment entre le câbleur et le transporteur.

La planification du transport doit être anticipée au maximum. Ainsi, en amont, il est important de communiquer l'ensemble des informations nécessaires à l'entreprise de transport (itinéraire, accessibilité à quels types d'ensemble routier, localisation de la place de dépôt et/ou de retournement, numéro de téléphone du chef d'équipe, etc.). Ensuite, en fonction de l'avancement du chantier, c'est souvent le chef d'équipe câbleur qui appelle l'entreprise de transport pour l'évacuation des bois. Attention, l'entreprise de transport n'est pas forcément disponible immédiatement ! Il est important de ne pas attendre le moment où la place de dépôt est pleine pour la contacter mais dès qu'il est possible d'effectuer un chargement complet (importance de connaître le matériel utilisé et ses capacités).

Après le chantier :

S'assurer de la remise en état de l'aire de stockage et particulièrement le nettoyage de la chaussée lors d'un chargement sur le réseau public (à effectuer après chaque chargement).

L'astuce du câbleur futé



Planifier la logistique

La place de dépôt est bien souvent le goulot d'étranglement dans le chantier. L'évacuation des bois au travers du transport est donc une des étapes clés dans le bon déroulement d'une exploitation par câble.

Avant de **contractualiser** ou de **planifier** avec l'entreprise de transport, voici plusieurs éléments à bien prendre en considération :

- Identifier les **produits** réalisés et les moyens adéquats pour leur **évacuation** ;
- S'assurer que le réseau est bien **accessible** aux ensembles routiers prévus (matériels de débardage inclus). Cette information est peu cartographiée en France. Les gestionnaires forestiers et, plus naturellement, les transporteurs sont les mieux placés pour juger de l'accessibilité d'un réseau. Une autorisation spéciale peut également être envisagée ;
- Anticiper le **retournement du camion** : identifier la place de retournement ou l'itinéraire à réaliser avant le chargement ;
- La **synergie** entre le câbleur et le transporteur est incontournable dans le cas d'une zone de dépôt restreinte. S'assurer en amont que ce point ne posera pas de problème.

Rédacteurs :

FCBA : Vincent Morillon, Thomas Carrette



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par N. Raymondon*

2.5 Signalisation

A. Contexte réglementaire en France

Signalisation



Pour tous les chantiers forestiers, depuis le décret n°2010-1603 du 17 décembre 2010 relatif aux règles d'hygiène et de sécurité sur les chantiers forestiers et sylvicoles, l'employeur a l'obligation de prévoir une signalisation temporaire sur les voies d'accès au chantier et aux aires d'entreposage des bois, avertissant que les zones de travaux et d'entreposage sont dangereuses et interdites au public (art. R717-79 du code rural).

Exemple de panneau de chantier à caractère informatif (Source : ASDEFS)

Pour les chantiers faisant l'objet d'une déclaration d'ouverture en mairie (plus de 500 m³ mécanisés ou 100 m³ abattus manuellement : articles L. 718-9, R. 718-27 et L8211-1), l'entreprise a l'obligation d'afficher en bordure du chantier un panneau comportant le nom, la dénomination sociale de l'entreprise et son adresse. Le panneau, d'au moins 100 cm par 80 cm, doit être visible des voies d'accès au chantier (figure ci-contre).

Exemple de panneau de chantier réglementaire (Source : ASDEFS)

Tout manquement à ces obligations de déclaration et de signalisation est sanctionné par une amende pénale pouvant aller jusqu'à 3 750 € (9 000 € et emprisonnement d'un an en cas de récidive). L'amende est appliquée autant de fois qu'il y a de salariés concernés (art. L719-9 du code rural et de la pêche maritime, renvoi à l'art. L4741-1 du code du travail).

Fiche de chantier

La fiche de chantier est obligatoire sur tout chantier forestier (Code rural et de la pêche maritime : article [R717-78-1](#) et [arrêté du 31 mars 2011 modifié](#), revu en 2017). Établie par le donneur d'ordre, elle doit être mise à disposition de chaque entreprise et opérateur présent sur le chantier.

Cette fiche de chantier est composée de plusieurs grands critères :

- Les informations de localisation du chantier ;
- Les informations concernant les facteurs de risques du chantier ;
- Les informations liées aux secours ;
- Les signatures de tous les intervenants du chantier.

Les détails de cette fiche chantier sont précisés dans le chapitre « qualité sécurité environnement ».

Le chef d'entreprise doit traduire les prescriptions de la fiche de chantier en consignes pour ses salariés.

La fiche de chantier doit être présente sur le chantier (premier document demandé par un inspecteur du travail en cas de contrôle).

L'astuce du câbleur futé

Déclarez vos chantiers !

La majorité des chantiers câble dépassent les 100 m³ abattus manuellement, ils rentrent donc dans le cadre de l'article 718-9 et doivent faire l'objet :

- D'une **déclaration d'ouverture de chantier** auprès de la DIRECCTE et de la Mairie ;
- De la mise en place de **panneaux d'affichages**. Les associations d'ETF proposent généralement ce type de panneaux.

Ces déclarations sont à réaliser par l'entreprise responsable de la mise en œuvre du chantier (Entreprises de Travaux Forestiers).

B. Contexte réglementaire en Suisse

La Directive CFST 2134.f traite des obligations en matière de sécurité au travail pour les chantiers forestiers. La SUVA, organe d'exécution de la sécurité au travail, édicte des recommandations en termes d'organisation de chantier et de signalisation, visibles sur le site internet : www.suvapro.ch.

C. Mise en œuvre et bonnes pratiques

La forêt se prête à de nombreuses activités exercées par un large public, souvent non averti des usages professionnels en forêt. L'organisation des chantiers doit tenir compte du fait que la forêt est un espace multifonctionnel, ouvert et libre d'accès.

Il est impératif d'identifier ces contraintes auprès du propriétaire / gestionnaire pour les intégrer dans l'organisation, et notamment d'intégrer dans les plannings les autres activités ayant lieu à proximité : chasse, pêche, randonnée organisée, évènement sportif...

Seules les personnes autorisées peuvent accéder à un chantier forestier ou sylvicole (par exemple : propriétaire forestier, gestionnaire, exploitant, membre d'une entreprise, expert forestier, représentant d'une collectivité territoriale, de l'administration, etc.). Toutefois, l'accès à un chantier en cours d'exploitation suppose de porter les équipements de protection individuelle (EPI) nécessaires, à savoir au minimum casque de protection de la tête, chaussures ou bottes de sécurité, vêtement ou accessoire de signalisation visuelle.

Bonnes pratiques

Concrètement, le câbliste doit :

- Sur les voies d'accès (chemins, routes, sentiers), pour éviter l'accès des promeneurs aux zones de travail (place de dépôt, zone d'abattage...) :
 - Disposer des panneaux visibles en bordure de coupe, indiquant que des travaux d'exploitation forestière (bûcheronnage et débardage) sont en cours et que l'accès est interdit ;
 - Disposer les éventuels arrêtés de circulation pris par les autorités compétentes (obligation réglementaire) ;
 - Disposer de la rubalise (penser à la récupérer en fin de chantier) ;
 - Maintenir cette signalisation toute la durée du chantier. Cela s'inscrit dans le cadre de la coopération entre l'ensemble des intervenants sur le chantier ;
 - Mettre en place des itinéraires de déviation, en concertation avec la Mairie et l'Office du tourisme ;
 - Stocker les bois hors des sentiers pédestres ;
 - Laisser l'accès aux infrastructures (chalet d'alpage en amont, citerne DFCI...
- Rester vigilant dans les phases d'abattage et de débardage car certains curieux n'ont pas toujours conscience des dangers potentiels auxquels ils s'exposent ;
- Ne pas laisser d'arbres encroués. En cas d'impossibilité de les mettre au sol, entourer la zone de danger à l'aide de rubalise.

L'astuce du câbleur futé



Dialoguer pour plus de sécurité !

Pour une meilleure compréhension des chantiers entre les différents **utilisateurs** de la forêt, il faut **communiquer** et **expliquer** l'intervention auprès du grand public (randonneurs, VTTiste, Chasseurs, ...).

Sur le terrain, le câbliste doit prendre le temps, dans la mesure du possible, de **dialoguer** avec les autres usagers, pour une meilleure **mise en sécurité** du chantier et également pour faire **connaître son métier**.

Pour des actions de communication plus importantes, pensez à mobiliser la **commune** et les autres **professionnels** de la récolte qui peuvent produire des documents de **vulgarisation** pour bien expliquer aux usagers le but de l'intervention, les objectifs à long terme d'une intervention et la pérennité d'une forêt gérée et exploitée.

Rédacteur :

ISETA : Simon Grorod

**Débardage
par
câble aérien**

3.

MONTAGE D'UNE LIGNE

3.1	CHOIX ET MONTAGE DU MÂT TERMINAL	133	3.4	MONTAGE DE LA LIGNE CONVENTIONNELLE (CÂBLE LONG)	145
3.2	ARBRE D'ANCRAGE EN FIN DE LIGNE	135	A. Processus		145
A.	Caractéristiques	135	B. Mise en place du treuil luge		145
B.	Amarrage du câble porteur	136	Choix de l'emplacement du treuil		145
	Ancrage simple	136	Plateforme du treuil		147
	Ancrage simple sécurisé	137	Enroulage du câble tracteur		148
	Utilisation d'une ceinture d'ancrage	137	Mise en place de la poulie de renvoi		148
	Ancrages complexes	138	C. Montage du câble porteur		149
			Mise en place du câble porteur		149
			Mise sous tension du câble porteur		149
3.3	MONTAGE DE LA LIGNE FIXE (CÂBLE MÂT / CÂBLE GRUE)	143	3.5	DÉMONTAGE DE LA LIGNE	151
A.	Processus de montage	143			
B.	Haubanage des mâts	144			

Le montage d'une ligne de câble se fait en plusieurs étapes distinctes. Cette opération requiert un travail de grande précision, de l'attention et de la concentration de la part de chaque membre de l'équipe. Les compétences requises doivent avoir fait l'objet d'une instruction et d'une formation particulière prévues pour les câbleurs.

Il est indispensable d'utiliser du matériel conforme et en bon état. En effet, un accident dû à des dysfonctionnements au niveau du matériel peut arriver à tout moment. C'est pourquoi, un contrôle régulier et minutieux de tout le matériel après chaque utilisation est impératif. Pour des contrôles périodiques précis, notamment des câbles, un référent interne à l'entreprise peut être sollicité, sinon il est recommandé de faire appel à des spécialistes.

Chaque irrégularité constatée doit être notée et rapportée au responsable des travaux, qui prendra alors les mesures nécessaires (en Suisse, les répertorier dans le livre de grue, en France, conformément aux exigences de la Directive Machine pour les engins de levage). Avant de monter l'installation, le chef des opérations de câblage doit parcourir la ligne dans son ensemble, afin de s'assurer de la compatibilité du matériel prévu avec les différents points fixes planifiés. Il doit s'assurer de la sécurité et de son montage précis. En dernier lieu, il convient de mettre en place l'équipement sur le lieu de travail avant de pouvoir commencer le montage en soi.

Une fois que l'équipement et la machine sont en place, le montage de la ligne à proprement parler peut commencer.

Le démontage de la ligne se fait en toute fin de chantier. Il doit être réalisé minutieusement avec un contrôle permanent du matériel et des équipements.

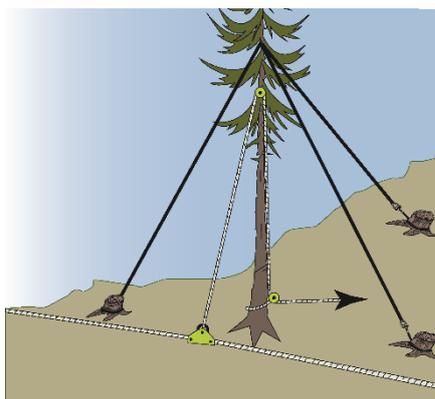
3.1 Choix et montage du mât terminal

L'arbre qui sera choisi pour assurer la fonction de mât terminal devra être situé à l'endroit adéquat (dans l'axe de la ligne, assurant une hauteur du câble porteur suffisante en tenant compte de l'angle par rapport à l'ancrage). Pour construire le mât terminal, il est recommandé d'utiliser un arbre de plus de 40 cm de diamètre, sain. Le diamètre de ce dernier est néanmoins défini par la pression à l'étrier. Si cela s'avère nécessaire, mettre en place des mesures de renforcement du mât.

L'arbre utilisé comme support sera ébranché 2 m au-dessus de la hauteur de l'emplacement prévu pour la fixation des câbles (mesurée et marquée), afin de faciliter la mise en place de la poulie pour le montage. Une fois l'arbre ébranché, mesurer le diamètre au niveau de la fixation et comparer la mesure au diamètre souhaité dans le projet (voir table de Pestal ci-dessous).

Pression de l'étrier [kN]	Ø exigé des supports à hauteur de fixation, en cm pour hauteur de... m																	
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26
20	15	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22	22	23	23	24
30	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	28
40	18	19	20	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29	30	31
50	19	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	29	30	30	31	32	33
60	20	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	31	32	32	33	34	35
70	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	32	33	33	34	35	36	37
80		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
90		24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39	40
100		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	37	38	39	41	42
110			27	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39	41	42	43
120			28	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	40	42	43	44

Dimensions des supports – table de Pestal : diamètres, sous écorce, des supports et mâts terminaux à hauteur de fixation (Source : CODOC)



Les haubans doivent tout d'abord être mis en place et tendus avec un tire-câble. Leur nombre sera déterminé selon les forces en présence sur l'installation, mais au minimum deux.

Une fois l'élingue montée sur l'étrier du mât terminal ou sur la poulie double, il faut placer le câble porteur sur l'étrier et le monter à l'aide du treuil. Fixer ensuite l'élingue au mât à la hauteur prévue.

Installation du câble porteur sur le mât terminal (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Rédacteurs :

ACSR : François Sandmeier et François Parvex
 FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par N. Raymondon*

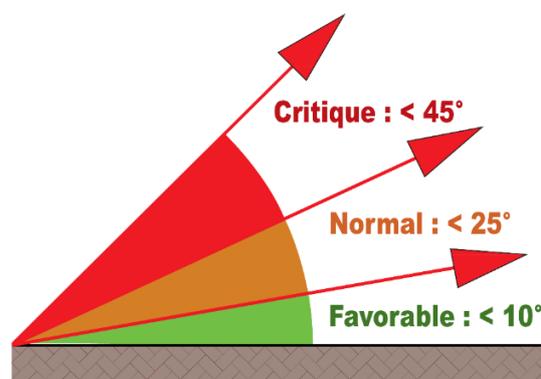
3.2 Arbre d'ancrage en fin de ligne

A. Caractéristiques

Dans le cas de l'ancrage au pied d'un arbre, il est primordial que la résistance à l'arrachement de ce dernier soit élevée. La résistance à l'arrachement d'un arbre dépend de son état sanitaire, de la pente du terrain, de l'angle d'arrivée du câble porteur sur l'ancrage, de la qualité du sol et de l'enracinement. L'angle d'arrivée du câble porteur par rapport au sol est le critère le plus important, associé au diamètre de l'arbre. Le tableau et graphe ci-dessous permettent de définir si l'arbre choisi est suffisamment résistant face à la tension qui sera exercée.

Tableau des dimensions des arbres d'ancrages (source : CODOC)

Diamètre 1m30 (cm)	Favorable (kN)	Normal (kN)	Critique (kN)
24	29	19	15
32	51	34	25
40	80	53	40
48	115	77	55
52	135	90	65
56	157	105	80
58	169	112	85
60	190	120	90
65	215	145	110



Résistance des arbres d'ancrage
(Source : Heinemann, Dessin : FCBA)

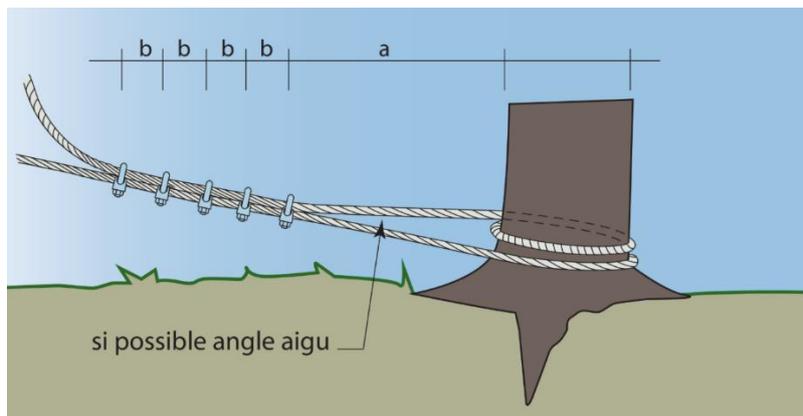
En résumé : tableau du nombre d'ancrage nécessaires par rapport au diamètre des arbres :

	câble mât	câble long
Haubanage du câble mât	2 arbres de $\varnothing > 50$ cm ou 4 arbres de $\varnothing > 35$ cm	Sans objet : corps mort
Arbre support / Mât terminal	1 arbre de $\varnothing > 40$ cm	
Ancrage en fin de ligne	1 arbre de $\varnothing > 50$ cm ou 2 arbres de $\varnothing > 40$ cm ou 4 arbres de $\varnothing > 30$ cm	1 arbre de $\varnothing > 60$ cm ou 2 arbres de $\varnothing > 50$ cm ou 4 arbres de $\varnothing > 40$ cm

ATTENTION aux limites de propriété. Un arbre d'ancrage peut subir des dégâts, il est judicieux d'avoir les accords nécessaires avant le début du chantier.

B. Amarrage du câble porteur

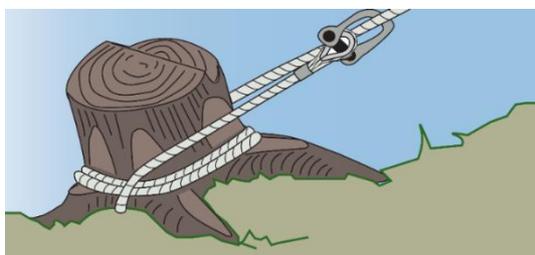
Le câble porteur est généralement utilisé pour réaliser l'ancrage, à l'aide de serre-câbles (brides). Il est recommandé de mettre en place au minimum 5 serre-câbles. Ensuite, pour un câble porteur de 24 mm, il convient de poser le premier serre-câble à une distance d'environ 3 m de l'ancrage (distance a, voir figure ci-dessous). La distance recommandée entre les serre-câbles est de 6 à 8 fois le diamètre du câble, soit entre 15 et 20 cm (distance b, voir figure ci-dessous). L'étrier du serre-câbles se pose sur la partie libre du câble.



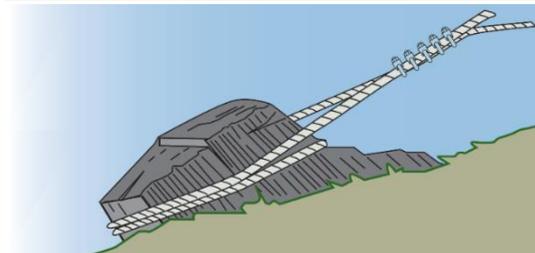
Mise en place des brides pour l'ancrage d'un porteur (Source : Codoc, Dessin : FCBA)

Ancrage simple

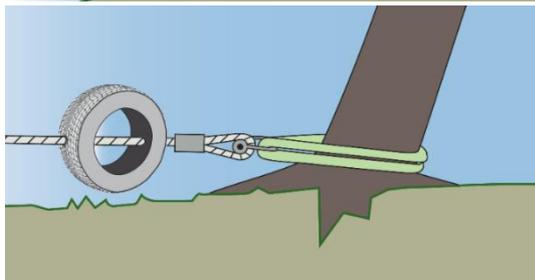
Divers ancrages sont réalisables, comme illustrés sur les dessins suivants :



Ancrage à une souche



Ancrage autour d'un rocher



Ancrage au pied d'un arbre.
L'ajout d'un pneu sur un ancrage aval permet d'amortir le chariot si celui-ci est amené à circuler jusqu'au bout de la ligne, par exemple pour l'entretien.

Méthodes d'ancrage simples sur souche, rocher ou arbre avec élingue (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Ancrage simple sécurisé



Aménagements possibles pour éviter à l'élingue d'ancrage de glisser (Source : CODOC)

Lors de la mise en tension, l'élingue d'ancrage ne doit pas pouvoir glisser vers le haut du tronc (pour l'ancrage situé en aval). Une technique consiste à mortaiser (= creuser un triangle à la tronçonneuse dans un ou plusieurs empâtements du tronc).

La mortaise devrait être creusée le plus proche du sol possible, car la tension engendrée par l'ancrage se porte plus bas sur la souche de l'arbre concerné. La capacité de l'arbre à résister à l'arrachage est alors renforcée. On veillera à ce que les arêtes du triangle percé dans l'empatement soient arrondies afin d'éviter l'usure précoce de l'élingue.

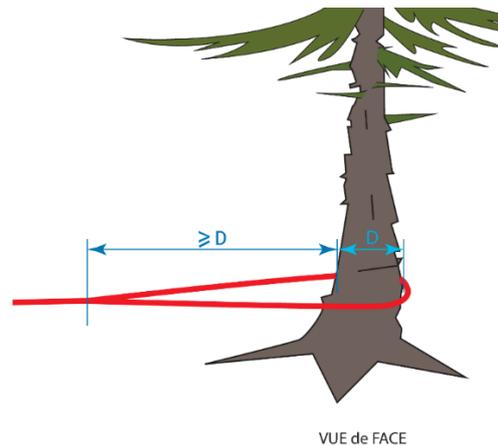
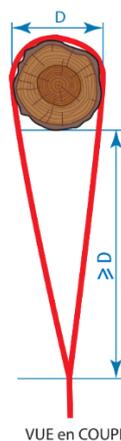
Utilisation d'une ceinture d'ancrage

L'utilisation d'une ceinture d'ancrage est recommandée pour limiter les blessures aux arbres. Certaines précautions sont à prendre :

- Utiliser une manille de connexion dans le bon sens.
- Choisir une sangle de la bonne longueur.



Connexion entre ceinture d'ancrage et élingue (Source : F. Parvex)



Vues en coupe et de face de la distance de ceinture d'ancrage nécessaire entre l'arbre et l'accessoire utilisé (Source : FCBA)

La distance entre l'arbre d'ancrage et l'accessoire accroché à la ceinture d'encrage doit être supérieure ou égale au diamètre de l'arbre, afin d'assurer une résistance optimale.

Ancrages complexes

En l'absence de point d'ancrage ou avec des arbres trop petits, d'autres types d'ancrage peuvent être mis en œuvre.

Ancrage « corps morts »

Le corps mort permet d'ancrer le câble porteur ou des haubans lorsqu'il n'y a pas d'arbre ou d'élément fixe disponibles.

Une élingue est passée en U afin de faciliter sa mise en place et son extraction à la fin du chantier. Le câble porteur est ensuite amarré à cette élingue.

La profondeur de la tranchée doit être au minimum à 1.80 m. La longueur et le diamètre de la bille enterrée dépendent de la tension du câble et de la qualité du sol.

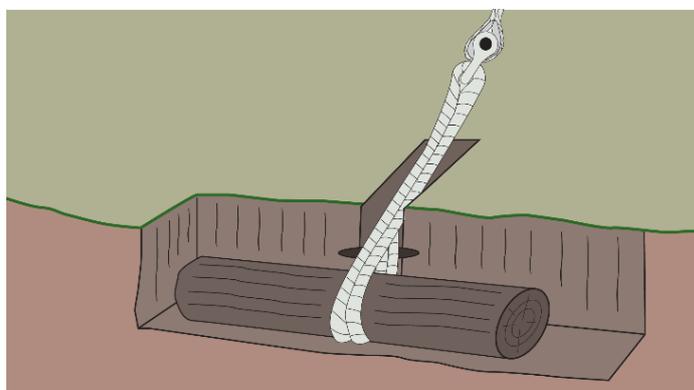


Schéma d'un corps mort (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

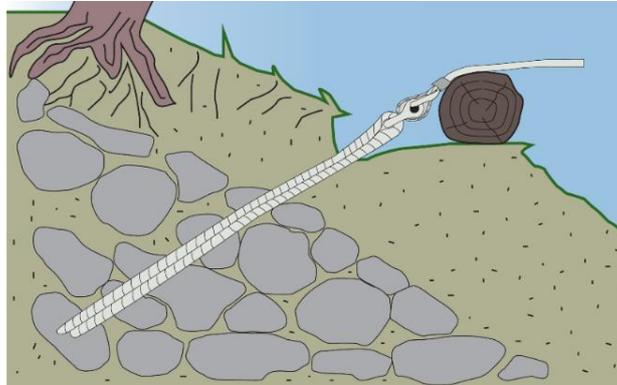
Le tableau ci-dessous donne les grandeurs à vérifier en cas d'ancrage à un « corps mort » :

Tension en tonne	Diamètre au milieu en cm, sous écorce, pour une longueur de :	
	4 m	6 m
4	29	34
6	34	38 (a)
8	37 (b)	41 (a)
10	40 (b)	45 (a)
12		48
14		51
16		53

Dimensions des corps morts. (a) = sol mou et mauvais, (b) = bon sol, résistant (Source : CODOC)

Ancrage dans la roche (génie civil)

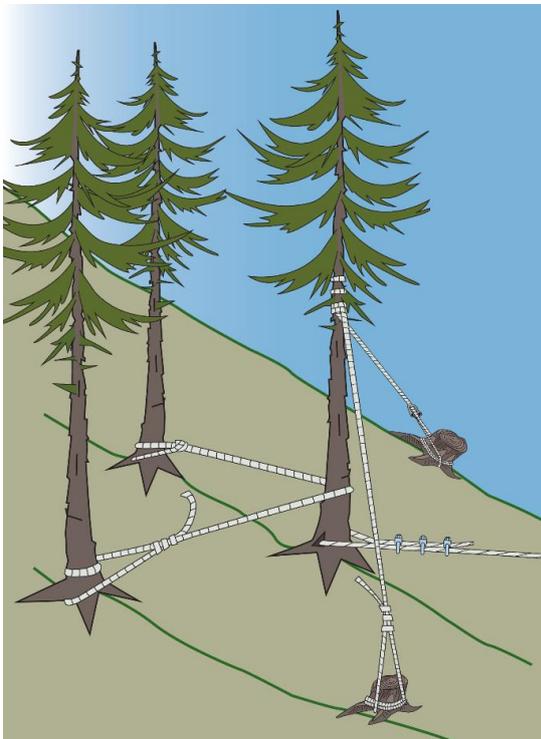
Cette technique est peu utilisée en forêt, mais plutôt dans le génie civil. L'ancrage est constitué d'une tige de fer à béton scellée ou d'une tige avec tête expansive.



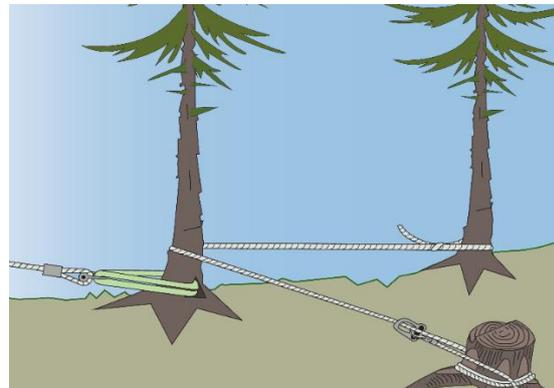
Ancrage dans la roche (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Ancrage multiples

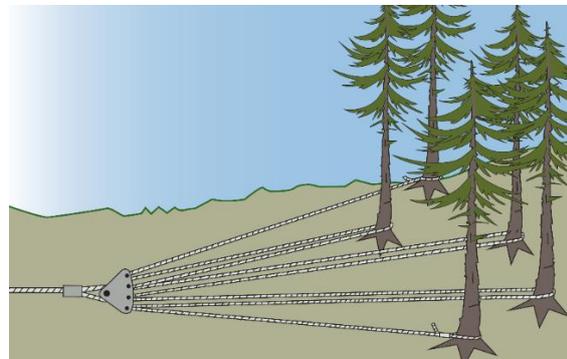
Ces techniques sont utilisées lorsque l'arbre d'ancrage identifié n'est pas assez gros pour supporter la tension dans le câble porteur.



Ancrage sur arbre en contrepente



Ancrage sur arbre avec sangle et haubannage arrière

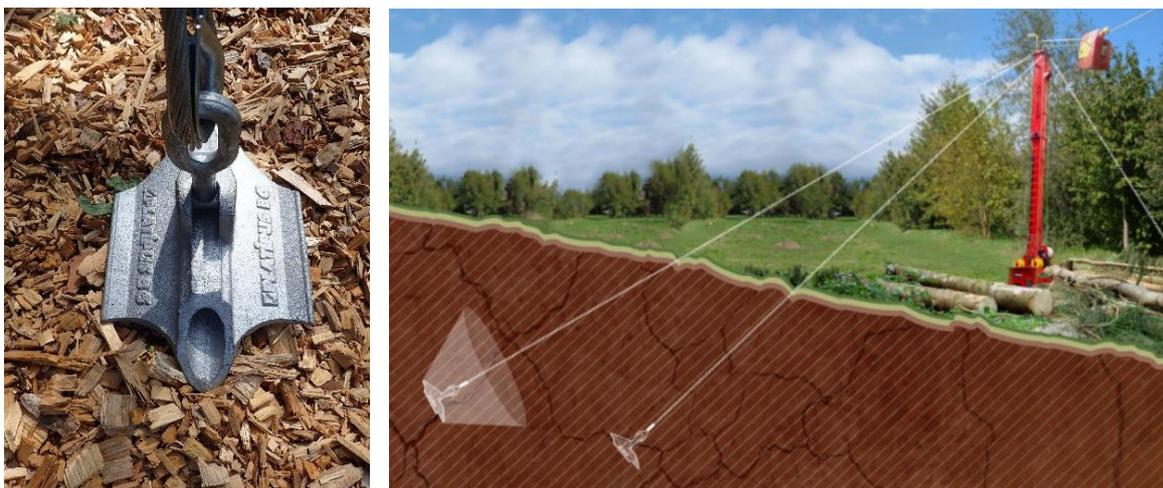


Ancrage sur plusieurs arbres

Illustration de différents types d'ancrages (Source : CODOC, Dessins : FCBA)

Ancrage Anteq (Platipus)

Ces ancrages sont souvent utilisés en forêt grâce à leur légèreté et à leur facilité de mise en œuvre. L'installation est réalisée avec des marteaux hydrauliques manuels ou montés sur des pelles mécaniques. Après mise en place, la traction exercée fait remonter l'ancre qui pivote et se coince dans le sol. Plusieurs types d'ancres sont disponibles, pouvant résister à des tensions allant jusqu'à 200 kN.



Ancre artificielle Platipus (Source : FCBA) et Ancrages de câbles-grue (Source : www.anteq.ch)

Les différents types d'ancrage sont résumés dans la Fiche Technique n° 11.

Rédacteurs :

ACSR : François Sandmeier, François Parvex et Johanna Beck

FCBA : Paul Magaud

3.3 Montage de la ligne fixe (câble mât / câble grue)

Afin de rationaliser les travaux de montage, il faut veiller à disposer le matériel et les équipements techniques aux endroits prévus lors de l'organisation de chantier.

La mise en place de la machine est primordiale afin de pouvoir ensuite dérouler les câbles et les mettre sous tension. Les mises sous tension sont directement réalisables à l'aide de la machine elle-même.

A. Processus de montage

- 1) Mise en place de la machine : un accès carrossable est nécessaire pour y amener et y placer le mât. Dresser le mât et l'assurer (haubans) ;
- 2) Mise en place du câble porteur au câble-mât :
 - a. Lorsque la machine est située en bas de la coupe (débardage à la descente), le câble porteur est déroulé jusqu'au mât terminal amont à l'aide de la cordine puis du câble tracteur ;
 - b. Lorsque la machine est située en haut de la coupe (débardage à la montée), le câble porteur sera mis en place :
 - i. par la cordine éventuellement assisté du câble tracteur.
 - ii. manuellement par gravitation (forte pente, ligne courte).
- 3) Choix définitif et préparation des supports (mât, ancrage-haubanage) ;
- 4) Placement du chariot sur le câble porteur ;
- 5) Mise sous tension et verrouillage du câble porteur ;
- 6) Contrôle de l'installation et de la signalisation ;
- 7) Première mise en service ;
- 8) Corrections si nécessaire.

Toutes les mises sous tension des câbles et des haubans sont directement réalisables par la machine, de manière mécanisée.

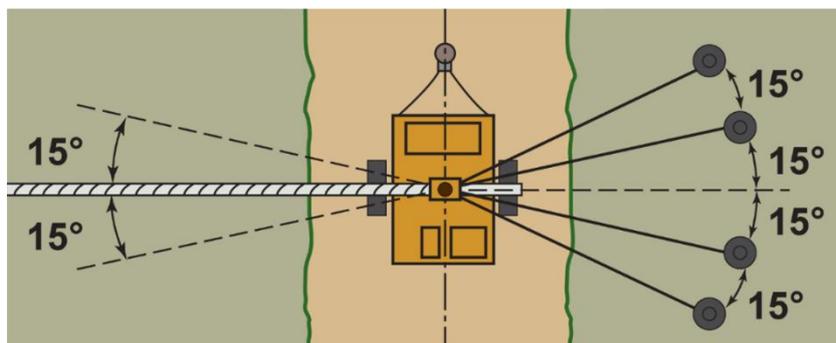
De manière générale, le montage d'une ligne mobile est facilité par le fait que le matériel est plus léger et l'installation demande moins de manutention que lors d'une ligne conventionnelle.

B. Haubanage des mâts

Les haubans sont enroulés deux fois autour de l'ancrage avant de passer dans la manille.

Pour le mât terminal, ils sont tendus manuellement ou à l'aide de tire-câbles. Il est recommandé de retirer le tire-câble une fois le hauban tendu, car à la longue les micros-vibrations abiment les mâchoires.

Pour le câble mât, il doit être haubané au moyen de 4 ancrages implantés sur un arc de 27° à 45° ou de 40 à 60° (en fonction des spécifications techniques des matériels et consignes des constructeurs) de part et d'autre de l'axe de la ligne. Les arbres d'ancrage doivent être d'un diamètre supérieur à 35 cm et adaptés en fonction du tonnage. En cas de nombre insuffisant d'arbres d'ancrage, deux arbres de diamètre moyen peuvent être remplacés par un arbre de gros diamètre (> 50 cm). Il est donc recommandé d'utiliser un minimum de deux arbres de 50 cm en respectant la disposition spatiale. Si aucun arbre n'est disponible, il est possible d'utiliser des ancrages artificiels.



Angles pour haubanage du mât : veiller à respecter la symétrie des haubans vis-à-vis de la ligne de câble afin de répartir les efforts de façon égale sur les haubans (Source : CODOC, Dessin : FCBA).

Les arbres servant au haubanage sont marqués d'un "H" lors du balisage des lignes sur le terrain (voir Fiche Technique n°6).

Pour ce qui concerne le mât terminal et l'ancrage du porteur, les techniques sont identiques, et présentées plus loin.

L'astuce du câbleur fûté



Optimiser le montage

- S'assurer de la **mise à niveau** de la machine afin d'assurer un enroulement et déroulement régulier des câbles ;
- Préparer tout le **matériel d'haubanage et d'ancrage** qui devra être acheminé dans la ligne, de façon à ne pas gaspiller de l'énergie ;
- S'assurer que la **radiocommunication** soit fonctionnelle.

Rédacteurs :

ACSR : François Sandmeier et François Parvex

FCBA : Paul Magaud

3.4 Montage de la ligne conventionnelle (câble long)

A. Processus

Le montage d'une ligne de câble conventionnelle se compose des étapes suivantes. Certaines d'entre elles sont décrites plus en détails par la suite.

1. Mise en place du treuil
2. Enroulage du câble tracteur sur le treuil
3. Mise en place de la poulie de renvoi
4. Mise en place du câble porteur
5. Choix et préparation des supports (mât, ancrage-haubanage)
6. Installation des moufles
7. Placement du chariot sur câble porteur
8. Mise sous tension du câble porteur
9. Contrôle de l'installation et de la signalisation
10. Mise en service

B. Mise en place du treuil luge

Choix de l'emplacement du treuil

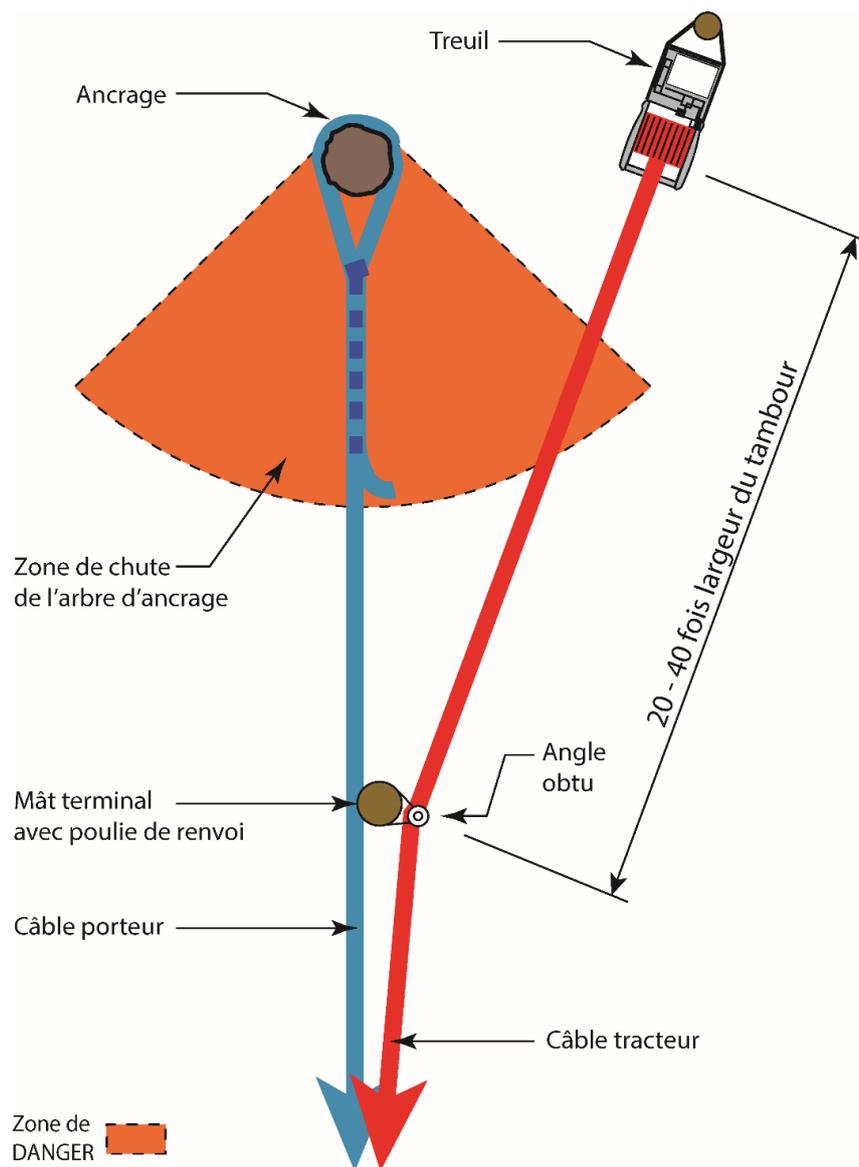
Il s'agit, en premier lieu, de définir un emplacement adéquat pour positionner le treuil. Il doit être si possible accessible par voie terrestre, sinon par hélicoptère. En cas d'héliportage, le treuil sera déposé sur son emplacement final. Le câble tracteur est alors retiré du tambour car il est trop lourd.

L'emplacement du treuil doit respecter certaines règles de sécurité (voir Fiche Technique n° 16) :

- Il doit être prévu en dehors de la zone de danger définie par l'arbre d'ancrage, tout en tenant compte des accès qui doivent être dégagés pour la machine et le machiniste ;
- L'angle du câble tracteur sur la poulie de renvoi ne doit en aucun cas mettre en péril la sécurité du personnel travaillant sur la place de dépôt ;
- Si l'on constate que l'arbre d'ancrage constitue un danger pour le personnel, on l'abattra dans les plus brefs délais.

Des mesures de sécurité doivent être entreprises avant et pendant le déplacement du treuil sur le terrain :

- Contrôler l'état des câbles prévus pour l'ancrage ;
- Vérifier que les sécurités anti-recul sont en état de fonctionner ;
- Positionner les accessoires transportés sur la luge pour qu'ils ne gênent en aucun cas le machiniste ou endommagent le matériel ;
- Vérifier que personne ne se trouve derrière le treuil pendant son transport ;
- Réaliser les changements de direction à l'aide de la manivelle prévue à cet effet.



*Positionnement du treuil respectant les règles de sécurité
(Source : CODOC, Dessin : FCBA)*

Plateforme du treuil

La plateforme du treuil doit être conçue de manière simple et solide. Elle doit être agrémentée d'un abri permettant de réduire les contraintes météorologiques subies par le machiniste (intempéries, froid). Le poste de travail du machiniste doit également être aménagé pour apporter une bonne ergonomie et réduire les nuisances au maximum (vibrations du moteur, gaz d'échappement, air froid dégagé par le frein à air, etc...).

Le treuil doit être positionné latéralement à niveau et être bien ancré au sol.



Place de travail du machiniste (Source : ACSR)

L'astuce du câbleur futé



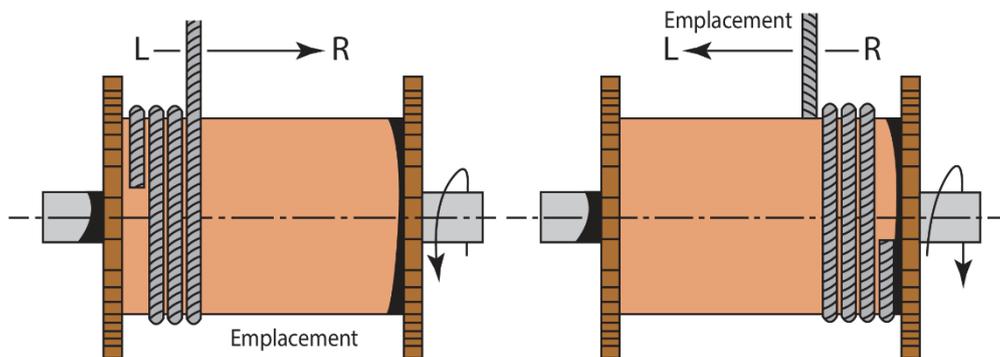
Bien installer son treuil luge !

L'**ancrage** du treuil en terrain forestier représente un **travail fastidieux et dangereux**. Il doit donc être **planifié** de manière optimale en portant les réflexions préliminaires sur les points suivants :

- Quel sera le **point d'ancrage** du treuil ?
- Peut-on **optimiser** le déplacement du treuil luge en emportant du matériel accessoire ?
- Y-a-t-il assez de **ceintures d'ancrage** et de **manilles** prévues pour protéger les arbres d'ancrage lors de l'amarrage du treuil ?
- En cas **d'hélicoptage**, est-ce que la **plateforme** du treuil est adaptée ?
- La **distance minimale** entre le treuil et la poulie de renvoi est-elle respectée ? Elle doit être de 20-40 fois la largeur du tambour, afin d'assurer un enroulage optimal.

Enroulage du câble tracteur

L'enroulage du câble tracteur sur le tambour du treuil doit s'effectuer à 2 personnes et nécessite une tension continue. La première couche de câble doit être enroulée minutieusement et parfaitement serrée sur le tambour (voir schéma ci-dessous). Si l'arrivée du câble tracteur se fait par-dessus sur le tambour, la première couche sera enroulée de gauche à droite. Si elle se fait par-dessous, la première couche sera enroulée de droite à gauche.



Enroulement du câble tracteur sur le tambour du treuil (Source : CODOC, Dessin : FCBA).

Mise en place de la poulie de renvoi

La poulie de renvoi guide le câble tracteur dans la ligne du câble porteur. Elle doit être dimensionnée en fonction de la tension du treuil et du diamètre du câble. Il convient de la fixer soigneusement et de vérifier constamment qu'elle soit bien fermée, de manière visuelle en observant la goupille.

La poulie de renvoi peut se fixer sur le mât terminal, sur l'ancrage amont, ou sur un arbre à proximité de la ligne, grâce à une ligature à brins relâchés ou à brins multiples. Elle peut aussi se fixer à une élingue en câble, pour autant que son diamètre soit de 20 mm au minimum. La poulie s'accôle à l'élément de construction choisi. Elle doit être stabilisée de telle manière qu'elle ne puisse pas se balancer.

Afin d'assurer la sécurité sur le chantier, la poulie est à contrôler avant le début du câblage, puis tous les jours.

C. Montage du câble porteur

Mise en place du câble porteur

Il existe deux manières différentes de mettre en place le câble porteur. Soit ce dernier est tiré en aval à la main, soit il est tiré en amont grâce au treuil de l'installation.

Il s'agit de mettre en place la bobine qui supporte le câble porteur, puis de l'assurer et mettre en place le frein de la bobine. La bobine est installée de telle manière qu'elle ne puisse pas rouler et qu'elle ne gêne pas le bon déroulement des travaux. Il faut également faire attention à ce que le câble porteur puisse être déroulé depuis le haut et qu'un frein efficace soit installé pour son bon déroulement.

Le « freineur » se tient en dehors de la zone de danger de la bobine. Pour que le travail se déroule en toute sécurité, les opérateurs doivent pouvoir communiquer par radio.

La liaison entre le câble porteur et le câble tracteur peut être composé d'une plaque ou d'une épissure d'environ 6 m. Il est également possible d'utiliser un émerillon ou simplement une manille, dans le cas où le câble n'est pas nerveux.

Mise sous tension du câble porteur

La mise sous tension est réalisée à l'aide du câble tracteur et de moufles :

- Monter le dynamomètre sur le moufle d'ancrage ou de l'engin de reprise, et y fixer le câble tracteur ;
- Introduire le câble dans la garniture et assurer par un bois de faible diamètre qui évite la vrille du câble ;
- Contrôler le moufle sans se tenir à l'intérieur des angles des câbles ;
- Au tonnage voulu (par ex. : 8 tonnes), assurer la mâchoire d'ancrage ;
- Terminer la mise sous tension par petites étapes puis fixer définitivement la mâchoire d'ancrage ;
- Contrôler le système et vérifier la tension sur le dynamomètre.

L'astuce du câbleur futé



Monter la ligne en sécurité

- Veiller à ce que les opérateurs au sol ne restent pas au **pied des mâts**, pour éviter toute blessure due à d'éventuelles chutes de matériel ;
- Un **deuxième grimpeur** muni d'un équipement de grimpe supplémentaire doit être présent sur le chantier pendant la phase de montage, et capable de **secourir** son collègue en cas de besoin (voir partie 2 chapitre 7.3 « Accès sur fût ») ;
- **L'étêtage** ne se justifie que pour des cas particuliers, par exemple lorsque la cime influence négativement la **stabilité du support** ;
- Une **répartition** et une **préparation** minutieuses du **matériel** éviteront des allers-retours inutiles ;
- Personne ne doit se trouver sur les supports pendant le **halage**, la **tension** ou la **mise à terre** du câble **porteur**.

Rédacteurs :

ACSR : François Sandmeier, François Parvex et Johanna Beck

FCBA : Paul Magaud

3.5 Démontage de la ligne

Les étapes de démontage de la ligne sont les suivantes :

1. Fin du câblage ;
2. Ramener le chariot sur la place de dépose ;
3. Détendre la ligne ;
4. Décrocher le câble porteur ;
5. Démonter les supports ;
6. Pour les lignes aval : les haubans peuvent être ramenés à la route en les fixant au câble porteur, qui sera ensuite enroulé ;
7. Nettoyage et contrôle de l'état du matériel ;
8. Rangement et déplacement du matériel.

L'astuce du câbleur futé



Démonter la ligne efficacement

- Dans certains cas (forte pente, terrain concave), le câble mobile permet le **rapatriement** du **matériel** en tendant la ligne sans support ;
- L'engin de reprise est d'une aide précieuse lors du démontage de la ligne, car il permet la **manipulation** des **accessoires** ;
- Une **sacoche** avec **fermetures** peut être utile pour rassembler le **petit matériel**.

Rédacteurs :

ACSR : François Sandmeier, François Parvex et Johanna Beck

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Florent Pedrini*

4.
PHASES
OPERATIONNELLES
DE
L'EXPLOITATION

4.1 PHASE D'ABATTAGE	153	4.3 CUBAGE, TRI ET STOCKAGE	167
A. Contraintes liées au câble aérien	153	A. Cubage des bois	167
Principales contraintes	153	Cubage manuel	167
Matériel nécessaire	154	Cubage machine	167
Risques majeurs	154	B. Tri des produits et stockage	168
B. Directions d'abattage	154	Tri des produits	168
Débardage à la montée	155	Stockage	169
Débardage à la descente	155	Gestion des rémanents	170
Abattage au cric hydraulique	155		
C. Organisation du chantier	157	4.4 CONTROLES ET MAINTENANCE	171
		A. Contrôles	171
4.2 PHASE DE DÉBARDAGE	159	Contrôles quotidiens	171
A. Postes de travail	159	Contrôles au montage	171
Accrochage	160	B. Maintenance	172
Déplacement du chariot	162	Pour le câble mât	172
Décrochage	163	Pour la pelle et la tête d'abattage	172
B. Gestion du personnel	164	Pour le chariot	173
C. Communication entre opérateurs	165	Pour les câbles	173
Besoins de communication	165		
Moyens de communication	165		

4.1 Phase d'abattage

A. Contraintes liées au câble aérien

L'abattage des arbres est une phase clé pour assurer la productivité du débardage. Il doit donc être réalisé consciencieusement, en accord avec le câbliste et sa méthode d'organisation qui sera mise en œuvre.



Ligne de câble après l'abattage (Source : ACSR)

Principales contraintes

Contraintes	Conséquences pour le bûcheronnage
Type de peuplement (dense ou clairsemé, feuillus ou résineux)	Un peuplement dense exige un abattage précis.
Type d'essence	La taille des houppiers influe sur le temps passé au façonnage
Diamètre des arbres à récolter	Influence l'organisation du bûcheronnage par rapport aux assortiments (débitages supplémentaires)
Pente et topographie	Influencent la direction d'abattage
Sens du débardage (amont/aval)	Voir schémas suivants
Méthode de récolte par arbre entier, bois long ou bois court (assortiments)	Conditionne le temps de façonnage (manuel ou mécanisé), donc le coût
Zones de rajeunissement à préserver	Eviter d'abattre dans les zones de rajeunissement
Emprise et écartement des lignes	Influent sur le sens d'abattage (renvoyer les arbres dans la ligne ou vers la suivante en zone limite)
Nombre de supports	Plus le nombre de supports est grand, plus le bûcheronnage sera conséquent.
Infrastructures à protéger (route, ligne ferroviaire, bâtiments, lignes électriques, etc.)	Sécuriser d'avantage les abattages dans les zones proches des infrastructures
Règles de gestion durable des forêts de protection en Suisse (NaiS)	Les bois laissés au sol selon un certain angle augmentent la protection contre les chutes de pierres Le bois mort laissé au sol a une importance capitale pour garantir des lits de germination

Matériel nécessaire

- EPI de bûcheronnage (voir partie 2 chapitre 7.2 « Sécurité des opérateurs ») ;
- Matériel de secours ;
- Equipement pour s'assurer lors des travaux en forte pente (> 100 %) : harnais, ligne de vie, ligne de travail... ;
- Matériel de bûcheronnage complet : tronçonneuse, coins, merlin, crique, tire-câble, serre-tronc, bidon combi (double-bidon)... ;
- Matériel de signalisation en fonction du plan de câblage et de l'organisation de chantier : panneaux ou bâches de signalisation, triopan... (voir partie 2 chapitre 2.5 « Signalisation »).

Risques majeurs

Lors de l'abattage de gros bois dans la pente, plusieurs risques cohabitent :

- Effet « Micado » d'empilement des arbres les uns sur les autres (de gros houppiers ou un peuplement dense peuvent engendrer cet effet) ;
- Déplacement intempestif et non contrôlé des bois abattus ;
- Déplacement latéral du pied de l'arbre lors de l'abattage dans la pente des bois d'emprise de la ligne ;
- Lorsque les arbres sont fortement penchés dans la direction de chute, il en résulte un risque d'éclatement.

B. Directions d'abattage

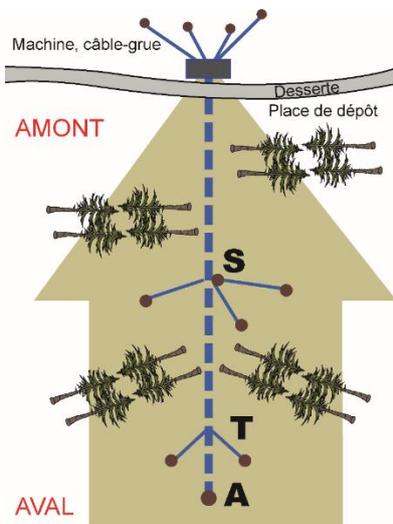
Les directions d'abattage dépendent de l'orientation de la ligne de câble. Il est primordial de bien respecter ces directions d'abattage pour une bonne productivité du chantier. Le bûcheron doit donc tout mettre en œuvre pour abattre les bois dans la bonne direction, même si cela prend du temps.

A proximité des supports, certaines précautions sont à prendre (voir Fiche Technique n° 17) :

- Préserver les ancrages et l'arbre support ;
- Limiter la présence de branches à proximité du support et arbres d'h'aubannage ;
- Abattre les arbres dans le bon sens vis à vis du débardage.

Selon que les bois seront débardés à la montée ou à la descente, les directions d'abattage sont différentes (voir Fiche Technique n° 18).

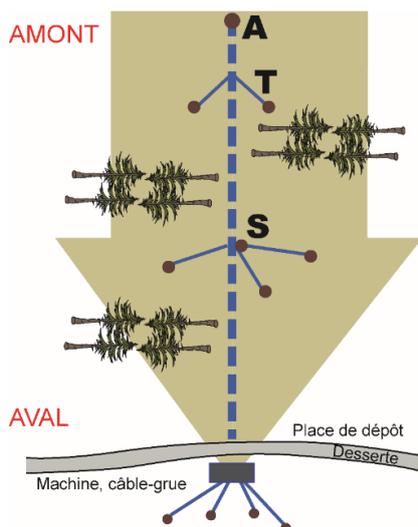
Débardage à la montée



Une ligne amont signifie que la machine se trouve au-dessus, positionnée sur la desserte et les bois sont acheminés vers le haut. Les arbres sont bûcheronnés en épi vers le bas ou horizontalement (perpendiculaire à la ligne de pente) pour ceux qui se trouvent proches de la ligne. Les arbres plus éloignés seront ramenés légèrement en biais ou horizontalement en direction de la ligne de câble.

Schéma de débardage à la montée (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Débardage à la descente



Une ligne aval signifie que la machine est au-dessous de la coupe et que les bois seront acheminés vers le bas. Les bois seront bûcheronnés perpendiculairement à la ligne de câble. Ne pas abattre en épi (biais) - risque élevé de roulement et de glissement des bois (châblage) !

Schéma de débardage à la descente (Source : CODOC, Dessin : FCBA)

Abattage au cric hydraulique

Afin d'abattre les bois de façon sûre et dans la bonne direction, l'aide par des moyens techniques s'avère être efficace.

Dans le cas d'abattages d'arbres peu penchés et peu lourds, le coin mécanique ou hydraulique remplace les coins et le merlin de façon très ergonomique. Cela permet de ramener les bois notamment en direction de la ligne plus facilement !

Lors de l'abattage de gros bois qui ont tendance à pencher en direction de la pente, les appareils cités ci-dessus ne permettent plus de travailler en toute sécurité. C'est dans ces situations que le cric hydraulique s'impose.



Cric hydraulique (Source : CFPF)

Technique d'abattage au cric hydraulique :

- Procéder à l'examen minutieux de l'arbre à abattre :
- Prendre toutes les mesures de sécurité, en particulier préparer le chemin et le lieu de replis :
- Crier « attention ! » ;
- Faire l'entaille de direction ;
- Contrôler l'entaille ;
- Percer une mortaise en forme de triangle à l'opposé de l'entaille, sous le trait de scie prévu (voir photo page précédente) ;
- Placer le cric hydraulique et le mettre en légère tension ;
- Scier une partie de la taille d'abattage (trait de scie) du côté de la compression ;
- Assurer au moyen d'un coin ;
- Scier le reste progressivement et par étape, en maintenant la charnière, en complétant avec le coin et le cric,
- Lors du basculement de l'arbre crier à nouveau « attention ! » et rejoindre le lieu de retraite prévu ;
- Une fois l'arbre au sol et environnement stabilisé, poursuivre le travail.

L'astuce du câbleur futé



Maitriser son abattage

- Afin d'éviter les mises en mouvement **intempestives** des bois :
 - Abattre les bois en **amont des souches** ;
 - Ne pas abattre dans le **sens de la pente**. Cela permet aussi de faciliter le débusquage ;
 - N'effectuer aucun assainissement (purge) sur le parterre de coupe et réaliser la purge sur la **place de débitage** ou de **dépôt**.
- Attention particulière lors des abattages à proximité de la **ligne (haubans)** ;
- L'abattage de **bois secs** sur pied doit se faire impérativement à l'aide d'un **treuil à distance** !
- **Façonner** proprement les bois sous la ligne et autour des supports pour faciliter le montage de ces derniers ;
- **Ne pas débiter** les arbres trop **éloignés** de l'axe de la ligne ;
- **Ne pas câbler** des bois partiellement débités ;
- **Etêter** les bois qui doivent être sortis par le petit bout ;
- **Eviter de marquer et abattre** des arbres au-dessus et au-dessous des supports terminaux.

En cas de doute ou de questions, s'adresser à la personne responsable du chantier de câblage (chef des opérations de câblage forestier ; chef d'équipe, chef de chantier).

C.Organisation du chantier

Un bon résultat de chantier n'est possible que si l'abattage est conforme aux exigences du câblage ! Les objectifs ne peuvent être atteints qu'avec une bonne collaboration de tous les partenaires engagés.

Les bûcherons ont de nombreuses précautions à prendre en fonction de la ligne de câble, pour tenir compte du moyen de débardage.

La progression doit être méthodique et les étapes de l'organisation de l'abattage d'une ligne dépendent principalement du choix des produits réalisés :

Bois courts (billons ou double-billons) :

1. Ouverture de la ligne, d'aval en amont ;
2. Façonner et débiter les bois au fur et à mesure dans le peuplement ;
3. Abattre et façonner les arbres des trouées situées aux abords de la ligne selon le schéma précédent ;
4. Débiter seulement les bois à proximité de la ligne. Pour ceux qui se trouvent au-delà de 20m de l'axe du câble, les débusquer en sections plus longues avec la ligne avant de les débiter ;
5. Monter l'installation ;
6. Vidanger la ligne complète d'amont en aval ;
7. Débarder les trouées restantes ;
8. Démonter l'installation.

Arbres entiers (avec les branches) :

1. Ouverture de la ligne, d'aval en amont de façon à pouvoir débarder les arbres par le pied ;
2. Abattre des arbres situés dans des trouées qui pourraient tomber sur l'installation ;
3. Monter l'installation ;
4. Vidanger la ligne complète d'amont en aval ;
5. Abattre et débarder les arbres restants dans les trouées ;
6. Démonter l'installation.

Rédacteurs :

ACSR : François Sandmeier, François Parvex, Nicolas Raymondon,

FCBA : Paul Magaud



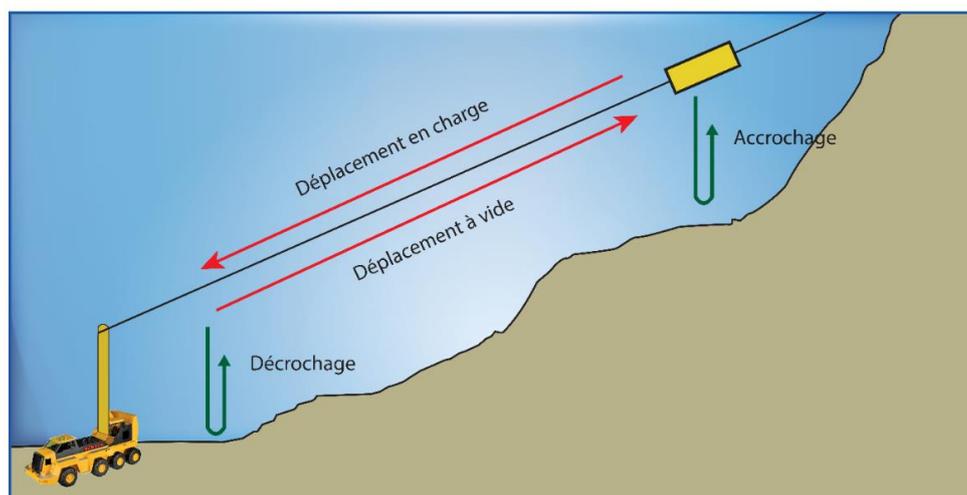
*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Florent Pedrini*

4.2 Phase de débardage

Une fois l'abattage des bois réalisé, la phase de débardage consiste à extraire les bois de la forêt pour les transporter vers une place de dépôt accessible aux camions.

A. Postes de travail

Le débardage par câble aérien est un des rares systèmes à mobiliser plusieurs opérateurs simultanément pour fonctionner. L'interaction entre ces opérateurs est très forte, car elle conditionne la rapidité du cycle complet du chariot, constitué de 4 phases : accrochage, déplacement en charge, décrochage, déplacement à vide (voir figure ci-dessous).



Les phases du cycle chariot, débardage à la descente (Source : FCBA)

La vitesse de déplacement du chariot étant liée au matériel (type de chariot, présence ou non d'un câble retour), à la configuration de terrain, au nombre de supports et à la longueur de ligne, il est peu aisé d'agir sur ces temps de déplacement. En revanche, les temps d'accrochage et de décrochage doivent être les plus rapides possibles (coordination entre abattage et câblage), pour un temps de cycle complet réduit offrant une bonne productivité. Tout arrêt du chariot, que ce soit au poste d'accrochage ou de décrochage, a une incidence très forte sur la productivité du système. Il doit donc être si possible toujours en mouvement.

Les 2 opérateurs positionnés au poste d'accrochage et de décrochage doivent donc fonctionner en synergie et en communiquant régulièrement.

Accrochage

L'accrocheur détermine la cadence générale du système. Son organisation est donc primordiale.

L'accrocheur doit suivre une règle principale : « le chariot doit repartir en charge le plus vite possible, tout en préservant sa propre sécurité ».

Au poste d'accrochage, il y a 2 temps assez différents :

- Lorsque le chariot est présent au-dessus de la zone d'accroche ;
- Lorsque le chariot est en déplacement, donc absent de la zone d'accroche. Ce temps peut représenter jusqu'à plus de 50 % du temps de l'accrocheur. L'utilisation de ce temps pour anticiper la suite ou poursuivre le démantèlement des houppiers et rendre le parterre de coupe propre, est donc capital.

Fonctions et organisation

L'accrocheur a pour objectif de connecter la grume abattue au câble pêcheur qui pend sous le chariot, dans le délai le plus rapide.

Pour être efficace, il doit organiser son chantier en amont (phase d'attente du chariot, qui est en déplacement) :

- Identifier la ou les grumes qu'il souhaite accrocher ;
- Eventuellement préparer la charge à la tronçonneuse : découpe de la grume en 2 produits, suppression des dernières branches ;
- Eventuellement pré-élinguer (voir « astuces du câbleur futé ») ;
- Démanteler proprement les résidus de coupe ;
- Avoir deux charges prêtes à accrocher, ou identifier deux charges d'avance.

Lorsque le chariot arrive :

- Le positionner au bon endroit, pour permettre de dérouler le câble pêcheur jusqu'à la grume et d'assurer la traction en ligne droite sans blesser les arbres restants ;
- Déplacer le câble pêcheur vers la grume, tout en gérant le dispositif de déroulage du câble ;
- Positionner l'élingue sur la grume ;
- Connecter le câble pêcheur à l'élingue ;
- Se positionner hors des zones dangereuses avant de tirer.



*Accrocheur déroulant le câble pêcheur
(Source : FCBA)*

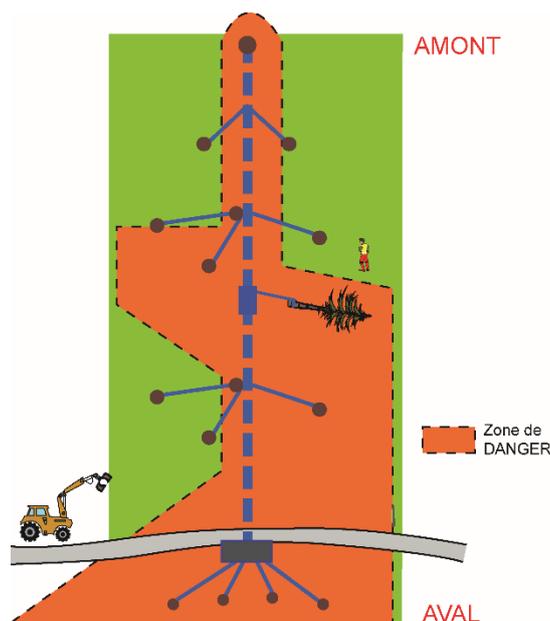


*Accrocheur
(Source : Florent Pedrini)*

Bonnes pratiques et sécurité

- Toujours se positionner en amont de la grume avant la traction du câble pêcheur ;
- Positionner le chariot en amont de la grume, pour descendre le câble pêcheur vers la grume et non le monter ;
- S'aider du câble pêcheur pour descendre vers la grume au milieu des branches, cailloux, etc. Cela permet à l'accrocheur d'être plus stable (voir photo de gauche ci-dessus) ;
- Placer les élingues sur l'épaule afin d'éviter l'accroche involontaire ;
- Sur une zone déterminée, organiser l'accroche en 2 zones distinctes de part et d'autre de la ligne de câble, pour limiter les déplacements de l'accrocheur sous la ligne de câble.

La position de l'opérateur est primordiale pour sa sécurité (voir Fiche Technique n° 19) :



*Exemple de la zone de danger autour de la ligne de câble aérien au moment de la sortie de l'arbre
(Source : FCBA)*

Compétences requises

Pour assurer ce poste, une excellente condition physique est indispensable. Marcher en montagne (accès à la coupe, déplacement à chaque charge), au milieu des branches et des éboulis, tout en transportant du matériel (bûcheronnage notamment) est le quotidien de l'accrocheur.

D'excellentes connaissances en bûcheronnage et manipulations de la tronçonneuse sont également indispensables pour assister le bûcheron ou découper les grumes avant chargement pour adapter la charge à la capacité du chariot. L'évaluation de la masse d'une grume, via son volume (compétence en cubage et tri des produits), est donc fondamentale pour optimiser la masse en charge.

Matériel utilisé

L'accrocheur doit être autonome en matériel car il est loin de la base et souvent seul en forêt. Un cycle spécifique pour déplacer du matériel en cas d'oubli prend en moyenne une dizaine de minutes.

Le kit indispensable, en dehors des EPI « bûcheronnage » :

- Matériel de bûcheronnage : tronçonneuse, bidon (5 litres de mélange et 2,5 litres d'huile de chaîne) ;
- Elingues ;
- Radiocommande du treuil ;
- Radio de communication avec le décrocheur ;
- Repas de midi et eau pour la journée ;
- Et beaucoup d'énergie !

Certains matériels (tronçonneuse, repas...) peuvent être transportés par voie aérienne, contrairement aux hommes pour lesquels ce transport est interdit.

L'astuce du câbleur futé

Le pré-élingage

Le **temps d'attente** du chariot peut être utilisé pour réaliser un **pré-élingage** des bois, c'est-à-dire passer l'élingue d'accroche autour de chaque grume qui va partir lors de la prochaine charge. Cela permet de gagner du temps et de faire repartir le chariot plus rapidement. Cela peut augmenter un peu la distance parcourue, mais les gains de productivité sont réels, sauf dans le cas des chockers automatiques ou le risque de perte du choker est élevé.

Cette technique est donc à réserver pour les bois qui sont **proches** de la ligne, ou sur des **longues distances de débardage**.

Déplacement du chariot

Cette phase n'est pas un poste de travail en soi car elle est assurée par les 2 opérateurs. Chacun pilote le chariot dans son secteur visuel, la radiocommande assurant un transfert de pilotage pour éviter les informations contradictoires.

Le déplacement du chariot est également très souvent automatisé, pour ralentir au passage des supports ou à l'arrivée du mât, ou accélérer sur les grandes sections.

Décrochage

Comme l'accrocheur, le décrocheur doit suivre une règle principale : « le chariot doit repartir en charge le plus vite possible, tout en préservant sa propre sécurité ».

Au poste de décrochage, il y a 2 temps assez différents :

- Lorsque le chariot est présent au dessus de la place de travail ;
- Lorsque le chariot est en déplacement sur la coupe, donc absent de la zone de travail.

Fonctions et organisation

Le poste de décrochage requiert de nombreuses actions :

- Décrochage en assurant la stabilité des bois qui arrivent de la coupe. C'est la seule tâche qui doit se réaliser lorsque le chariot est présent. Toutes les autres doivent être réalisées lorsque le chariot est en déplacement sur coupe ;
- Découpe, si besoin, à l'aide de l'engin de reprise équipé d'une tête ou d'une tronçonneuse ;
- Tri des produits par qualité (dimensionnelle, qualitative) ;
- Cubage des produits ;
- Rangement des produits sur une zone accessible aux camions ou à un engin de reprise ;
- Gestion et contrôle du mât et du chariot (pressions hydrauliques, vitesses du chariot, tensions, pleins GNR et divers graissages ...) ;
- Logistique de l'évacuation des bois ;
- Communication avec les gestionnaires et donneurs d'ordres.

Bonnes pratiques et sécurité

- Libérer les élingues le plus vite possible, lorsque la charge est immobile pour permettre au chariot de repartir très rapidement ;
- Renvoyer le chariot au plus vite et traiter les bois après (tri, cubage) ;
- Dégager en permanence son espace de réception des bois ;
- Limiter au maximum la descente de l'opérateur de son engin de reprise pour gagner en efficacité et réduire l'accidentologie :
 - Utiliser les programmes de cubage des têtes de façonnage utilisées, après calibration, pour mesurer longueur et diamètre des produits ;
 - Utiliser les chokers à ouverture automatique.
- Les chokers sont régulièrement coincés sous les billons/grumes. Pour libérer complètement l'élingue, le treuil pêcheur du chariot est généralement utilisé. Sous l'effet de la traction, l'élingue se libère subitement et va dans de multiples directions. Le décrocheur doit se trouver hors de portée et donc reculer et s'éloigner des produits avant d'actionner le treuil.

Compétences requises

Le poste de décrocheur est également un poste qui requiert de nombreuses compétences :

- Savoir manipuler la tronçonneuse ;
- Connaître le tri des bois et les qualités exigées par le cahier des charges du chantier ;
- Savoir manipuler un engin de reprise (débusqueur, pelle, porteur) et des outils associés (grue, tête de façonnage, grappin) ;
- Savoir intervenir sur les pannes mécaniques qui arrivent régulièrement sur les matériels.

Matériel utilisé

Le décrocheur dispose de tout le matériel à proximité, en lien avec les fonctions évoquées :

- Engin de reprise, si possible avec grue, pour déplacer les produits ;
- Matériel de cubage ;
- Tronçonneuse.

Le décrocheur est généralement en charge de l'atelier, pour réaliser les réparations nécessaires (élingues, flexibles, etc.) en temps utile.

L'astuce du câbleur fûté

Les chokers à ouverture automatique

Ces produits (présentés dans la partie 2 chapitre 5.1.C « Productivités sur les chantiers ») sont un véritable **atout économique** et de l'entreprise câbliste. Ces matériels permettent également un grand **gain de sécurité** pour le décrocheur qui, n'a pas besoin de descendre de son engin et d'aller mettre les mains dans la charge pour décrocher le choker manuellement

B. Gestion du personnel

Les compétences nécessaires à une équipe de câblistes sont multiples et très diversifiées. Peu de forestiers répondent à l'ensemble des critères et la formation française est inexistante. Maintenir les forces de production en place et en action est donc un enjeu très fort pour le chef d'entreprise. L'ambiance de travail, le matériel, le fonctionnement de l'équipe, la responsabilisation et la politique salariale sont les principaux facteurs de maintien du personnel dans l'entreprise.

Certaines compétences sont spécifiques et ne doivent en aucun cas être détenues par une seule personne au sein de l'équipe. En cas d'absence de cette dernière (maladie, congés, démission ...), cela risque d'empêcher le fonctionnement de la machine et de générer des pertes économiques très importantes.

Le poste clé est généralement le poste de décrocheur, qui cumule notamment les fonctions mécaniques et le classement des bois. Ces compétences doivent donc être détenues par d'autres opérateurs. Une réflexion poussée doit être menée par le chef d'entreprise pour gérer son personnel et stimuler son maintien dans l'entreprise.

L'astuce du câbleur fûté

Intervertir régulièrement les postes

Etre formé à tous les postes (multifonctionnalité) est un gage de bon fonctionnement de l'équipe et d'une bonne productivité. Cela permet :

- De **maintenir** l'activité en cas d'absence d'une personne clé ;
- De diversifier le travail des opérateurs et de limiter la monotonie d'un seul et même poste ;
- D'organiser le travail différemment, avec des équipes tournantes, certains prenant des congés pendant que les autres sont en action.

C.Communication entre opérateurs

Besoins de communication

En fonctionnement normal, les opérateurs n'ont pas besoin de communiquer dans la phase de production, chacun étant à sa tâche. Leur point de connexion est le chariot, équipé aujourd'hui dans la plupart des cas des passages du contrôle (dans les radiocommandes) d'un opérateur à l'autre.

La communication est donc réduite à des situations particulières liées à la sécurité (accident), aux incidents (arrêt spécifique non prévu, déplacement incontrôlé d'une grume ou d'un rocher, visite d'une personne externe au chantier...), au fonctionnement (besoin de matériel de type essence, élingues...) ou aux horaires (repas de midi, fin de la journée).

Moyens de communication



Dans le passé, des codes corporels (positions des bras) étaient utilisés pour communiquer entre opérateurs.

Aujourd'hui, seules les radios (talkie-walkie) sont utilisées et font partie de l'équipement de base de chaque opérateur.

La radio, un équipement permanent (Source : Florent Pedrini)

Bonnes pratiques et sécurité

- Vérifier que les batteries sont pleines avant d'aller sur le chantier (recharger le soir) ;
- Définir et contrôler le canal en début de chantier ;
- Ne s'exprimer que si c'est nécessaire ;
- Réserver l'usage des radios à la production et à la sécurité ;
- Formuler des phrases courtes et précises ;
- Lors de l'envoi d'un message, laisser un peu de temps entre le moment d'appui sur le bouton radio et l'expression orale ;
- Confirmer la bonne réception et compréhension du message ;
- Si le message n'est pas compris, demander à répéter, en aucun cas actionner les treuils.

L'astuce du câbleur fûté



Communiquer entre équipes

Il peut arriver que plusieurs équipes (de la même entreprise ou non) interviennent à proximité les unes des autres. Il est important **d'échanger entre équipes** afin de définir des **canaux radios différents** pour ne pas provoquer d'interférences et incompréhension dans les messages transmis.

Connaitre les canaux des équipes voisines est de plus un atout en cas **d'accident** et de **besoin d'assistance** (contact extérieur, meilleure connexion téléphonique, besoin local, expérience du secours, soutien, etc.).

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

4.3 Cubage, tri et stockage

A. Cubage des bois

L'opération de cubage n'est pas spécifique au câble aérien. Toutefois, les bois sont généralement débités sur coupe (cas des gros bois) pour adapter la masse en charge à la capacité de levage du chariot et de l'installation.

L'accrocheur doit donc effectuer une découpe en forêt, adaptée au cahier des charges de l'acheteur des produits. Généralement, des multiples de 4 ou 5 m sont réalisés, avec sur-longueur (+10 cm).

Deux types de cubage sont possibles : manuel et machine, réalisée par le décrocheur.

Cubage manuel

Pour cuber les bois, le décrocheur doit avoir à sa disposition :

- Le cahier des charges de l'acheteur des bois, précisant les longueurs (et surcotes), les diamètres minimum et maximum, et ce par qualité ;
- Décamètre ou mètre à pointe, compas forestier ou chevillière, bombe de peinture ;
- Marteau et plaquettes, selon les exigences de l'acheteur ;
- Terminal de saisie des données, carnet papier ou tableau sur smartphone, tablette... .

Les règles de cubage manuel sont définies en France dans la norme NF B 53-020 (révision aout 2019).

En Suisse, c'est l'usage suisse du commerce du bois brut qui fait foi.

Cubage machine



*Pose d'une plaquette depuis l'engin de reprise
(Source : FCBA)*

Cette opération n'est réalisable que si l'engin de reprise est équipé d'une tête de bûcheronnage permettant la mesure des diamètres et longueurs. Cela nécessite un étalonnage régulier de la tête (voir guide « [Fiabiliser l'utilisation des systèmes de mesure des machines de bûcheronnage](#) »). Les données sont fiables pour la majorité des essences résineuses et pour les bois peu branchus (avec des grosses branches, plusieurs passages des couteaux sont parfois nécessaires et les molettes de mesures peuvent faire des sauts). Parfois seule la longueur est mesurée avec la tête, le diamètre étant mesuré manuellement.

Bonnes pratiques pour optimiser le cubage

L'opération de cubage est longue et peut pénaliser la productivité du décrocheur. Un cubage en scierie, en confiance mutuelle, est l'idéal pour améliorer la rentabilité.

Si le cubage est fait par l'entreprise :

- Il est capital de dégager constamment la place de travail pour permettre la dépose de la charge suivante. Cependant, le cubage peut être réalisé au bout de quelques charges, sous réserve que les bois soient déposés de manière accessible (non empilés) ;
- Cette organisation permet également de réduire les montées - descentes de l'opérateur de son engin de reprise, ce qui limite la fatigue et les accidents.

L'astuce du câbleur fûté



Sécuriser les données

La saisie numérique des données de cubage limite les **erreurs**.

Des **applications** existent pour tablette ou smartphone, voire même sur un simple tableur Excel. La saisie des données au fur et à mesure du cubage permet de **gagner du temps**, de **classer** facilement les bois par catégorie de produits, tout en présentant un **bordereau** de cubage propre à l'acheteur des bois.

B. Tri des produits et stockage

Tri des produits

Le tri des produits doit être fait pièce par pièce, selon le cahier des charges de l'acheteur.

Le tri peut être dimensionnel (longueur, diamètre maximum ou fin bout) ou qualitatif. C'est le même tri qui est réalisé pour toute opération forestière. Des normes ou habitudes locales définissent les singularités des grumes (présence et importance) à observer pour effectuer ce classement.

L'observation minutieuse des grumes doit permettre un tri au plus proche du cahier des charges de l'acheteur.

Qualité C ou charpente ?

Lors du tri des produits, l'usage est souvent de nommer le produit par sa destination d'utilisation (par exemple charpente, palette, papier, bois énergie ...) parfois sans définir précisément les critères dissociant les produits.

Lors de la contractualisation de la vente des bois, le tri est normalement spécifié, faisant référence à un cahier des charges spécifique de l'acheteur, à un référentiel partagé, ou à des normes de classement.

Quels que soient les noms donnés aux produits, il est nécessaire de suivre les prescriptions du cahier des charges fourni par le donneur d'ordres.

Stockage

Les produits réalisés doivent ensuite être stockés en piles homogènes en qualité des produits. L'identification des zones de stockage et de leur capacité d'accueil est essentielle.



Stockage de produits (source : ACSR)

Bonnes pratiques

- Déposer les produits toujours au plus près de la place de travail (sans toutefois gêner les engins) ;
- Déposer les produits ayant des volumes plus importants vers la place de travail et ceux aux faibles volumes peuvent être stockés plus loin ;
- Constituer des piles au moins équivalentes à un camion chargé et prévenir le transporteur aussitôt ;
- Constituer des piles pas trop hautes pour limiter le risque d'effondrement vis-à-vis des promeneurs ;
- Optimiser le chargement de l'engin de reprise lorsque le stockage est loin ;
- Disposer les piles de façon à ce qu'elles soient accessibles aux camions et à leur grue ;
- Garder contact avec le transporteur pour évacuer les bois régulièrement.

Des compétences multiples requises

Le **décrocheur** a la responsabilité de **trier et cuber** les bois, afin de préparer des **lots homogènes** et faciles à charger sur les camions. Ce sont des activités diverses, nécessitant de nombreuses compétences :

- Connaître les **formules** de **cubage** et savoir prendre des **mesures** correctes ;
- Savoir identifier les **singularités** (défauts) visibles de l'arbre, et savoir en déterminer la **qualité** à partir du cahier des charges de l'acheteur ou des normes existantes ;
- **Optimiser les découpes** vis-à-vis des produits à réaliser (priorités).

Gestion des rémanents

La gestion des rémanents (branches, houppiers) est généralement spécifiée dans les clauses particulières d'exploitation qui sont fixées dans le contrat d'intervention et/ou dans la fiche de coupe. Ils peuvent être :

- Soit laissés sur la coupe, en s'assurant que les purges laissées en forêt soient stables et n'engendrent pas de danger :
 - sans aucune intervention (valable pour les petits bois) ;
 - démontés en morceau d'un mètre sur coupe. Cela signifie que l'on démantèle les houppiers et les branches en petits morceaux dans le but de faciliter leur décomposition et d'avoir un retour au sol en matière organique plus rapide. Cela permet également d'avoir, après chantier, un rendu « propre » de la parcelle.
- Soit mis en tas bord de route, après façonnage par l'engin de reprise. Cette dernière option permet une valorisation en bois énergie. Si aucune valorisation n'est possible, privilégier le façonnage en forêt, sauf avec les petits bois pour lesquels le façonnage mécanisé est indispensable.

La gestion des rémanents est déterminante dans le choix de l'engin de reprise et dans l'organisation de chantier :

- Laisser les rémanents sur le parterre de coupe nécessite un façonnage manuel en forêt (donc plus de bûcherons) et un engin de reprise ne comportant qu'une fonction grappin pour la manutention ;
- Au contraire pour un stockage des rémanents bord de route, le façonnage pourra être réalisé mécaniquement.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

4.4 Contrôles et maintenance

Les contrôles et la maintenance de l'installation est indispensable lors d'un chantier.

A. Contrôles

Contrôles quotidiens

Ces contrôles sont visuels. Ils permettent de vérifier :

- la tension des câbles ;
- les éventuels dommages aux haubans et ancrages (câbles et sangles) ;
- les fuites d'huile ;
- les niveaux d'huile et des liquides des machines ;
- l'état du câble pêcheur et des élingues,

Contrôles au montage

Ces contrôles sont à faire lors du montage et démontage de ligne. Ils sont visuels et permettent de vérifier :

- les usures des poulies lors du démontage ;
- les éventuels dommages aux câbles ;
- les éventuels dommages aux sangles d'arrimage ;
- les éventuels dommages aux pipes, sabot, tire-forts ;
- les éventuels dommages au chariot ;
- essai en charge au montage, juste après la programmation de la ligne.

B. Maintenance

La maintenance concerne quatre grands postes :

Pour le câble mât

Type	Entretien
Huile moteur	La vidange du moteur est à effectuer toutes les 500 heures ou 250 heures selon le constructeur
Huile hydraulique (bio ou non)	Toutes les 1 000 heures, une analyse de l'huile doit être réalisée. Prélever 0,25 L à envoyer à un laboratoire pour connaître l'état de l'huile. 3 possibilités : <ul style="list-style-type: none">• Les analyses sont bonnes : on continue avec cette huile pour à nouveau 1000 H• Les analyses sont moyennes : on filtre la totalité de l'huile• Les analyses sont mauvaises : on remplace l'huile en totalité
Liquide de refroidissement	La vidange du liquide de refroidissement se fait toutes les 1000 H, soit environ une fois par an.
Graissage standard pour les axes	Les graissages doivent se faire à chaque changement de ligne, principalement au montage de la suivante
Graissage spécial pour les roulements	
Kit de révision des filtres	Les filtres sont à remplacer toutes les 500 heures (moteur et hydraulique)

Pour la pelle et la tête d'abattage

Type	Entretien
Huile moteur	La vidange du moteur est à effectuer toutes les 500 heures ou 250 heures selon le constructeur
Huile hydraulique (bio ou non)	Toutes les 1 000 heures, une analyse de l'huile doit être réalisée. Prélever 0,25 L à envoyer à un laboratoire pour connaître l'état de l'huile. 3 possibilités : <ul style="list-style-type: none">• Les analyses sont bonnes : continuer avec cette huile pour encore 1000 H• Les analyses sont moyennes : on filtre la totalité de l'huile• Les analyses sont mauvaises : on remplace l'huile en totalité
Huile de réducteur	Effectuer la vidange toutes les 1000 heures
Liquide de refroidissement	La vidange du liquide de refroidissement se fait toutes les 1000 H, soit environ une fois par an.
Graissage standard pour l'axe	Effectuer les graissages toutes les 10 heures : 1 cartouche / jour pour la pelle 1 cartouche / jour pour la tête
Graissage spécial roulements	
Kit de révision des filtres	Remplacer les filtres toutes les 500 heures, que ce soit les filtres moteur et hydraulique

Pour le chariot

Type	Entretien
Huile de charriot ou huile « d'aviation »	On change les 5 L du réservoir toutes les 1000 heures
Huile hydraulique	Utiliser de l'huile HV 46, et compléter régulièrement
Galets	Vérifier des éventuelles fissures

Pour les câbles

Type	Entretien
A l'achat	Graisser les câbles à l'achat.
Nettoyage	Lorsque le câble est sale, nettoyer à sec et à froid, sans solvant ni produit de nettoyage. Manuellement ou avec une brosse métallique rotative.
Remplacement	Différentes durées de vie selon les câbles : <ul style="list-style-type: none">• câble porteur : 2-8 ans• Câble tracteur : 2-5 ans• Câble retour : 2-5 ans• Câble pêcheur : 1-2 ans

Rédacteur :

ISETA : Simon Grorod



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Florent Pedrini*

5.
GESTION
ÉCONOMIQUE
DES CHANTIERS

5.1	ÉLABORATION DU PRIX DE PRESTATION	177	5.2	BILAN ÉCONOMIQUE DE CHANTIER	189
A.	Principes	177	A.	Enregistrement des productions	189
B.	Les différents coûts	178	B.	Synthèse du chantier	189
	Généralités	178			
	Construction d'un coût technique	178			
	Calcul du coût de revient	180			
	Calcul de la marge commerciale	180			
	Chiffre d'affaires journalier objectif	180			
	Impact des paramètres	181			
C.	Productivité sur les chantiers	182			
	Phases de montage / démontage	183			
	Phase de production	183			
	Les critères de productivité	186			
D.	Prix de prestation	187			

5.1 Élaboration du prix de prestation

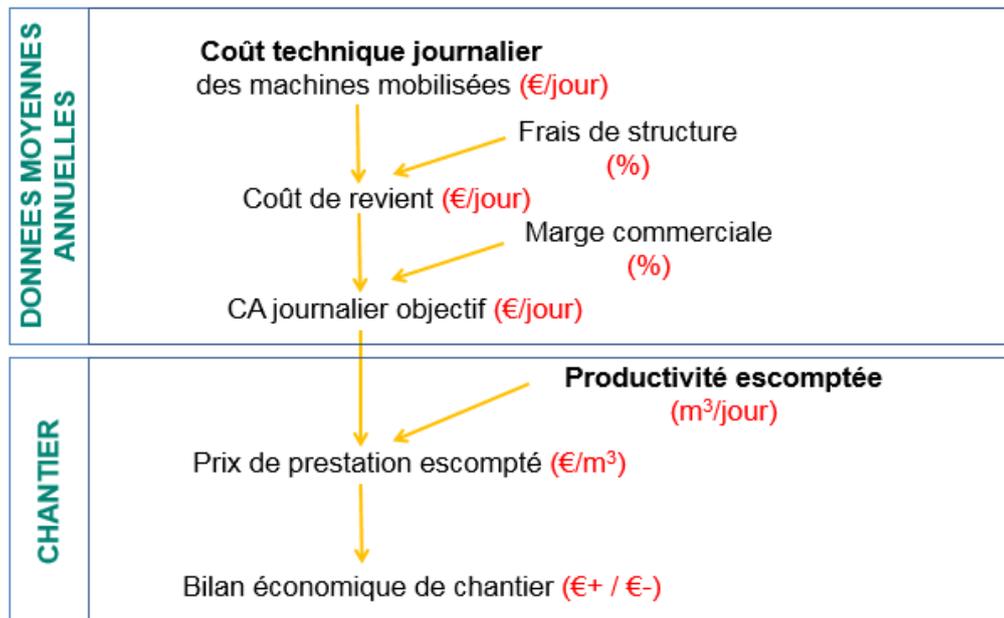
A. Principes

Pour une entreprise, l'élaboration de son prix de prestation est primordiale. Ce prix doit être le plus précis pour :

- Décrocher le marché par rapport à ses concurrents et maintenir un carnet de commandes plein ;
- Ne pas travailler à perte ;
- Sécuriser les finances de l'entreprise pour prévoir les investissements futurs ;
- Tenir compte de tous les paramètres de sécurité.

Pour déterminer son prix de prestation, 2 étapes sont nécessaires (voir figure ci-dessous) :

1. Calcul du coût de revient (et chiffre d'affaires journalier objectif) des machines et des hommes mobilisés, à partir de données annualisées ;
2. Définir la productivité globale escomptée pour chaque chantier. Elle peut s'établir par expérience, mais l'analyse détaillée sur le terrain en parcourant la surface à exploiter est plus performante. Un aperçu rapide depuis la route, associé au descriptif transmis est souvent insuffisant et économiquement risqué.



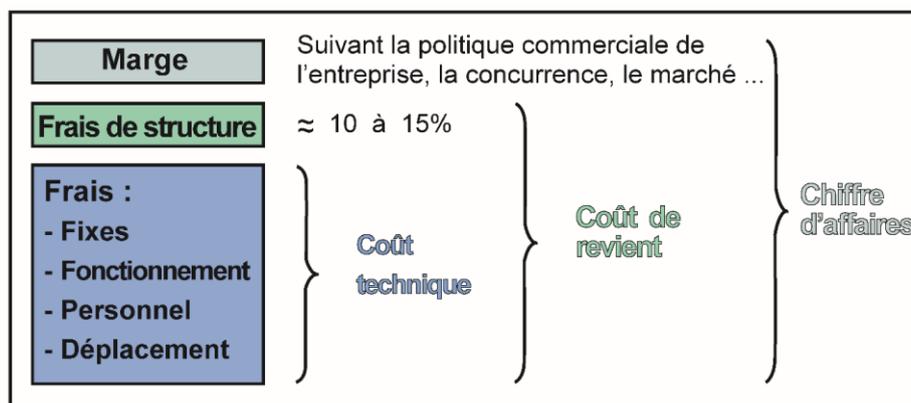
Les étapes de constitution d'un prix de prestation (Source : FCBA)

Il est donc capital pour une entreprise de définir au plus juste le coût technique des machines utilisées, et la productivité escomptée sur chaque chantier.

B. Les différents coûts

Généralités

Déterminer le coût technique permet d'établir son chiffre d'affaires objectif, en associant frais de structure et marge commerciale, comme le montre la figure ci-dessous :



Les différentes composantes d'un coût technique (Source : FCBA)

Toutes ces notions sont décrites dans les paragraphes suivants, et s'expriment en €/J ou €/m³.

Ces valeurs sont calculées à partir de données annualisées, tenant compte de l'ensemble des dépenses liées à l'usage des machines mobilisées.

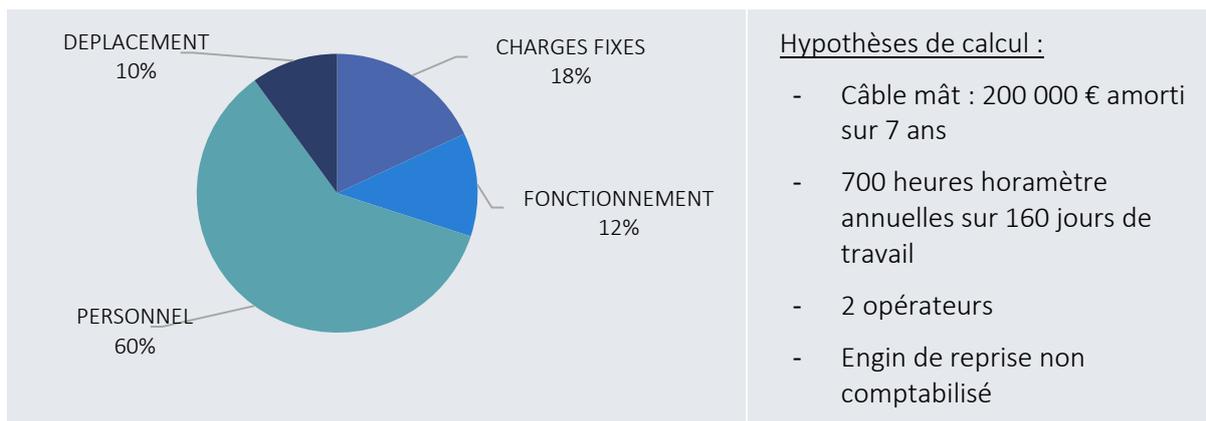
Construction d'un coût technique

Le coût technique représente le coût direct d'usage d'un matériel. Ce coût est composé de plusieurs postes : frais fixes, frais de fonctionnement, frais de personnel, frais de déplacement (voir tableau ci-dessous). Il n'intègre donc pas les coûts liés au fonctionnement de l'entreprise :

Frais fixes	Frais de personnel	Frais de fonctionnement	Frais de déplacement
<ul style="list-style-type: none"> • Amortissement • Assurance • Frais financiers 	<ul style="list-style-type: none"> • Salaires et cotisations • Divers (téléphone...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Carburant • Lubrifiant (moteur, hydraulique, chaîne, boggies...) • Pneumatiques et autres consommables (chaînes, guides, flexibles, boulonnerie, filtres...) • Entretien / réparation / SAV • Transport de la machine • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Voiture • Repas et nuitées • Primes de déplacement • ...

Composition des différents postes d'un coût technique (Source : FCBA)

Dans le débardage par câble aérien, malgré un investissement important (supérieur à 200 000 €), le poids des charges fixes est assez faible par rapport à l'importance des frais de personnel (voir graphique et tableau page suivante).



Exemple de décomposition du coût technique d'un câble mât (Source : FCBA)

	Répartition	€/an	€/Jour
Charges fixes	18 %	28 800	180
Fonctionnement	12 %	19 200	120
Personnel	60 %	96 000	600
Déplacements	10 %	16 000	100
TOTAL	100 %	160 000	1 000

Exemple de décomposition du coût technique d'un câble mât, en valeur (Source : FCBA)

Dans le calcul du coût technique, les valeurs à saisir sont des valeurs moyennes, lissées sur plusieurs années (si possible, sur la durée d'amortissement) pour tenir compte des variations, notamment des consommables. Le résultat s'exprime en €/an, ou en €/jour (en intégrant le nombre de jours de travail annuel).

Le calcul du coût technique doit être mis en œuvre pour toutes les machines intervenant sur le chantier, notamment en intégrant les engins de reprise.

A titre d'exemple, les données pour une pelle à chenille d'occasion équipée d'une tête de façonnage sont détaillées dans le tableau ci-dessous. À noter : aucun personnel n'est comptabilisé dans ce calcul, car l'opérateur est déjà intégré dans le calcul du coût technique du câble mât.

	Répartition	€/an	€/Jour (8h)	Hypothèses de calcul :
Charges fixes	77 %	30 800	193	<ul style="list-style-type: none"> - Pelle à chenille occasion + tête neuve : 150 000 € amorti sur 5 ans - 700 heures horamètre/an (160 jours de travail) - Aucun opérateur
Fonctionnement	23 %	9 200	57	
Personnel	0 %	-	-	
Déplacements	0 %	-	-	
TOTAL	100 %	40 000	250	

Exemple de répartition des coûts techniques d'une pelle d'occasion équipée d'une tête de façonnage (Source : FCBA)

En synthèse, en associant l'ensemble des machines mobilisées (câble mât + engin de reprise), le coût technique du débardage représente, avec les mêmes hypothèses de calcul :

- 200 000 €/an
- 1 250 €/Jour

Pour ce qui concerne la **Suisse**, les tarifs horaires du personnel sont plus élevés, ce qui a une influence notable sur les coûts de revient et sur la facturation. Par contre la façon de calculer est la même !

Calcul du coût de revient

Les frais de structure correspondent aux charges de l'entreprise et donc à son organisation : salaires du chef d'entreprise, des personnels de terrain (commis de coupe), des personnels administratifs (secrétariat, comptabilité), mais aussi les frais liés aux locaux (location, téléphone, électricité...). Ces frais varient généralement de 10 à 15 % du coût technique et ne doivent pas être oubliés.

L'ajout des frais de structure au coût technique aboutit à l'obtention du coût de revient, représentant l'ensemble des coûts générés par l'activité. Si l'entreprise travaille en dessous de ces coûts de revient, l'entreprise perd de l'argent !

Calcul de la marge commerciale

La marge correspond au montant que l'entreprise souhaite dégager pour solidifier financièrement l'entreprise, prévoir des investissements, renouveler du matériel, diversifier son activité... Cette marge est généralement comprise entre 0 et 20 % du coût de revient. C'est donc la variable d'ajustement dans l'élaboration du prix de prestation final.

Chiffre d'affaires journalier objectif

Sur un chantier de débardage par câble aérien, plusieurs machines et hommes forment un système d'exploitation et évoluent simultanément. Fréquemment, un bûcheron est intégré à l'équipe, et participe en plus de l'abattage, au montage et démontage des lignes. Dans le calcul économique, s'ajoute dès lors un opérateur, dont le coût technique calculé est de 250 €/J en France et d'environ 500 CHF/J en Suisse.

Le chiffre d'affaires objectif, intégrant l'ensemble des ressources mobilisées, peut se calculer comme dans le tableau suivant (valeurs françaises) :

	Coût technique (€/Jour)	Frais de structure (10%)	Marge (10%)	Chiffre d'affaires objectif (€/Jour)
Câble mât (+2 opérateurs)	1 000	100	110	1 210
Pelle + processeur (sans opérateur)	250	25	28	303
Bûcheron	250	25	28	303
TOTAL				1 815

Exemple de calcul du chiffre d'affaires journalier objectif en France (Source : FCBA)

Point de vigilance sur le chiffre d'affaire objectif

- Le CA objectif est une donnée moyenne, lissée sur l'année. Il s'ajuste dans certaines situations, notamment lorsque des dépenses complémentaires doivent être associées au chantier : frais d'hélicoptère, de terrassement, de reprise, d'installation de support artificiel ou de corps mort... ;
- D'autres prestations peuvent être demandées par le donneur d'ordre : tracé de ligne, cubage et tri des bois.... Ces coûts supplémentaires sont à intégrer dans le prix de prestation global ;
- La visite du chantier n'a pas été comptabilisée dans le calcul des coûts, mais pourrait l'être si de nombreuses sollicitations existent pour l'entreprise ;
- Ce chiffre d'affaires objectif doit être réalisé par l'entreprise en moyenne sur un chantier, afin d'assurer la pérennité de l'entreprise. Dans certaines situations (pénurie de chantier...) l'entreprise peut rogner sur sa marge, tout en cherchant à atteindre le coût de revient, c'est-à-dire l'ensemble des frais engagés. Travailler en dessous de son coût de revient doit être exceptionnel et réservé à des situations particulières (faire fonctionner les équipes et le matériel plutôt que de ne pas avoir d'activité). Quoi qu'il en soit, cette situation doit être compensée sur d'autres chantiers, pour atteindre le CA objectif sur l'année.

Impact des paramètres

Le coût technique journalier (et donc coût de revient et chiffre d'affaires) peut varier de façon importante selon certains paramètres :

- **Le nombre de jours de travail annuel** : travailler 20 jours de plus (en passant de 160 à 180 jours de fonctionnement par exemple) fait évoluer le coût technique journalier de 1000 €/J à 910 €/J, (voir critères précédents) soit environ 9 % de réduction du coût technique ;
- **Les frais de personnel** : ils ont également un impact fort. Cependant, au vu de la rareté des compétences et du faible nombre d'opérateurs, une entreprise peut choisir de maintenir des salaires élevés pour fidéliser son personnel productif et générer de l'attractivité pour le métier ;
- **Les frais de déplacement** : déplacer une équipe de câble loin du siège de l'entreprise se traduit par des frais d'hébergement et de transport supplémentaires et importants. La location de gîte est souvent pratiquée, mais reste contraignante et coûteuse. La recherche de chantiers de proximité est donc un facteur de réduction des coûts mais également de management social, en permettant au personnel de maintenir une vie extra professionnelle. À l'inverse, la recherche de chantier sur un périmètre plus large peut permettre d'assurer une activité plus régulière tout au long de l'année et donc d'amener un chiffre d'affaires supplémentaire ;
- **L'investissement matériel** : passer de 200 000 € à 350 000 € d'investissement fait augmenter le coût technique journalier de 1 000 à 1 100 €, généralement compensé par des gains de productivité.

L'élaboration du coût technique des machines est déterminant pour l'entreprise, qu'il soit journalier ou annuel, afin d'adapter au plus près son prix de prestation. C'est également un outil stratégique pour le chef d'entreprise qui, en faisant varier certains paramètres (durée d'amortissement, nombre de jours travaillés, frais de déplacement...), peut voir l'impact sur son coût et adapter ses choix en conséquence.

L'astuce du câbleur fûté

Calculer son coût technique

FCBA a **mis en ligne** un **outil** permettant de **calculer le coût technique** d'une machine (par an, par jour et par heure), avec les données propres à l'entreprise (qui ne sont accessibles qu'à l'entreprise, via une connexion individualisée et sécurisée).

Outre l'établissement du coût technique, cet outil permet de **faire varier les paramètres**, afin de voir l'impact de variation d'un critère sur le coût global (prix du gazole, des consommables, du nombre de jours de travail annuel...).

Le calculateur de coût technique est disponible sur : <http://outils-appro.fcba.fr/login>

Dans l'onglet « Aide », un **document de formation** explique en détail le fonctionnement de cet outil.

Comme pour de nombreux outils informatiques, les résultats doivent être évalués. Les **compétences de terrain des utilisateurs** permettent une meilleure fiabilisation dans la saisie et l'analyse des résultats.

C.Productivité sur les chantiers

Pour élaborer un prix de prestation, l'estimation de la productivité escomptée sur ce chantier spécifique est cruciale.

En effet, le débardage par câble aérien a une particularité : un temps d'installation et de démontage important. La connaissance des paramètres influençant la productivité est donc essentielle à l'élaboration d'un devis. Depuis plusieurs années, le câble mât se développe au détriment du câble long. Les éléments et notamment les données chiffrées évoquées ci-dessous ne concernent que le câble mât.

Base de données « Alpes du Nord » des chantiers câble aérien, 2013

- Constituée par FCBA lors de suivis de chantiers dans les Alpes du Nord ;
- Chantiers constitués majoritairement de gros bois résineux ;
- 80 lignes de câble enregistrées sur 34 chantiers réalisés pendant une année par 4 entreprises françaises.

Le détail des données est présenté en fin de chapitre.

Phases de montage / démontage

Ces temps improductifs ont un coût important. En effet, 3 opérateurs (2 câblistes et 1 bûcheron) sont généralement nécessaires pour l'installation. Pour ces phases, il est nécessaire d'intégrer dans les calculs le coût d'amortissement du matériel, même s'il est peu en fonctionnement.

L'analyse des chantiers suivis en 2013 dans les Alpes du Nord a permis d'identifier les principaux critères impactant les temps de montage :

- **La longueur de ligne**, même si l'usage d'un hélicoptère pour dérouler le câble porteur (parfois pratiqué en France) réduit ce temps (mais pas les coûts) ;
- **Le nombre de supports intermédiaires** (généralement limité à 3 en France pour des raisons économiques liées à un temps d'installation très important), chronophage et réduisant la vitesse du chariot ;
- **Le sens de débardage** (descendre le matériel et la cordine dans la pente est plus rapide et moins éprouvant que de les monter) ;
- **La présence d'un câble retour** nécessitant d'être installé en association à des jeux de poulies. Ce temps est parfois compensé par une vitesse de chariot supérieure qu'un chariot gravitaire ou automoteur.

À titre d'exemple, ces phases non productives représentent en moyenne 25 % du temps de présence sur les chantiers suivis dans les Alpes du Nord, soit 1.4 jours pour le montage, et 0.6 jour pour le démontage, sur une ligne moyenne de 410 m avec 1 support intermédiaire et un mât terminal. Le temps de montage d'un support est en moyenne de 0.5 à 1 jour à 2 opérateurs.

Dans le Massif Central, sur des lignes plus courtes (environ 200 m) sans supports intermédiaires (et parfois pas de support terminal, le câble porteur étant attaché directement à une souche généralement plus loin que la zone exploitée), les lignes peuvent être installées en 2 heures, réduisant fortement les coûts improductifs et par conséquent le prix de prestation.

L'évaluation des temps de montage / démontage de ligne est donc primordiale pour déterminer son prix de prestation.

Phase de production

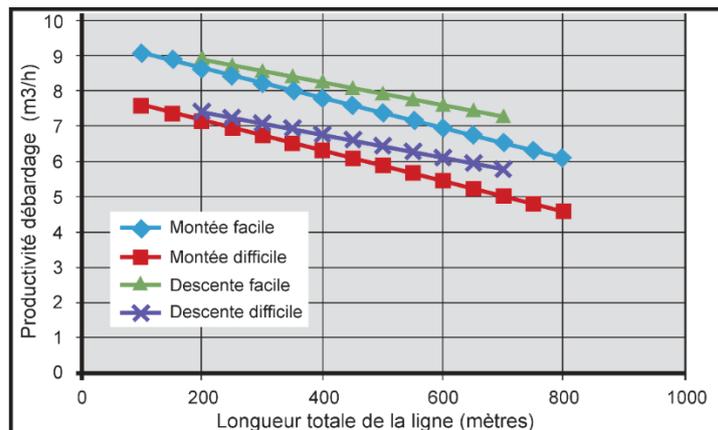
Cette phase, qui représente en moyenne 75 % du temps de présence sur le chantier, est cruciale pour l'économie de chantier.

Critères

Les principaux critères liés au chantier impactant les temps de production sont :

- **Longueur de ligne** : influence sur le temps de déplacement du chariot et le temps de cycle complet du chariot ;
- **Sens de débardage** : le cycle est plus rapide à la descente des bois ;
- **Difficulté d'accrochage** : c'est un facteur apparu récemment, qui consiste à prendre en compte la difficulté pour l'accrocheur à se déplacer sur le parterre de coupe. L'accrochage est considéré comme difficile lors de la présence de rochers ou d'éboulis, d'un volume de branches importants (coupes rases ou grosses trouées), d'une très forte pente, de neige, de tâches de régénération à préserver... ;
- **Vitesse du chariot** : à vide ou en charge, cette vitesse a un impact fort sur le temps de cycle, qui donne la cadence du système.

Les modèles de productivité établis pour les chantiers « Alpes du Nord » intègrent 3 de ces facteurs (le matériel étant similaire, la vitesse du chariot est très proche) :



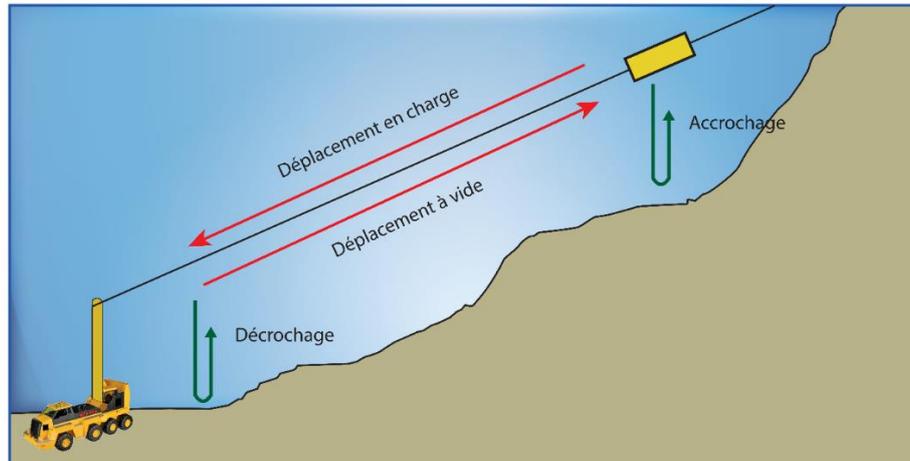
Productivité lors du débardage (Source : FCBA)

Dans cette phase de production, le chantier moyen correspond à :

- 6.5 jrs de production/ligne ;
- 60 m³/Jour (volume sur écorce, écart de 28 à 96 m³/Jour), ou 7.4 m³/heure de présence.

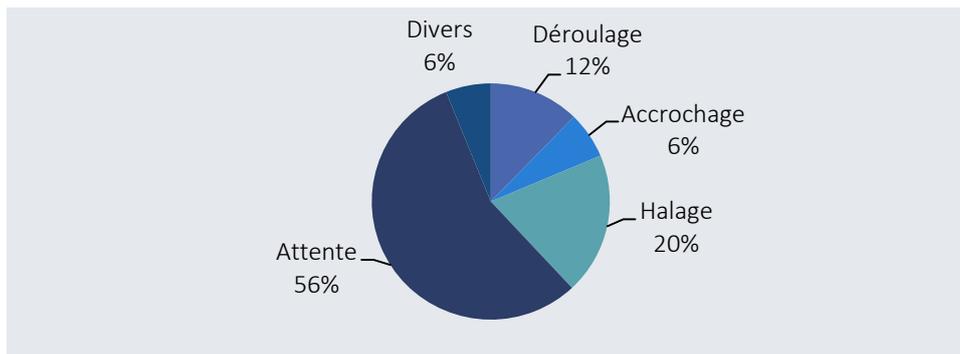
Cycle du chariot

Une fois la ligne installée, la cadence est déterminée par le cycle du chariot (10.7 minutes/cycle sur les lignes suivies), qui se décompose en plusieurs phases :



Les phases du cycle chariot, débardage à la descente (Source : FCBA)

- **Déplacement à vide** : la vitesse maximum est fournie par le constructeur, et varie en générale de 5 m/s (chariot automoteur) à 9 m/s (avec câble retour). Ces valeurs restent cependant théoriques, les vitesses mesurées sur chantier sont de 3.5 m/s en moyenne (amplitude de 1.7 à 4 m/s) ;
- **Accrochage** : Cette phase a un impact très fort sur la productivité. L'organisation du poste de travail d'accrochage et les compétences de l'accrocheur sont donc essentielles pour réduire ce temps d'accrochage et favoriser le départ du chariot le plus rapidement possible. L'accrocheur a souvent un temps d'attente important (voir graphique suivant, mesures effectuées sur l'un des chantiers « Alpes du Nord », pour un cycle moyen de 5.7 minutes), qu'il doit optimiser pour préparer la charge suivante et réduire ainsi les temps d'attente du chariot ;



Exemple de répartition de l'activité du poste d'accrocheur pour un cycle chariot de 5.7 minutes (Source : FCBA)

- **Déplacement en charge** : la vitesse est réduite dans cette phase, notamment au passage des supports et des barres rocheuses (passage d'une grume trainée au sol vers un état totalement suspendu au chariot). Cela limite les secousses et la tension dans le câble porteur (risque de dommages sur le matériel). La vitesse moyenne mesurée sur l'ensemble des chantiers est de 1.9 m/s (écart de 0.9 à 3.7 m/s) ;
- **Décrochage** : ce temps doit être le plus rapide possible pour permettre le départ rapide du chariot, et réduire les temps d'attente. L'usage de chokers à ouverture automatique apporte un vrai gain de temps durant cette phase, notamment pour un débardage à la montée.

La productivité du système est donc une association du temps de cycle de chariot et de la masse en charge sur ce dernier selon l'équation :

$$\text{Productivité journalière} = \frac{\text{Nb de cycles chariot}}{\text{Jours}} \times \text{Volume moyen de la charge}$$

Dans les chantiers suivis, dont le matériel utilisé a majoritairement une capacité de charge de 3 tonnes, le volume moyen débardé est de 1.6 m³ (soit une charge de 1,9 tonne évaluée en tenant compte des branches dans l'extraction d'arbres entiers). Cette « sous charge » se justifie par les secousses dans les charges lors du passage des supports ou de falaises (passage bois traîné vers bois suspendu) et la préservation du matériel.

Point de vigilance : la productivité est calculée au regard du volume réellement commercialisé, donc sans les branches !

Le volume unitaire moyen (VUM) : critère de productivité ?

- Dans les Alpes du Nord, les VUM sont généralement supérieurs à la capacité de levage des matériels (gros bois). Il est fréquent de devoir billonner les arbres avant débardage. Dans ce contexte, le VUM n'est pas apparu comme un critère déterminant ;
- Dans le Massif Central, les coupes suivies ont mobilisé des petits bois (VUM environ 0.5 m³), et les productivités mesurées sont comparables à celles des Alpes, avec cependant des conditions très différentes (faible longueur de ligne, peu de supports...) : le temps d'accrochage peut être plus important (pour rassembler 2 ou 3 arbres par exemple), mais est compensé par un cycle chariot très rapide ;
- Aucun suivi n'a été réalisé sur des chantiers extrêmes (grande longueur, très forte pente...) pour mobiliser des arbres de petit VUM.

Les chokers automatiques

Les **chokers à ouverture automatique** ont fait leur apparition en France en 2008. En 2017, quasiment une entreprise française sur 2 était équipée de ces chokers. En Suisse romande, quelques entreprises commencent à s'équiper en 2018.

Le suivi réalisé par FCBA a montré :

- Un gain important pour la **sécurité du décrocheur**, qui se tient à distance de la zone dangereuse, voire dans son engin de reprise. Les risques liés à la descente et à la montée dans les engins sont également réduits ;
- Une **réduction du temps de décrochage** et donc du temps global du cycle du chariot qui se traduit par un gain de 13 % de productivité sur le temps de présence sur le chantier suivi.

L'investissement (environ 9 000 €), la **fragilité** et le **temps associé à la maintenance, l'ajout de poids** pour l'accrocheur sont parfois des **freins** à leur utilisation, mais l'amortissement peut se faire sur moins de 6 mois compte tenu du gain de productivité mesuré. Plus d'informations sur www.fcba.fr.



Les chokers à ouverture automatiques (Source : FCBA)

Les critères de productivité

Les principaux critères impactant la productivité globale sont une combinaison des critères de chaque phase :

- Longueur de lignes ;
- Nombre de supports intermédiaires ;
- IPC (indice Prélèvement câble), qui met en relation le volume prélevé sur la ligne et la longueur de ligne installée (m^3/m linéaire). Ce critère, considéré depuis quelques années comme prépondérant, n'apparaît plus aujourd'hui comme l'unique critère déterminant, car des chantiers avec de faibles IPC peuvent être rentables si les autres critères sont favorables ;
- Masse en charge.

À tous ces critères, il faudra ajouter les éventuelles contraintes externes au chantier (typologie du terrain, organisation de chantier) pouvant avoir un impact fort sur la productivité moyenne :

- Conditions d'accès (qualité de la route, longueur...) et d'installation du matériel (dimension et organisation de la place de travail, présence d'arbres d'ancrage vs systèmes artificiels...);
- Retard du bûcheronnage nécessitant l'arrêt du débardage : ce point peut être limité par une bonne organisation au sein de l'entreprise ;
- Engorgement de la place de dépôt par manque de moyens logistiques ou de conditions météorologiques défavorables limitant l'accès des camions : la planification avec l'acheteur est donc essentielle.

Dans les chantiers « Alpes du Nord », la productivité globale moyenne, intégrant montage, démontage et changement de ligne, était de 45 m³/Jour (écart de 26 à 71).

D. Prix de prestation

Le calcul du prix de prestation objectif est la combinaison du chiffre d'affaires objectif et de la productivité globale escomptée sur un chantier particulier, selon l'équation :

$$\text{Tarif de prestation objectif} = \frac{\text{Chiffre d'affaires objectif}}{\text{Productivité globale escomptée}}$$

Annotations :
 - L'unité de mesure du numérateur est €/Jour.
 - L'unité de mesure du dénominateur est m³/Jour.
 - L'unité de mesure du résultat est €/m³.

Le tableau page suivante illustre, sur la base des mêmes données françaises que précédemment, la variation du prix de prestation selon la productivité escomptée :

Variation du prix de prestation pour l'abattage et le débardage au câble mât							
Chiffre d'affaires objectif (€/J)	1 815						
Productivité journalière escomptée avec montage / démontage (m ³ /J)	30	35	40	45	50	55	60
Prix de prestation objectif (€/m ³)	61	52	45	40	36	33	30

Variation du prix de prestation selon la productivité escomptée (Source : FCBA)

Points de vigilance

- Le prix de prestation objectif n'est pas toujours le prix de prestation contractualisé. En effet, ce dernier est la résultante d'un accord commercial entre 2 parties. Il est donc une synthèse entre un prix calculé par l'entreprise (CA objectif) et la relation commerciale entre les 2 parties (besoins de chacun en bois ou en nombre de chantiers, disponibilité de l'entreprise...)
- Dans cette négociation, il est fondamental pour l'entreprise de ne jamais baisser son prix en dessous de son coût de revient, pour ne pas travailler à perte.

Établir son prix de prestation

L'élaboration du **prix de prestation** de manière **précise, fine** et **argumentée** est un élément essentiel pour la pérennité des entreprises. De plus, en étant adaptée aux spécificités du chantier, elle facilite son **acceptabilité** et sa **compréhension** par le propriétaire forestier et le donneur d'ordre.

FCBA a mis en ligne un outil de calcul du prix de prestation de débardage par câble aérien : **e-peccable**.

À partir des **données de chantier** (longueur des lignes, volume total, nombre de supports...), cet outil détermine les **productivités attendues** sur le chantier, en précisant les **temps** de montage, de démontage et de production.

En ajoutant les **coûts techniques** des machines calculés et les éventuels **coûts supplémentaires, e-peccable** permet de déterminer également le **coût technique global** pour le chantier spécifique. Il ne reste plus qu'à ajouter les **frais de structure** et la **marge commerciale** pour obtenir le **prix de prestation attendu**.

Points de vigilance :

- Cet outil est issu d'un **modèle** de productivité construit sur des données réelles de terrain, mais ne prétend pas établir une valeur absolue, c'est pourquoi des **fourchettes de valeur** sont proposées ;
- Cet outil doit pouvoir servir **d'éléments de dialogue** entre les parties, en discutant des paramètres saisis ;
- Les données pour établir le modèle sont issues de chantiers dans les Alpes du nord, caractérisées par des **pentés fortes** (moyenne = 53 %), sur des **longueurs de ligne importantes** (moyenne = 410 m) et pour des **gros bois résineux** (moyenne = 1.7 m³). Cet outil n'est donc pas valable dans des conditions différentes.

L'outil est disponible sur : <http://outils-appro.fcba.fr/epeccable>.

Sur le même site, un autre outil permet de déterminer le coût de fonctionnement de toutes les machines.

En Suisse, l'outil **Hepromo** permet de réaliser les mêmes calculs selon les données spécifiques aux conditions helvétiques.

L'outil est disponible sur :

https://www.waldwissen.net/technik/holzernte/kalkulation/wsl_hepromo/index_FR

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

5.2 Bilan économique de chantier

A. Enregistrement des productions

Garder en mémoire les données techniques et financières des chantiers passés permet à l'entreprise de mieux connaître la productivité réalisée sur un chantier selon les paramètres de terrain.

Lors de l'élaboration d'un devis, cette mémoire offre la possibilité à l'entreprise d'affiner l'estimation des productivités escomptées et d'établir un prix de prestation au plus juste.

La Fiche Technique n°20 propose un modèle d'enregistrement des productions.

B. Synthèse du chantier

En fin de chantier, il est important de comparer le chiffre d'affaires objectif et le chiffre d'affaires effectivement réalisé. Cela permet d'analyser ces différences, de les comprendre, et d'en tenir compte dans l'élaboration des devis futurs.

Les principaux facteurs d'écarts constatés sur les chantiers réalisés sont :

- **Des interruptions de chantier :**
 - Retard du bûcheronnage nécessitant l'arrêt du débardage ;
 - Saturation de la place dépôt due à une défaillance de la logistique transport ;
 - Pannes matérielles ;
 - Accidents / maladie ;
 - Intempéries.
- **Une productivité effective réduite :** l'estimation de la productivité attendue étant complexe, des écarts peuvent se créer par la prise en compte insuffisante de certains paramètres ou d'estimations erronées :
 - Variations entre le Volume total estimé et le Volume réel (IPC plus faible que prévu) ;
 - Vitesses de chariot réduites (nombreux sauts de falaise, pente forte...) ;
 - Insuffisance de la place de dépôt, le décrocheur devant allonger ses distances de dépose ce qui ralenti de fait le cycle global du chariot.

Certains facteurs sont liés à l'entreprise, qui doit en tenir compte pour améliorer la planification de ses chantiers et de son organisation. D'autres facteurs sont liés au donneur d'ordre ou au client final, par manque d'organisation globale du chantier. L'amélioration de l'efficacité passe alors par une bonne communication et coordination entre l'ensemble des acteurs. Par exemple, une mauvaise coordination :

- Avec le bûcheronnage en particulier sur les directions d'abattage peut faire perdre du temps à l'accrocheur et faire chuter la productivité globale du chantier ;
- Avec le transporteur peut entraîner un arrêt du chantier par manque de place au dépôt.

Cette préparation permet souvent de maintenir une bonne productivité et un chiffre d'affaires réel au plus proche du CA objectif.

Rédacteur : FCBA : Paul Magaud

Données moyennes des chantiers « Alpes du Nord » suivis en 2013

34 chantiers ont été suivis, soit 80 lignes de câble, dans 4 entreprises françaises.

Projet Alpine space NEWFOR

Synthèse des conditions d'exploitation

	Sens débardage	Longueur cable jusqu'à ancrage	Distance de débardage	Nbr supports par ligne	Distance de halage	Type de coupe	Volume sur écorce	IPC	VUM	Pente moy	Dévers	Altitude moy	Rotation camion
Moyenne	54% à la descente	414 m	221 m	1,1	12	75% coupe jardinatoire	361 m³	0,9 m³/ml	1,7	53%	10%	1241 m	34% rotation insuffisante des camions
<i>mini</i>	46% à la montée	130		0	5	25% coupe rase	111	0,4	0,5	10	0	630	
<i>maxi</i>		755		4	20		970	2,3	4,2	90	60	1870	

Synthèse des temps de production concernant 34 chantiers et 80 lignes suivies

	Longueur cable jusqu'à ancrage	Volume sur écorce	Temps total passé par ligne		Productions		Montage de la ligne		Débardage sur la ligne		Démontage de la ligne		Vitesse chariot		durée cycle	Prix prestation m ² sous écorce
			Nb de jours	H. présence équipe	par jour déb.	par jour avec chgt ligne	Nbr de jours	H. présence	Nbr de jours	H. présence	Nbr de jours	H. présence	Nbr de jours	H. présence		
Moyenne	414 m	361 m³	8,5	75 h	60 m³/j.	45 m³/j.	1,3	11 h	6,6	58 h	0,6	5,4 h	3,5 m/s	1,9 m/s	10,7 min	43 €
<i>mini</i>	130	111	2,5	23,5	28	26	0,4	2,5	1,7	16	0,2	1	1,7	0,9	4,1	35
<i>maxi</i>	755	970	22,0	202	96	71	5,0	51	18,0	171	2	20	5,7	3,7	23,1	53

6.
SPÉCIFICITÉS
D'UNE
ENTREPRISE
CÂBLISTE

6.1	TYPLOGIE DE L'ENTREPRISE	193	6.4	MAIN D'ŒUVRE	201
A.	Entreprises « mono activité »	193	A.	Besoins de Main d'œuvre	201
B.	Entreprise multi-câbles et / ou multi-activités	194	B.	Coût de la Main d'œuvre	202
6.2	SAISONNALITÉ	196	6.5	TRÉSORERIE ET BESOIN EN FONDS DE ROULEMENT	203
6.3	ACHAT DU MATÉRIEL	197	6.6	CAPITAUX PROPRES	205
A.	Amortissement	197	6.7	STATUTS PROFESSIONNELS	207
	Définition	197	A.	Entrepreneur de Travaux Forestiers (ETF)	207
	Pour un câble mât	198	B.	Exploitant Forestier (EF)	208
	Pour une pelle	198			
	Pour une tête de façonnage	198			
B.	Aides à l'investissement	200			

6.1 Typologie de l'entreprise

Un état des lieux franco-suisse réalisé en 2017 montre de fortes disparités au sein des entreprises.

En France, forte variation du nombre d'entreprises : entre 2008 et 2017 (10 ans), 12 entreprises se sont créées, et 11 ont disparu, sur un total de 20 entreprises réalisant cette activité, parfois à temps partiel. Cette évolution montre bien la difficulté de développer et de pérenniser cette activité complexe. De plus, ces créations et dépôts de bilan ont un coût important : création d'entreprise, parfois avec un accompagnement externe, subvention à l'investissement matériel, difficultés d'équilibrer son activité (généralement les 2-3 premières années). Les entreprises câblistes françaises sont généralement des entreprises unipersonnelles.

En Suisse romande, sur la même période, il y a eu 3 créations d'entreprise et aucune disparition, pour un effectif de 23 entreprises en 2017.

	France	Suisse romande
Nombre d'entreprises en 2017	20	23
Volume annuel récolté par câble (m ³ /an)	85 000	300 000
Volume moyen annuel par entreprise (m ³ /an)	4 600	9 500
Activité	Diversifiée	Centrée sur le câble
Entreprises possédant plus de 2 équipements câble (%)	33 %	61 %

Typologies des entreprises de débardage par câble en France et en Suisse Romande (Source : FCBA)

Comparer la structuration et l'activité au sein des entreprises dans les 2 pays est très révélateur et montre bien qu'un des éléments de la pérennité des entreprises passe par leur structuration.

A. Entreprises « mono activité »

Au sein de ces entreprises, le chef d'entreprise est l'homme clé, multitâches et garant de l'ensemble des compétences. Il est à la fois opérateur (généralement dans l'engin de reprise, poste clé réalisant le tri et donc la valorisation des produits) et gestionnaire de son entreprise, poste qui requiert des compétences multiples complexes à acquérir :

- Techniques : maîtrise de tous les postes techniques pour un bon déroulement de l'activité ;
- Économiques et commerciales : réalisation des devis, calcul des coûts de ses matériels et de leur fonctionnement ;
- Humaines : recherche, identification, formation et maintien de son personnel ;
- Gestion : suivi technique et économique d'activité, gestion d'entreprise, relation avec ses fournisseurs (matériels, comptable, banques), relation avec ses clients, stratégie de développement.

L'ensemble de ces activités demande de grandes ressources personnelles, associées à un investissement en temps. Pour faciliter la gestion, l'association avec un fournisseur de chantier (donneur d'ordre) est envisageable, avec toutefois un risque important en cas de défaillance de ce dernier.

Au sein de ces structures, le fonctionnement avec du matériel amorti permet de limiter la dépendance aux investissements et apporte de la souplesse au caractère saisonnier de l'activité. Toutefois, le risque de panne peut être très préjudiciable au fonctionnement en période où l'activité devrait tourner à plein régime.

De plus, la concentration de nombreuses actions et choix stratégiques peut fragiliser ces structures en cas de défaillance de cet homme clé qu'est le chef d'entreprise.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Investissements limités à un seul équipement	Temps de gestion en plus des temps de production
Gestion technique et humaine plus simple (peu de personnel, partage de l'activité avec le personnel)	Peu de temps à consacrer à l'organisation du chantier et contacts externes, à la gestion commerciale, au SAV
Contrôle permanent par le chef d'entreprise (achat du matériel, usage, maintenance, activité...)	Besoin de nombreuses compétences personnelles
Activité centrée sur un territoire « proche »	Fragilité en cas de défaillance (accident, maladie) du chef d'entreprise (homme clé)

Avantages et inconvénients des entreprises « mono-activité » (Source : FCBA)

B. Entreprise multi-câbles et / ou multi-activités

Certaines entreprises plus importantes en nombre et en activité sont structurées différemment : le chef d'entreprise est avant tout le gestionnaire de l'activité. Il réalise de nombreuses tâches avec l'objectif principal de faciliter l'activité de production pure : recherche de chantiers, réalisation des devis, gestion et suivi de la facturation, gestion des employés et de leur évolution, approvisionnement en matériel et consommables, gestion du service après-vente en cas de panne matériel.... De plus, le chef d'entreprise a généralement la capacité de remplacer un opérateur manquant (maladie, accident) pour assurer la production. Sa fonction est d'être un soutien, un service support, et non un élément clé de la production.

Cette organisation nécessite d'étendre le périmètre d'action, pour fournir suffisamment de chantiers, et de mettre en place une organisation logistique performante. La diversité des activités permet de mieux répartir les amortissements matériels (renouvelés régulièrement et supportés par l'ensemble des activités) et de compenser le manque d'activité passager par d'autres activités sans mettre l'entreprise en péril.

Avec un volume d'activité plus important, l'entreprise doit également étoffer et diversifier son réseau de clients, et augmenter sa trésorerie pour prendre en compte l'ensemble des dépenses (fonctionnement, salaires...).

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Meilleure réactivité en cas de panne ou absence d'un opérateur	Le chef d'entreprise n'est pas « productif » : il doit financer son salaire par l'activité des matériels
Force commerciale plus performante	Compétences du chef d'entreprise différentes de celles d'un opérateur
Diversification d'activités : permet de compenser un manque à gagner d'une machine (peu de chantiers, manque de personnel) par d'autres systèmes	Nécessite de générer suffisamment d'activité pour faire fonctionner l'ensemble des machines de l'entreprise
	Besoin de trésorerie plus important
	Nécessite le maintien d'une main d'œuvre compétente et stable

Avantages et inconvénients des entreprises « multi-activité » (Source : FCBA)

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

6.2 Saisonnalité

Le débardage par câble est une activité se pratiquant aujourd'hui majoritairement dans les forêts de pente, donc généralement en montagne, où les contraintes météo hivernales sont des freins à l'activité. Ce n'est pas tant la neige ou le froid qui perturbent les équipes, mais les difficultés d'accès au chantier pour évacuer les produits par les camions.

Les câbles fonctionnent en général aujourd'hui sur 8 à 10 mois d'activité, pour environ 160 jours de travail annuel (mars à décembre). Certaines entreprises étendent leur rayon d'action en hiver, sur des chantiers de basse altitude accessibles, lorsqu'ils existent. Certains salariés sont également en emploi saisonnier dans les stations de sports d'hiver et non disponibles pour ces chantiers d'hiver.

Cette période creuse hivernale complexifie la gestion de l'activité et les choix stratégiques du chef d'entreprise, avec de nombreuses conséquences :

- L'amortissement du matériel sur 160 jours au lieu de 220 jours de travail annuel augmente les coûts de fonctionnement et donc le prix de prestation ;
- 4 à 5 mois d'autres activités saisonnières des salariés, alors indisponibles lorsque le chef d'entreprise aurait besoin d'eux. L'annualisation des temps de travail (grosses journées de travail estival) n'est qu'une réponse partielle et potentiellement risquée vis-à-vis de la santé des opérateurs (fatigue accrue) ;
- Manque d'approvisionnement de bois des scieries locales en période hivernale.

Idéalement, toute entreprise chercherait à développer son activité sur toute l'année (12 mois, 220 jours de travail effectif), pour stabiliser son activité :

- Cette organisation est envisageable dans les massifs peu enneigés de moyenne montagne (Massif Central, Vosges) ;
- En montagne, la recherche des chantiers d'hiver en plus basse altitude est une clé de réussite. Les propriétaires forestiers doivent participer à cette offre, mais les entreprises ont également la possibilité de se créer leurs propres chantiers d'hiver, par un démarchage proactif et le développement d'une activité de négoce (achat et revente de bois), certes plus faciles à mettre en œuvre dans une structure étoffée aux multiples compétences ;
- Cette organisation permet de fidéliser son personnel qui n'a plus à rechercher un complément d'activité hivernale ;
- Le développement des chantiers en zones sensibles pourrait créer des chantiers en basse altitude.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

6.3 Achat du matériel

Comme dans la majorité des activités, la création d'un outil de production passe par l'investissement dans du matériel moderne qui va générer à terme un gain économique pour l'entreprise.

Le montant de l'investissement (de l'ordre de 500 000 € pour un système câble complet) et sa durée d'amortissement doivent être bien étudiés et en lien avec les objectifs du chef d'entreprise pour ne pas mettre en péril la pérennité de l'entreprise.

A. Amortissement

Définition

L'amortissement d'un matériel est à dissocier des remboursements de l'emprunt lié à son acquisition (financement des traites mensuelles définies par rapport à la capacité de remboursement de l'entreprise). Même si les durées affichées sont souvent similaires, la durée d'amortissement est généralement estimée par rapport à la capacité de production d'une machine : c'est une écriture comptable qui répartit l'achat initial sur une durée d'usage, donc avec une durée de vie théorique estimée.

Le choix de cette durée est capital pour l'entreprise :

- Avec une durée courte, l'amortissement a un poids fort sur le bilan de l'entreprise, pouvant générer un résultat négatif et défavorable au fonctionnement de l'entreprise (négociations bancaires, image dégradée...), alors que les données de production sont performantes ;
- Avec une durée trop longue, le risque de disparition du matériel (matériel obsolète) avant la fin de son amortissement comptable peut « fausser » les résultats de l'entreprise : l'entreprise affiche un amortissement sur du matériel qui n'existe plus et ne produit plus. Inversement, lors des premières années, les bénéfices affichés ne tenaient pas compte de l'usure réelle du matériel.

Pour limiter ces effets, la durée d'amortissement doit être définie pour chaque investissement et chaque type de matériel.

Dans le cas du matériel de débardage par câble aérien, la durée de vie est généralement supérieure aux autres matériels d'exploitation forestière (machine de bûcheronnage, porteur), car le matériel (mât) souffre moins (matériel statique composé majoritairement de treuils mécaniques). Les engins de reprises sont soumis à plus d'usure, mais ont des taux d'utilisation assez faibles (de l'ordre de 50 %).

Toutefois, il est important d'aborder l'achat du matériel dans une vision de durée, la bonne qualité du matériel étant un gage de pérennité et de sécurité de l'activité.

Pour un câble mât

Le coût d'acquisition d'un câble mât est variable allant de 60 000 € (petit mât sur tracteur agricole) à 500 000 € (camion intégré).

Généralement la durée d'amortissement du matériel est de 7 ans, pouvant être réduite à 5 pour les petits matériels montés sur tracteurs agricoles. Les pannes étant réduites sur ces matériels, le matériel est généralement en bon état de production après 7 années de fonctionnement (environ 5 000 heures).

Un exemple de variation de montant d'amortissement est illustré dans le tableau ci-dessous :

Prix d'acquisition (€)	Amortissement sur 7 ans (€/jour)	Amortissement sur 5 ans (€/jour)
200 000	105	150
350 000	184	264
500 000	264	377

Montant des amortissements journaliers en fonction des montants d'acquisition et des durées d'amortissement, pour un fonctionnement sur 700 h annuelle (Source : FCBA)

Pour une pelle

La pelle TP (pelle rétro) est l'engin de reprise généralement plébiscité par les entreprises de débardage par câble. L'offre sur le marché de l'occasion est très importante, pour des matériels sur chenilles ou pneumatiques.

Le choix d'acquisition d'un matériel neuf ou d'occasion revient au chef d'entreprise. Ces matériels très robustes tombent peu en panne, et ont une grande durée de vie, ce qui permet d'envisager leur revente facilement en cas de difficultés dans l'entreprise.

Les durées d'amortissement sont donc calculées en conséquence et sont généralement de 5 ans pour du matériel d'occasion, et de 7 ans pour du matériel neuf.

Pour une tête de façonnage

La tête de façonnage, très fréquemment utilisée, est un organe qui est très sollicité et peut se dégrader assez rapidement. Malgré un entretien régulier, et le changement de certaines pièces d'usure (couteaux, rouleaux, molettes de défilement, capteurs ...), sa durée de vie est généralement limitée et doit être renouvelée régulièrement.

Sa durée d'amortissement est généralement de 4 000 heures, ce qui correspond à une durée de 4 à 7 ans selon l'utilisation par les entreprises câblistes (certaines entreprises réalisent des chantiers d'abattage mécanisés l'hiver, lorsque le câble aérien ne peut pas fonctionner !).

L'astuce du câbleur fûté

Assurer les hommes et les matériels

Le débardage par câble aérien est une activité à **risques** pour le matériel et pour les hommes, générant de fréquentes **interruptions de chantier**. L'arrêt d'une équipe lié à une défaillance du système (panne machine, accident et arrêt de travail) génère une **perte de Chiffre d'Affaires** importante pour l'entreprise. Diverses **protections** existent (assurances matériel et homme clé, protections juridiques) permettant de limiter les pertes financières en cas d'incident.

Ces **assurances** représentent un vrai **poste d'investissement** pour l'entreprise, et dans sa stratégie de développement.

L'astuce du câbleur fûté

Gérer son amortissement

Il est capital pour un bon équilibre financier de bien choisir sa **durée d'amortissement** du matériel.

- Si ce temps est **trop court**, l'amortissement a un poids trop fort dans l'activité, ce qui augmente artificiellement le coût technique de production ;
- Si ce temps est **trop long**, il existe un risque de disparition du matériel avant la fin de l'amortissement, et un calcul de coût technique inférieur à ce qu'il devrait être.

Quel que soit la durée choisie, il est capital pour l'entreprise de **ne pas baisser ses prix** de prestation en fin de période d'amortissement. Cela permet :

- De rester dans les prix de marché pour les prestations ;
- De générer des réserves permettant un renouvellement futur du matériel ou le financement d'un nouveau matériel ;
- D'augmenter sa marge et les gains de l'entreprise.

B. Aides à l'investissement

En **France**, des subventions existent lors de l'acquisition de matériel par les entreprises. Elles sont mises en œuvre par les Conseils Régionaux (en général financement européen FEADER, mesure 8.6).

Les taux de financement, ainsi que les assiettes de calculs, sont définis au sein de chaque région, et correspondent généralement à un financement de l'ordre de 30 à 40 % d'aides, sur la base d'une assiette d'éligibilité plafonnée très variable (50 000 à 300 000 €). Certaines régions financent également le matériel d'occasion. Ces financements sont généralement à prendre en compte dans les règles de calcul des MINIMIS, plafond de subvention possible pour les entreprises sur une durée déterminée. Certaines exigences peuvent être demandées lors de l'attribution : embauche de personnel et création d'emploi, engagement dans la gestion durable de type PEFC, utilisation d'huile hydrauliques bio, bonus pour la mobilisation de bois énergie.

En **Suisse**, il existe un prêt FIF (Fonds d'Investissements Forestiers) sans intérêts, mais les conditions d'acquisition sont complexes pour justifier minutieusement l'investissement.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

6.4 Main d'œuvre

A. Besoins de Main d'œuvre

Comme dans de nombreuses entreprises, la main d'œuvre est l'élément clé. Dans une entreprise câbliste, ce besoin est exacerbé car les compétences nécessaires sont nombreuses pour cette activité. De plus, c'est une activité peu développée, peu connue et peu attractive par son caractère physique et dangereux. Le recrutement d'opérateurs compétents est donc fondamental pour un positionnement dans le temps de l'entreprise.

Le socle de compétences de tous les opérateurs en entreprises câblistes est identique :

- Sens des responsabilités et du travail en extérieur ;
- Maîtrise de l'abattage directionnel de gros bois en pente (techniques de coupe, assistance treuil, coins, crics...);
- Façonnage de gros bois en sécurité en pente ;
- Maîtrise des techniques de grimpe en hauteur et des pratiques de sauvetage sur fût ;
- Excellente condition physique ;
- Sang-froid, calme, savoir être ;
- Goût de l'aventure, du risque ;
- Sécurité ;
- Organisation de chantier ;
- Notions d'économie et de productivité minimales et journalières ;
- Communication radio.

En plus de ce socle de base, d'autres savoir-faire et savoir-être sont nécessaires en lien avec le poste exercé :

- **Gestionnaire du câble (décrocheur)** : mécanique, conduite d'engin (pelle, porteur, grue), cubage et tri des produits ;
- **Accrocheur en forêt** : techniques de découpe et débusquage sur bois abattu, vivacité.

La formation continue associée doit également être favorisée pour maintenir et développer ces compétences.

B. Coût de la Main d'œuvre

Les données évoquées ici sont valables en France. Les valeurs sont variables au sein d'une entreprise, selon les temps de travail, la saisonnalité et le nombre de jours de travail annuel, les primes diverses (déplacement, repas...).

Les compétences nécessaires étant spécifiques, les opérateurs peuvent être considérés comme des personnels qualifiés, qu'il faut rémunérer à leur juste valeur.

En France, pour un salaire incitatif entre 2 000 et 2 500 € net mensuel, le coût total (charges incluses) pour l'employeur avoisine les 4 500 € mensuels, soit environ 30 à 32 €/Heure. Ces montants évoluent selon les situations : annualisation du temps de travail, heures supplémentaires, contrats saisonniers... À cela il faut ajouter les déplacements du personnel (véhicule, éventuelle indemnité), les vêtements de sécurité, les repas, les formations... Compte tenu de ces autres coûts, le coût total d'un opérateur pour l'entreprise peut être évalué à environ 6 000 €/mois toutes charges comprises.

En Suisse, le salaire de base d'un câbleur varie entre 4500 et 5000 CHF net/mois. 12% supplémentaires sont ajoutés comme charges pour l'employeur. Les coûts horaires sont facturés entre 55 et 65 CHF/Heure.

L'astuce du câbleur fûté

Gérer le personnel

La main d'œuvre qualifiée pour le débardage aérien étant **rare**, le chef d'entreprise doit porter une attention particulière au **recrutement** et au **maintien de la stabilité** des équipes. Quelques solutions peuvent être évoquées :

- **Rester en veille** sur les bûcherons susceptibles d'évoluer vers un métier de câbleur ;
- Offrir des **salaires élevés et attractifs** (supérieur à 2 000 € net en France) ;
- Fournir de **bonnes conditions de travail** (conditions matérielles, ambiance de travail, reconnaissance, confiance) ;
- Favoriser **la rotation des postes de travail** pour diversifier et responsabiliser ;
- **Favoriser l'implication** dans l'entreprise : responsabilités, participation financière à l'entreprise (prise de parts), intéressement....

L'engagement de l'entreprise envers ses salariés requiert beaucoup de savoir-être. Conforter les salariés au sein de l'entreprise dans une ambiance de travail **conviviale** et **productive** est une des clés du succès des entreprises câblistes.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

6.5 Trésorerie et besoin en fonds de roulement

La trésorerie est l'ensemble des liquidités disponibles (sur le compte en banque) pour payer les factures (salaires, charges, dépenses de fonctionnement).

Cette disponibilité doit donc correspondre aux prévisions de dépenses et de recettes, généralement mensuelles. En cas d'insuffisance, des emprunts (souvent coûteux) peuvent être nécessaires pour financer cette trésorerie.

Remarque : les valeurs affichées par la suite donnent des grandes masses des dépenses et recettes et ne peuvent être prises pour « argent comptant ». Elles sont à adapter à chaque entreprise, en fonction des matériels, des hommes, des volumes produits et des prix de prestation pratiqués.

Le tableau ci-dessous donne un exemple du besoin en trésorerie d'entreprise en France ayant investi :

- 200 000 € dans un câble mât (amortissement 7 ans) ;
- 150 000 € dans une pelle d'occasion équipée d'une tête de bûcheronnage neuve (amortissement 5 ans).

Cette entreprise fonctionne avec 3 hommes (1 bûcheron, 1 accrocheur et 1 décrocheur) sur 160 jours productifs annuels.

Toutes ces valeurs constituent le coût technique et tiennent compte des coûts complets, incluant les amortissements, les consommables, les frais de fonctionnement et de déplacement des hommes et des machines, les salaires et les charges.... Il faut également ajouter les frais de structure de l'entreprise (environ 10 %).

	Coût annuel (€/an)	Coût mensuel 12 mois (€/mois)	Coût mensuel 10 mois (€/mois)
Câble mât	45 000	3 750	
Pelle équipée d'une tête de bûcheronnage	45 000	3 750	
3 hommes : 1 bûcheron, 1 accrocheur et 1 décrocheur	180 000		18 000
Frais de structure (10 %)	27 000	2 250	
Total	300 000		

Besoin de trésorerie d'une équipe câbliste française (Source : FCBA)

Compte tenu de la saisonnalité de l'activité, de nombreuses entreprises n'embauchent leurs salariés que sur 10 mois, ce qui crée un besoin de fonds de roulement (BFR) irrégulier.

Ainsi, sur les 10 mois d'activité, le besoin en fond de roulement est estimé à 28 000 € par mois, alors qu'il n'est que de 10 000 € pendant les 2 mois de trêve hivernale. Ce montant est donc à prévoir en trésorerie lors de l'installation.

Pour financer ce besoin de trésorerie, les recettes proviennent des prestations réalisées.

Or, il existe un décalage important entre la réalisation technique du chantier et son règlement financier. Ces décalages sont fréquemment de 2 ordres :

- Le règlement par le commanditaire à 30 jours suite à la facturation. Si précisé dans le contrat, ce délai peut être étendu à 60 jours, ou 45 jours fin de mois. Ces 30 jours correspondent à 1 mois de production, soit environ 800 m³, pour un montant en attente de règlement d'environ 36 000 € (prestation moyenne à 45 €/m³ en France) ;
- Le solde de règlement de fin de chantier en France (20% de la facture totale), qui nécessite souvent que les produits soient passés dans les cubeurs des scieries, pour déterminer le volume de la transaction commerciale. Pour environ 800 m³ exploités mensuellement par une équipe, cela représente 160 m³ dont le règlement est décalé, soit pour une prestation moyenne à 45 €/m³ (en France), un montant de 7 200 €.

L'astuce du câbleur fûté



Gérer sa trésorerie

Dans une entreprise câbliste, la **saisonnalité** de l'activité a un grand impact sur les besoins de **trésorerie**.

- Environ **28 000 €** sont nécessaires **mensuellement** pour couvrir les frais d'une équipe au sein de l'entreprise ;
- La **facturation régulière** (idéalement chaque semaine) favorise la régularité des rentrées financières permettant de limiter les difficultés de trésorerie.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud

6.5 Capitaux propres

Les capitaux propres d'une entreprise (terme comptable apparaissant au bilan) sont en grande partie composés du capital social d'une entreprise, qui correspond à la mise de fond initiale du chef d'entreprise (ou des actionnaires).

Cette valeur est calculée par l'expert-comptable, résultante des apports en capital et des résultats des années précédentes.

Cette valeur est importante pour les partenaires (banques, fournisseurs...), car elle permet d'évaluer la solvabilité et la solidité financière d'une entreprise, notamment lors de la contractualisation d'un emprunt.

Certaines subventions à l'acquisition de matériel forestier sont également conditionnées par un ratio entre les fonds propres de l'entreprise et le montant de la subvention.

Les capitaux propres participent également au calcul de la valeur d'une l'entreprise.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par N. Raymondon*

6.6 Statuts professionnels

Cette approche n'est pas spécifique à l'entreprise de câble aérien, mais peut avoir des conséquences importantes sur l'activité et le nombre de jours de travail annuel.

Le statut professionnel concerne l'activité (ETF ou EF), alors que le statut juridique concerne l'entreprise (Entreprise Individuelle, EURL, SARL...).

Les statuts présentés ici sont valables en France.

A. Entrepreneur de Travaux Forestiers (ETF)

L'ETF est un prestataire de service réalisant une tâche (abattage, débardage, transport...), qui est rémunéré pour celle-ci, généralement à l'unité produite (m³, tonnes, m³a, MAP, ha...). Il déclare son activité auprès de la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI) et cotise au régime social agricole de la MSA. Entre autres, il doit fournir annuellement une « levée de présomption de salariat » qui justifie son travail pour plusieurs clients différents. Le régime juridique de micro entreprise ou d'auto entrepreneur n'est pas possible.

Un ETF a la possibilité de faire du commerce de bois, tant que cela ne devient pas son activité principale.

Ses clients peuvent être divers : propriétaires forestiers, Office National des Forêts, coopératives forestières, exploitants forestiers, scieries.

En tant que prestataire de service, l'ETF dépend de ses clients et des chantiers qui lui sont proposés. Dans le milieu restreint du débardage par câble aérien, l'offre de chantier est limitée, notamment en France (85 000 m³/an en France et 900 000 m³/an en Suisse, données FCBA 2016). Certaines conjonctures peuvent faire baisser l'offre de chantier (marché du bois, crise sanitaire, météo défavorable...), ce qui risque de fragiliser l'entreprise en diminuant son nombre de jours de travail annuel.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Activité centrée sur la technique de câblage	Dépend de la demande de réalisation de chantier. Risque en cas de baisse de la demande.
Pas besoin de compétences sur le marché du bois et sur les utilisateurs potentiels (sauf tri des produits)	Marge uniquement sur l'activité de prestation
Avance de trésorerie uniquement sur l'activité câble	

Avantages et inconvénients du statut d'ETF (Source : FCBA)

B. Exploitant Forestier (EF)

L'exploitant forestier (EF) est un commerçant qui achète le bois sur pied et le revend bord de route ou livré chez un client. L'opération de récolte (abattage, débardage) est soit sous-traitée à un ETF, soit réalisée par l'entreprise avec ses moyens propres. Il a l'interdiction de réaliser une prestation d'exploitation (abattage, débardage...) pour le compte d'autrui, c'est-à-dire hors de ses propres chantiers. L'exploitant forestier doit donc cumuler des connaissances en exploitation forestière, mais également en commerce du bois (connaissance des produits, des acheteurs et de leurs besoins), et mettre en œuvre un métier différent de celui d'ETF.

L'exploitant forestier relève de la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI), et cotise à la « sécurité sociale pour les indépendants » (ex RSI).

Tous les régimes juridiques d'entreprises sont possibles (EURL, SARL...), y compris celui d'auto-entrepreneur.

Pour le câble aérien, certaines subventions de fonctionnement en France nécessitent un martelage de la coupe par un gestionnaire forestier professionnel (GFP), ce que sont les organismes de gestion forestière publics (ONF) et privés (coopératives). Un exploitant forestier ne pouvant s'inscrire comme GFP, cela peut créer des difficultés pour l'obtention de subventions.

Dans un contexte d'offres de chantier peu abondantes, le statut d'exploitant forestier permet de trouver d'autres chantiers (en propriété privée, en plaine...) et d'augmenter (ou stabiliser) le nombre de jours de travail annuel.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Peut créer ses propres chantiers pour augmenter le nombre de jours de travail	Compétences commerciales et connaissance des marchés et des acteurs indispensables : c'est un autre métier
Marge réalisée sur une activité plus large, donc plus importante	Prise de risque financier (achat)
Diversité d'activité : négoce pur et/ou exploitation sur ses propres chantiers	Besoin d'une trésorerie beaucoup plus importante (achat des bois)

Avantages et inconvénients du statut d'exploitant forestier (Source : FCBA)

Point de vigilance

Un exploitant forestier qui réalise les 2 activités sur ses chantiers (récolte et commerce), réalise ses devis sur la base de ses 2 activités différentes. Il est important de dissocier la comptabilité analytique du chantier pour chaque activité, afin que chacune d'entre elles reste rentable : le commerce des produits ne doit pas assurer seul la marge de l'opération pour ne pas déstabiliser une activité par rapport à l'autre.

L'astuce du câbleur fûté

Choisir son statut professionnel

Il n'y a pas de statut idéal, le bon statut est celui qui **convient** à l'entrepreneur ou à l'exploitant :

- Un **ETF** se focalise sur la **technique de récolte** et dépend des chantiers que les clients veulent bien lui fournir ;
- Un **EF** doit mobiliser des **compétences plus larges**, incluant notamment le **commerce des produits**. Cela lui offre **plus de souplesse** sur les chantiers (diversité), une marge sur 2 activités, mais nécessite une **trésorerie plus importante**, et moins de réalisation d'exploitation.

Les **compétences** et **envies** de l'entrepreneur sont les éléments principaux pour choisir le bon statut.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par Florent Pedrini*

7.

Qualité
Sécurité
Environnement
des chantiers
câble

7.1 RÉGLEMENTATIONS ET NORMES TECHNIQUES	213		
A. Normes de levage	213		
B. Câble en hauteur	213		
C. Déchets d'exploitation	215		
Déchèteries	216		
Reprise par les fabricants / vendeurs	216		
Collecte des huiles	216		
7.2 SECURITÉ	219		
A. Sécurité des opérateurs	219		
Équipements Protection Individuelle (EPI)	219		
Distance entre opérateur	220		
Communication	221		
Prévention des secours : la fiche chantier	221		
		B. Formation des opérateurs	222
		Sauveteur Secouriste du Travail (SST)	222
		Grimpeur Sauveteur dans l'Arbre (GSA)	222
		7.3 ACCÈS SUR FÛT	223
		A. Réglementations relatives à la sécurité liées au travail en hauteur	223
		B. Matériel et technique de grimpe	223
		C. Entretien du matériel d'accès sur fût	224
		D. Organisation des secours sur fût	225
		7.4 PRINCIPAUX RISQUES LIÉS AU DÉBARDAGE AÉRIEN	227

7.1 Règlements et normes techniques

Le débardage par câble aérien est une activité forestière comme une autre. Elle est soumise aux mêmes réglementations que pour tout autre chantier forestier, sur le plan du droit du travail, de la sécurité (décrets hygiène et sécurité). La directive machine (2006/42/CE) définit les exigences attendues par les matériels et concerne donc les constructeurs lors de la fabrication des machines. Toutefois, les utilisateurs sont également concernés à travers le manuel d'utilisation fourni.

A. Normes de levage

En France, tout matériel de levage est soumis aux exigences décrites dans la directive Machine. Ces exigences sont traduites, dans les normes harmonisées, par des spécifications techniques.

Dans le domaine du débardage par câble aérien, depuis de nombreuses années, plusieurs acteurs de pays européens se sont concertés pour proposer une norme spécifique au débardage aérien, considérant que cette activité ne rentrait pas dans une activité de levage. Ainsi le projet de norme **Pr-NF EN 16517** spécifie « les exigences de sécurité et les moyens de vérification pour la conception et la construction de téléphériques forestiers mobiles pour le téléphérage de produits forestiers et leur montage ». Sa publication est prévue pour 2020. Sa particularité est notamment d'indiquer des niveaux de coefficient de sécurité basés sur l'expérience d'utilisation qui seront de :

- 3 pour les parties mobiles (câbles porteur, câble tracteur et retour ; et tous les câbles auxiliaires...);
- 4 pour les parties fixes (haubans, câbles de soutien, câble transversal, câbles de fixation et d'ancrage) ;
- Pour un câble synthétique non gainé, le coefficient de sécurité doit être de 40 % supérieur à celui d'un câble acier prévu pour la même fonction.

Cette future norme prévoit également des diamètres minimums pour les poulies : 20 fois le diamètre du câble pour des câbles mobiles et jusqu'à 14 fois pour des câbles fixes (câble porteur).

B. Câble en hauteur

Pour la Suisse, la demande se fait auprès de l'Office Fédérale de l'Aviation Civile (OFAC) en retirant un formulaire sur www.bazl.admin.ch.

Pour la France, une demande d'autorisation est à demander auprès de la Direction Générale de l'Aviation Civile, conformément à l' « arrêté ministériel du 25 juillet 1990, relatif aux installations dont l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation ».

Cette déclaration est à effectuer obligatoirement dès lors que l'un des critères suivants est rencontré sur un chantier :

- Hauteur du câble en un point de la ligne supérieure à 50 mètres ;
- Chantier localisé à proximité d'une zone fréquentée par des aéronefs (ex : site DZ hélicoptère, etc.).

La demande est à effectuer par l'entreprise intervenante responsable de l'installation, de l'utilisation et du démontage des lignes de câble auprès des services de la Direction Générale de l'Aviation Civile, au Département Surveillance et Régulation (en AURA, Lyon tel ; 04 26 72 68 00).

La demande, qui doit intervenir plusieurs semaines avant le démarrage des travaux, peut être faite au moyen du modèle ci-dessous par courrier postal, en recommandé avec accusé de réception, ou par mail avec accusé de réception à l'adresse suivante : snia-urba-lyon-bf@aviation-civile.gouv.fr.

Un plan présentant l'implantation des lignes (précisant bien l'échelle utilisée) est à joindre à la demande.

DSAC Centre-Est Département Surveillance et Régulation 210, rue d'Allemagne 69125 Lyon Saint-Exupéry aéroport														
Demande émise par : Représenté par : Agissant en qualité de :										<i>Nom, dénomination sociale de l'entreprise</i>				
										Adresse : Tél. :				
Madame, Monsieur, Afin de vous permettre d'émettre un avis, prescrire le balisage et diffuser une information aux usagers de l'espace aérien, je vous communique les renseignements concernant la mise en place d'un dispositif d'exploitation forestière par câble aérien en forêt _____ parcelle(s) _____, Territoire communal de _____, au lieu-dit _____. Date de mise en place du dispositif : à partir du ___/___/20___ Date de démontage du dispositif : avant le ___/___/20___														
ID ligne	Coordonnées géographiques des points d'ancrage des lignes de câble												Hauteur maximale	Longueur de ligne
	Ancrage HAUT de ligne						Ancrage BAS de ligne							
	Latitude			Longitude			Latitude			Longitude				
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"		
<i>Nord</i>	45	51	34	6	17	26	45	51	45	6	17	8	70 m	590 m
<i>Sud</i>	45	51	32	6	17	17	45	51	36	6	17	6	20 m	430 m
Je me tiens à disposition pour toute demande de renseignements complémentaires.														
												<i>Signature et cachet de l'entreprise</i>		

Modèle de demande d'autorisation de chantier à adresser à la Direction Générale de l'Aviation Civile (Source : DGAC).

C. Déchets d'exploitation

Les déchets sont les résidus d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, ou de toutes substances ou matériaux destinés à l'abandon et/ou recyclage. Il existe deux grandes catégories :

- Les déchets banals ne sont pas dangereux pour l'homme ou l'environnement (ferraille, pneumatique, etc.). Ils peuvent dans certaines conditions suivre la même filière de collecte et de traitement que les ordures ménagères ;
- Les déchets dangereux possèdent au moins une propriété de danger qui exige que des filières spécifiques de collecte et de traitement soient utilisées et qu'une traçabilité soit établie. En forêt, cela concerne les huiles usagées, les matériaux ou emballages souillés, les bombes aérosols...

Les déchets sont pour la plupart soumis au code de l'environnement, *articles L541-2 et suivants*. Pour une activité forestière, il est nécessaire de :

- Évacuer hors de la forêt la totalité des déchets, notamment les objets métalliques, en verre ou en matériaux synthétiques (bidons, bouteilles, emballages plastique, câbles, chaînes et autres résidus manufacturés y compris les chutes de bois traités...), afin de préserver la qualité naturelle et l'intégrité biologique du milieu ;
- Respecter la réglementation en matière de transport et de traitement des déchets et adopter les filières de recyclage autant que possible.

Tous les déchets sont concernés, avec diverses filières de traitement et recyclage :

	CATÉGORIES	TYPES DE DÉCHETS	SOLUTIONS D'ÉLIMINATION
DÉCHETS DANGEREUX	 Huiles usagées	Huiles hydrauliques Huiles moteur et boîte de vitesse	Déchets collectés par un prestataire agréé ou dépôt en déchèterie équipée. Collecte GRATUITE par un prestataire agréé à partir de 600 L. 💡
	 Liquides de véhicule	Liquides de frein Liquides de refroidissement	Séparer ces déchets des huiles de vidange. Déchets repris par un collecteur agréé ou par une déchèterie équipée. Collecte GRATUITE par certains prestataires agréés. 💡
	 Aérosols	Bombes de peinture Bombes dégriffantes	Séparer ces déchets de la ferraille. Déchets repris par un collecteur agréé ou par une déchèterie équipée.
	 Matériels souillés (valorisés pour énergie)	Cartouches de graisse Chiffons gras et absorbants	Séparer des déchets non-souillés. Déchets repris par un collecteur agréé ou par une déchèterie équipée.
	 Matériels souillés (valorisés en matière)	Filtres à huile et gasoil usagés Flexibles gras sales	Éliminer par un collecteur agréé ou une déchèterie équipée après égouttage des filtres, à séparer de la ferraille. Déchets repris par un collecteur agréé, à séparer de la ferraille. Choisir un fournisseur reprenant les flexibles usagés. 💡
	 Piles et accus	Batteries au plomb Piles alcalines usagées	Déposer en déchèterie ou chez un collecteur agréé. Choisir un fournisseur reprenant les batteries usagées. 💡 Trier les piles et les éliminer dans un point prévu à cet effet (grande surface, déchèterie, garage,...). 💡
	 Emballages souillés	Bidons d'huile métalliques ou plastiques	Déchets repris par tous les collecteurs agréés et les déchèteries équipées. Utiliser les fûts comme conteneurs à déchets après leur égouttage. 💡
DÉCHETS BANALS	 Pneumatiques	Pneus usagés	Ramener les pneus usagés lors de l'achat de neufs chez le fournisseur. 💡
	 Divers	Extincteurs périmés, usagés	Choisir un fournisseur reprenant les extincteurs usagés. 💡
		EPI (casques, gants), filtres à air	Éliminer les déchets par un collecteur ou une déchèterie.
 Ferraille	Câbles, chaînes et guides de tronçonneuse, pièces métalliques, ferrailles de l'atelier	Ne pas mélanger avec les déchets dangereux. Déchets récupérés gratuitement par les ferrailleurs ou les déchèteries.	

Différents types de déchets et leur recyclage (Source : FCBA)

Déchèteries

Elles sont ouvertes aux particuliers mais pas toujours aux entreprises. Certaines déchèteries sont officiellement ouvertes aux professionnels et d'autres sont même spécialement conçues pour eux. Les modalités de dépose des déchets varient en fonction des prestataires (abonnement, prix au kilo avec pesée...). Dans ce cas, un justificatif peut être obtenu à la remise des déchets.

Reprise par les fabricants / vendeurs

Des composants sont parfois repris par les fournisseurs à l'achat d'un produit neuf. Cela concerne par exemple les pneus, les batteries, les flexibles, les extincteurs, les bombes de peinture, les déchets électriques et électroniques. Il faut demander une garantie sur l'élimination appropriée des déchets qui sont remis.

Collecte des huiles

En France, les huiles usagées sont reprises gratuitement par des collecteurs agréés (à partir de 600 litres). Cette filière est financée par la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) incluse dans le prix des huiles.

NB : la présence de plus de 5 % d'eau dans les huiles usagées peut entraîner une facturation par le ramasseur.

L'astuce du câbleur fûté

D'un point de vue réglementaire

- Toute entreprise est **responsable** des déchets qu'elle produit jusqu'à leur élimination (loi du 15 juillet 1975 complétée par la loi du 13 juillet 1992). Il est donc **interdit d'abandonner** ses déchets en forêt ;
- L'élimination des déchets est à la charge de **l'entreprise** (Art. L. 541-2 et suivants du Code de l'environnement) ;
- L'élimination des déchets par brûlage est **interdite** (JoAN Q 28/02/1994) ;
- Le **suivi de la destination** des déchets est obligatoire (Art. L. 541-7 du Code de l'environnement) ;
- La **traçabilité** des déchets dangereux jusqu'à leur élimination est assurée par un bordereau de suivi des déchets dangereux (BSDD). Les enlèvements sont inscrits dans un registre chronologique. Ces deux documents doivent être conservés durant **5 ans**. Ils ne sont pas obligatoires dans le cas de la remise de petites quantités (en pratique < 100 kg) de déchets dangereux.



La gestion des déchets

Sur chantier...

- Ne pas abandonner les déchets en forêt ;
- Ne pas brûler les déchets (cela provoque des fumées toxiques et c'est interdit par la loi) ;
- Équiper les véhicules de terrain avec des poubelles spécifiques et adaptées ;
- Égoutter dans des bidons adéquats les flexibles et les filtres avant de les stocker pour récupérer le maximum d'huile ;
- Utiliser un bac de rétention lors des pleins d'huile et de carburant.

...à l'atelier...

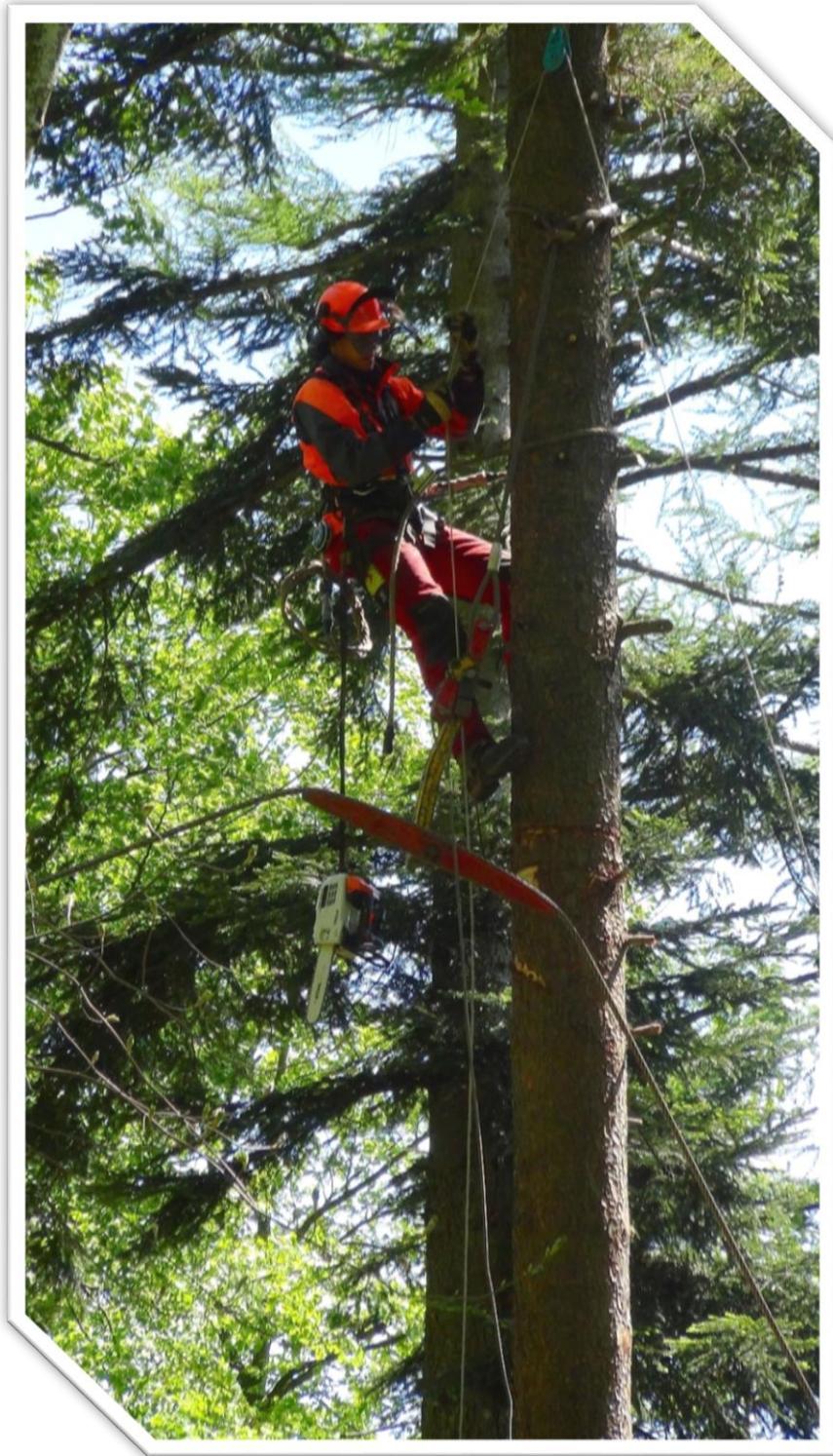
- Stocker les déchets à l'abri des intempéries, sur une aire bétonnée, dans des bacs adaptés pour éviter les transferts de pollution ;
- Ne pas mélanger les déchets dangereux avec les déchets banals ;
- Ne pas jeter les déchets dans les égouts.

...et pour finir.

- Utiliser une solution d'élimination autorisée et ne pas céder les déchets à un tiers sans agrément ;
- Conserver tous les justificatifs d'élimination qui sont remis pendant 5 ans, dans un registre spécifique ;
- Réduire la production de déchets par :
 - Une utilisation économe de chiffons et absorbants ;
 - Une optimisation des quantités d'emballages et contenants (prendre des contenants plus gros ou des livraisons en vrac, commander à des fournisseurs reprenant les contenants...) ;
 - Un entretien régulier du matériel permettant ainsi de réduire les risques de panne et diminuer la production de déchets.
- Sensibiliser tout le personnel.

Rédacteur :

FCBA : Paul Magaud



*Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »
par N. Raymondon*

7.2 Sécurité

A. Sécurité des opérateurs

Lors du débardage par câble, les travaux doivent être organisés de façon à prévenir les risques pour les intervenants et les autres personnes. Compte tenu des méthodes utilisées, les conséquences d'un incident technique sont susceptibles de générer un accident (coup de fouet d'un câble, chute d'une grume en cours de débardage...).

Dans le cadre des opérations de débardage par câble et/ou de bûcheronnage, il est conseillé d'être trois sur chantier pour des raisons de sécurité en cas d'incident :

- Une victime ;
- Une personne qui reste avec la victime ;
- Une personne qui guide les secours.

Équipements Protection Individuelle (EPI)

Quel que soit leur statut (salarié ou non salarié), des équipements de protection individuelle (E.P.I) et des dispositifs de signalisation doivent être fournis par les employeurs aux travailleurs présents sur un chantier forestier. Les employeurs doivent s'assurer du port effectif des EPI par leurs salariés, veiller à leur bon état et assurer leur renouvellement. En fonction de son activité sur le chantier, chaque travailleur en forêt devra obligatoirement disposer des EPI suivants (Décret Hygiène et Sécurité 2010 et 2017):

- Pour tous les opérateurs présents sur le chantier :
 - Casque (NF EN 397) ;
 - Chaussures ou bottes de sécurité (ISO 20345) ;
 - Vêtement ou accessoire de couleur vive (EN 471).
- Pour tous les opérateurs utilisant une tronçonneuse, il faut ajouter :
 - Pantalon anti-coupure (EN 381-5) ;
 - Casque avec visière et protection auditive (NF EN 397, EN 1731, EN 352-1) ;
 - Chaussures anti-coupures (EN ISO 17249) ;
 - Gants de protection (pas forcément anti coupure) (EN 381-1).



*Opérateur équipé de ses EPI
(Source : ISETA)*

Pour bien choisir ses vêtements et la couleur du casque, il faut, lors de l'évaluation des risques, analyser l'environnement de travail sous l'aspect chromatique sur toute la saison de travail.

Il faut donc retenir que :

- Les couleurs orange et rouge haute visibilité sont, par expérience, les couleurs à privilégier. Le jaune n'est pas toujours très visible (notamment en automne) et il est fortement recommandé de ne l'employer qu'en l'associant avec du rouge ou de l'orange ;
- Les bandes rétro-réfléchissantes trouvent leur pertinence en présence d'engins, sur et à proximité des voies de communication.

Il ressort clairement des retours d'expériences suite aux accidents en milieu forestier qu'il faut porter tous ses efforts sur la partie haute du corps (le buste et les bras, mais également la tête). Les pantalons de couleurs vives améliorent bien évidemment la visibilité de l'opérateur.

Il est également important de respecter les consignes de lavage et prévoir le remplacement des vêtements qui ne remplissent plus leurs fonctions de visibilité. Il faut que les EPI soient en bon état et en conformité.

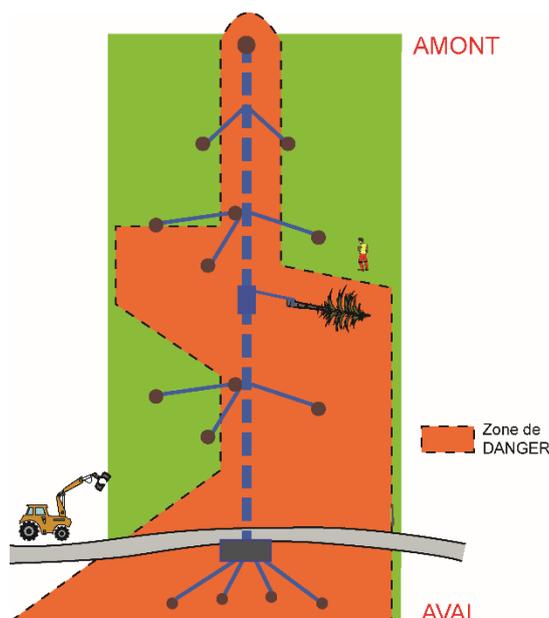
Pour les opérateurs présents sur le chantier, la visibilité rime avec sécurité !

Distance entre opérateur

En ce qui concerne le bûcheronnage manuel, la distance de sécurité minimale entre les opérateurs est de minimum 2 fois la hauteur des arbres.

La distance de sécurité à proximité d'un câble en tension est de minimum 5 m de part et d'autre du câble. Elle doit être complétée par une série de recommandations quant à la position de l'opérateur par rapport à la charge (notamment jamais en aval de la charge lorsque celle-ci est mise en tension, voir figure suivante).

Il est impératif que l'opérateur se tienne en dehors des zones à risques qui sont définies (risques de pivotement, roulement et glissement de la charge, fouettement du câble, arrachement de l'arbre supportant une poulie de renvoi...).



Exemple de la zone de danger autour de la ligne de câble aérien au moment de la sortie de l'arbre (Source : FCBA)

En ce qui concerne les distances de sécurité avec l'engin de reprise, respecter la distance de sécurité inscrite sur le bras de grue de chaque engin ou sur le cahier technique de la machine.

Communication

Une bonne communication entre les opérateurs est nécessaire. Cela permet d'être en contact tout au long des diverses opérations de câblage (débardage, accès sur fût, bûcheronnage, ...) en toute sécurité, et de contacter les secours en cas d'accident.

Cela peut passer par l'utilisation d'un système audio intégré au casque, mais qui reste encore onéreux (environ 500 € par système). Il a l'avantage d'allier la sécurité sur chantier, la communication, et garantit un lien permanent entre les opérateurs. À l'heure actuelle, beaucoup d'entreprises et/ou d'opérateurs utilisent des radios ou talkie walkies « classiques » pour communiquer sur les chantiers, qui allient commodité et sécurité.

Si les moyens de communication ne fonctionnent pas, il est déconseillé de faire fonctionner l'installation de câble aérien.

Si le message n'est pas compris, répéter avant d'agir.

Prévention des secours : la fiche chantier

En France, le [décret Hygiène et Sécurité 2010-1603](#) impose l'élaboration d'une fiche de chantier (*Code rural et de la pêche maritime : article R717-78-1* et [arrêté du 31 mars 2011 modifié](#)). Cette fiche comprend une carte ou un croquis de chantier et différentes rubriques à renseigner (localisation, facteurs de risques, point de secours, signatures...).

L'élaboration de cette fiche chantier est à la charge du donneur d'ordre et doit être remise à l'ensemble des opérateurs d'un chantier qui doivent l'avoir à disposition.

Le chef d'entreprise peut être amené à la compléter par des consignes à respecter par ses salariés.

En Suisse, la directive 2134 impose, en tenant compte des risques, de définir par écrit les procédures de travail, les équipements requis ainsi que l'aménagement des postes de travail.

Pour les chantiers forestiers, il est possible de fournir :

- Croquis d'organisation ;
- Ordres de travail écrits ;
- Plan d'urgence : livre de grue à jour et plan de câblage ;
- Les opérateurs seront instruits sur les procédés de travail prévus, le déroulement du travail, l'aménagement de la place de travail et les mesures de sécurité nécessaires.

B. Formation des opérateurs

Pour être efficace en cas d'accident, il faut mettre en place trois actions essentielles et complémentaires :

- Il faut avoir suivi une formation initiale sur les gestes de premiers secours : comme le Sauveteur et Secourisme au Travail (SST) ;
- Il faut participer régulièrement à des sessions de formations continues (SST et GSA) ;
- Il faut également pratiquer régulièrement les techniques d'accès et de secours pour leur efficacité dans l'urgence de l'accident.

Sauveteur Secouriste du Travail (SST)

En France : Cette formation est obligatoire pour tout opérateur en forêt.

En Suisse : Une formation aux premiers secours est obligatoire.

Grimpeur Sauveteur dans l'Arbre (GSA)

La formation aux techniques de secours aérien est une obligation légale selon l'arrêté du mois d'août 2005 (France). La formation Grimpeur Sauveteur dans l'Arbre (GSA) est la réponse à cette obligation. C'est une formation certifiante, ce qui engendre un recyclage tous les ans. Elle est réalisée sous le format du référentiel mis en application depuis juin 2013. Cette formation complète le SST par une approche du secours et du sauvetage en hauteur.

Rédacteur :

ISETA : Simon Grorod

7.3 Accès sur fût

A. Réglementations relatives à la sécurité liées au travail en hauteur

Même avec l'usage d'équipements de protection individuelle de maintien au travail et de prévention des chutes, le travail isolé est interdit en application de l'article R.233-13-37 et R 233-13-20. Cette réglementation garantit ainsi qu'un grimpeur puisse être secouru dans un temps compatible avec la préservation de sa santé et de sa vie.

Un grimpeur peut rapidement se trouver dans une situation lui interdisant de descendre seul de l'arbre, en cas, par exemple, de malaise, de blessure par une scie à chaîne ou à main, de piqûres multiples par des abeilles, des guêpes, des frelons, de réactions allergiques etc.

En outre, une urgence vitale absolue apparaît s'il perd connaissance et reste pendu inerte dans son équipement de maintien au travail et de prévention des chutes. Du fait du « syndrome du baudrier » ou « syndrome du harnais », le pronostic vital peut être engagé à partir d'un délai de 7 minutes environ. Le temps d'intervention des secours publics étant largement supérieur aux délais requis pour une indispensable intervention, la ou les personnes présentes doivent donc être à même d'assurer elles-mêmes les secours, c'est à dire d'accéder au blessé et de le redescendre. Par conséquent, lors d'un accès sur fût, deux opérateurs formés au SST et GSST (H&S 2010-1603) doivent être présents.

B. Matériel et technique de grimpe

Lors de l'ascension sur fût, il faut être équipé :

- Des Équipements de Protection Individuels (EPI) spécifiques à cette opération : en complément des EPI pour opérateurs utilisant une tronçonneuse, des manchettes/manchons anti-coupures sont obligatoires ;
- Du matériel d'accès sur fût normé et vérifié, composé au minimum de :
 - Un harnais de travail avec pont central normé et avec un « caritool » ;
 - Deux prussik manuels ou un prussik mécanique (Zig zag, Spiderjack, ...) ;
 - Six mousquetons « tri-lock » ;
 - Une corde de 50 m semi statique + mousquetons « tri-lock » ;
 - Une fausse fourche avec son cochonnet récupérateur ;
 - Une paire de grimpettes ou griffes ;
 - Une longe armée, avec système de réchappe ;
 - Un casque de protection aux normes avec jugulaire, protection auditive et visuelle.



Photographie d'un sac de grimpe complet (sauf grimpettes) pour la mise en place d'un câble
(Source : ISETA)

Le grimpeur monte sur le fût en utilisant ses griffes et sa longue armée. Il met en place dès son départ du sol son système étrangleur. Ce système permet au grimpeur d’avoir une sécurité en cas de chute ou de « dégriffage ». Il permet également de servir de système de fausse fourche en cas d’incident (blessures, frelons, malaise, ...).

Le grimpeur doit également être équipé d’un système de réchappe en cas d’incident, il prépare avant son ascension sur le fût sa corde de rappel, son prussik, et fixe le tout sur son pont central. Ce système est très efficace et permet d’agir en toute sécurité et de façon « automatique et naturelle » après entrainement au sol, en cas d’incident et de secours.

C. Entretien du matériel d'accès sur fût

Le matériel d’accès sur fût doit être vérifié toutes les années par un organisme certificateur. Il vérifie chaque sac de grimpe sur sa validité, sa conformité et son état général.

Une fiche de suivi EPI « grimpe » est remplie avec :

- Les coordonnées de l’entreprise ;
- Le modèle de l’EPI ;
- Le numéro de série ;
- L’année de fabrication ;
- La date d’achat ;
- La date de première utilisation ;
- Les vérifications de sécurité ;
- Les vérifications de fonctionnalité.

FICHE DE CONTRÔLE D' E.P.I. CONNECTEUR

Entreprise : _____ Nom : _____

Adresse : _____ Année de fabrication : _____

Modèle (marque) : _____ Date d'achat : _____

N° de série : _____ Date 1^{re} utilisation : _____

Il est indispensable de joindre à cette fiche de vérification la notice du produit. Le fabricant de matériel EPI ne peut être tenu responsable de la validité de ce matériel si celui-ci n'est pas utilisé conformément à la notice. Le fabricant de matériel EPI ne peut être tenu responsable de la validité de ce matériel si celui-ci n'est pas utilisé conformément à la notice. Le fabricant de matériel EPI ne peut être tenu responsable de la validité de ce matériel si celui-ci n'est pas utilisé conformément à la notice.

Fiche valable 5 ans		Bon	à surveiller								
VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Corde :	Ruiss, marques, déformations, usure, corrosion	<input type="checkbox"/>									
Crochet ou bec :	Ruiss, marques, déformations, usure, corrosion	<input type="checkbox"/>									
Bague et cliquet :	Ruiss, marques, déformations, usure, corrosion	<input type="checkbox"/>									
VÉRIFICATION FONCTIONNELLE											
Bague et cliquet		<input type="checkbox"/>									

COMMENTAIRES

1^{re} année : _____

2nd année : _____

3rd année : _____

4th année : _____

5th année : _____

SARL Hévéa - 65 rue Louise Michel - 21100 Genes - 26290 Doreire - Tél : 04 75 51 69 72 / Fax : 04 75 51 69 15 - contact@pelage-hevea.com - www.pelage-hevea.com

Exemple de fiche de contrôle d’EPI « grimpe » (Source : Hévéa)

En moyenne, chaque EPI est valable 10 ans. Ces fiches annuelles doivent être conservées dans un classeur sur les chantiers. Les EPI doivent être stockés dans un local, sans contact avec l’eau, l’huile, et la lumière. Tout cela peut altérer le bon fonctionnement et la pérennité du matériel dans le temps.

D. Organisation des secours sur fût

Lorsque qu'un accident se produit, il faut systématiquement employer cette méthode :

PROTÉGER – ALERTER - SECOURIR

Les numéros d'urgence et d'alerte sont :

- En France, le 112 et/ou 18 ainsi que le 15.
- En Suisse, le 144 ou 112, ainsi que le 1414. Le numéro international est le : +41 333 333 333.

En attendant les secours, un second grimpeur va devoir aller porter secours à la victime. Une opération de sauvetage, se compose de deux phases : l'accès à la victime et la descente au sol.

Une fois arrivé au niveau de la victime, le sauveteur doit mettre en place la verticalisation de la victime si le blessé est inconscient. Cette technique permet de reposer la victime, de lui maintenir le dos, d'éviter le syndrome du harnais, et de reprendre une respiration naturelle et sans efforts.



Photo d'une intervention sur une victime du syndrome du harnais (SDH) (Source : CFPF)



Photo d'une victime du SDH verticalisée (Source : ISETA)

La gestion du temps de suspension prolongée de la victime est essentielle à prendre en compte :

- Le temps de suspension est **inférieur à 15 minutes** : il faut descendre la victime et assurer la prise en charge au sol selon les recommandations du référentiel SST.
- Le temps de suspension est **compris entre 15 et 30 minutes** :
 - Descendre la victime ;
 - Poser ses fesses en appui sur le sol en lui maintenant le buste le plus vertical possible ;
 - Procéder au « déharnachement ». Cette étape, associée à l'allongement de la victime, réduit la pression des sangles sur ses cuisses et permet progressivement une amélioration de la circulation sanguine ;
 - S'assurer la prise en charge au sol selon les recommandations du référentiel SST.
- Le temps de suspension est **supérieur à 30 minutes** :
 - Descendre la victime ;
 - Poser ses pieds en appui sur le sol et garder cette position pendant une à deux minutes ;
 - Puis poser les fesses en appui sur le sol en lui maintenant le buste vertical ;
 - Procéder au « déharnachement » de la victime. Le cumul des deux étapes avec l'allongement progressif de la victime, réduit la pression des sangles sur ses cuisses et permet progressivement une amélioration de la circulation sanguine ;
 - Puis assurer la prise en charge au sol selon les recommandations du référentiel SST.
- Après ces différentes manipulations de secours (dans l'arbre et au sol), il faut attendre la prise en charge des secouristes professionnels prévenus au préalable.

Les différentes techniques d'accès sur fût et le matériel nécessaire sont disponibles dans les Fiches Techniques n°21 et 22.

		ÉTAT DE LA VICTIME			
		URGENCES VITALES		URGENCES NON VITALES	
		Hémorragie abondante	Inconscience (ou suspension prolongée avec immobilisation des membres inférieurs)	<ul style="list-style-type: none"> Fracture avec forte douleur Victime « intouchable » 	<ul style="list-style-type: none"> Malaise Plaies simples Douleurs supportables Luxation Problème musculaire
ACTIONS DU GRIMPEUR	Alerter le 18 ou le 112	Dans un second temps, après les gestes de secours urgent, ou faire alerter immédiatement		Immédiatement	
	Secours de la victime	<ul style="list-style-type: none"> Abordage Arrêt du saignement (compression, etc) Descente de la victime en sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Abordage Descente de la victime en sécurité Si soupçon de lésion rachidienne, descendre la victime sans la verticaliser Au sol : mettre la victime en PLS 	<ul style="list-style-type: none"> Abordage Mise en confort dans l'arbre Lui commander de bouger régulièrement les jambes en cas de suspension prolongée 	<ul style="list-style-type: none"> Abordage Descente de la victime en sécurité Au sol : En cas de suspension prolongée, maintenir la victime debout ou en position assise ou semi assise

Tableau récapitulatif du plan d'intervention du grimpeur en cas d'accident (Source : Copalme)

L'astuce du câbleur fûté

Pour des secours rapides et efficaces

- Disposer d'une **corde de travail** permettant un retour au sol (double longueur) ;
- Disposer d'une **trousse de pharmacie** ;
- Disposer d'un second **sac de grimpe** et de **griffes** en cas d'urgence ;
- Disposer d'un **sifflet d'alerte** et d'une **poulie** (par grimpeur) qui puissent permettre de gérer rapidement une descente assistée en cas d'accident.

Rédacteur :

ISETA : Simon Grorod

7.4 Principaux risques liés au débardage aérien

L'activité de débardage par câble impose une vigilance permanente de la part des opérateurs. Chaque geste doit être réfléchi en lien avec la sécurité et ses conséquences possibles. Au moindre doute, arrêter l'activité et vérifier l'installation et son bon fonctionnement.

Les principaux risques caractéristiques du débardage par câble sont :

- **Liés à l'installation :**
 - Rupture d'amarrage (souche, corps mort) pouvant entraîner la chute de la ligne ;
 - Rupture du câble porteur entraînant la chute de la ligne ;
 - Rupture d'un hauban ;
 - Mauvais enroulage du câble sur un treuil : usure anormale et rupture possible ;
 - Décrochage de la charge ;
 - Déplacement incontrôlé du chariot : rupture du câble tracteur ou déficience du chariot ;
 - Blocage du chariot sur la ligne.
- **Liés à l'utilisation de l'installation :**
 - Halage et balancement de la charge : modification des effets dynamiques de la ligne ;
 - Coincement de la charge lors de son halage ;
 - Glissement ou roulement des arbres abattus et pierres ;
 - Chute du chariot ;
 - Béquillage de la charge sous le chariot (contact d'une grume verticale avec le sol) ;
 - Chute d'arbres sur le câble (en cas d'abattage et débardage simultanés) ;
 - Chute de l'opérateur ;
 - Décrochage non contrôlé des chockers.
- **Liés à des phénomènes extérieurs :**
 - Foudre ;
 - Vent violent ;
 - Visibilité réduite (brouillard) ;
 - Visiteurs imprudents.

Bonnes pratiques pour gérer la sécurité

- Être en bonne condition physique ;
- Porter les EPI ;
- Avoir conscience des risques, de leurs conséquences sur soi et sur les autres opérateurs, pour mettre en œuvre les bonnes pratiques ;
- Accepter ses limites et celles des autres.

Rédacteur : ISETA : Simon Grorod

GLOSSAIRE

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Abordage	Technique de mise en sécurité d'un blessé lors du secours sur fût.	Secours sur fût
Aménagement	<p>Aménager une forêt, c'est décider ce que l'on veut en faire, compte tenu de ce que l'on peut y faire, et en déduire ce que l'on doit y faire.</p> <p>Les documents d'aménagement compilent les diagnostics et déterminent les prévisions des coupes et des travaux.</p>	Aménagement
Angle d'ajustage	Ecart angulaire existant entre le Nord cartésien et le Nord de la boussole utilisée pour le piquetage d'une ligne de câble.	Angle d'ajustage
Arbre d'avenir	<p>Arbre dont les potentialités sont jugées suffisantes pour qu'il puisse contribuer significativement à l'objectif fixé au peuplement.</p> <p>Les coupes et opérations sylvicoles menées dans le peuplement sont orientées à son profit.</p>	Arbre d'avenir, arbre de place
Autécologie	Etude des relations entre un type d'organisme et les facteurs de l'environnement.	Autoécologie
Azimut	Angle compris entre la direction du Nord de la boussole utilisée pour le tracé de la ligne et la direction de l'élément visé.	Azimut
Boggie ou Bogie	Module sous une machine forestière, sur lequel sont fixées les roues et permettant une grande souplesse et mobilité des machines.	Boggie ou Bogie
Bouquet	Ensemble d'arbres (collectif) formant une unité distincte (maximum 5 ares en général).	Groupe
Câble long	Système de débardage aérien comportant un treuil en haut de coupe, posé sur une luge, et permettant de longues distances de débardage (2 000 m). Aucun mât n'est utilisé.	Câble conventionnel
Câble mât	Système de débardage aérien comportant un engin (remorque, camion....) supportant un mât permettant l'accroche d'un câble porteur.	Câble grue Câble grue mobile
Câble pêcheur	<p>Câble permettant la connexion des grumes au système de débardage.</p> <p>Ce câble peut être la continuité du câble tracteur, ou un câble relié au treuil disposé dans le chariot.</p>	Câble plongeur
Câbliste	Opérateur sur la ligne de câble.	Câbleur
Camion avec reprise intégrée	Câble mât sur camion, associé à une grue de forte capacité permettant la manipulation des bois à leur réception sur place de dépôt.	Combiné d'exploitation

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Catégorie de diamètre	<p>Chaque arbre est affecté à une catégorie selon sa classe de diamètre à 1,30 m.</p> <p>Selon les guides sylvicoles, les seuils entre catégories de grosseur sont variables. A titre indicatif, les seuils employés dans le GSM Alpes du Nord sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perche (PE) = classes de 10 à 15 cm. • Petit Bois (PB) = classes de 20 à 25 cm. • Bois Moyen (BM) = classes de 30 à 40 cm. • Gros Bois (GB) = classes de 45 à 60 cm. • Très Gros Bois (TGB) = classes de 65 cm et plus. 	Catégorie de diamètre
Cellule de régénération	Ensemble de tiges de fourré et gaules dont au moins un d'avenir (parfois un seul individu), correspondant à la surface occupée par une perche de classe de diamètre 10 ou 15 cm (environ 6 m ²).	Collectif
Coefficient de sécurité	Rapport entre la force de la rupture effective et la plus grande force pouvant s'exercer sur le câble en service.	Facteur de sécurité
Composition	Proportion relative de chacune des essences principales qui se rencontrent dans un peuplement forestier.	Composition
Cordine	Corde synthétique généralement de 8 mm utilisée pour le montage de la ligne.	Cordine
Coupe	Opération de récolte d'un ensemble d'arbres désignés.	Coupe de bois
Coupe d'amélioration	<p>Coupe améliorant la qualité et à moyen terme la stabilité d'un peuplement forestier.</p> <p>Ces coupes apparaissent sous la dénomination de première, deuxième, troisième, ... éclaircie.</p>	Coupe d'éclaircie sélective
Coupe de jardinage	Coupe combinant à la fois l'amélioration des arbres en croissance, la récolte des gros bois et la régénération.	Coupe jardinatoire
Coupe de taillis	Exploitation totale du taillis, appelée aussi « coupe de rajeunissement du taillis ».	Coupe de taillis
Coupe définitive	Coupe des derniers arbres dans les peuplements en futaie régulière, phase finale de la régénération naturelle.	
Coupe d'ensemencement	Première coupe de régénération dans un peuplement régulier.	Coupe d'ensemencement
Coupe par trouées	Coupe rase portant sur des trouées de surfaces et de formes variables, ne dépassant généralement pas 0,5 ha. La trouée s'appuie sur la lisière interne d'un ou plusieurs bouquets (= groupe).	Coupe par trouées
Coupe par trouées	<p>Cas particulier de coupe par trouée avec une forme oblongue où en général :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La longueur transversale est supérieure ou égale à 1,5 fois la hauteur des arbres. • La longueur dans le sens de la pente est inférieure à 0,5 fois la hauteur des arbres. 	Coupe ou ouverture en fente
Coupe progressive de régénération	Processus de coupes successives en futaie régulière, dans l'objectif de régénérer le peuplement par voie naturelle.	Coupe progressive de régénération par groupes

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Coupe rase Coupe à blanc	Coupes dans lesquelles tous les arbres et arbustes sont abattus, à l'exception des tiges réservées pour le paysage ou la biodiversité.	Coupe rase
Coupe secondaire	Coupes qui suivent la coupe d'ensemencement, en vue d'éclaircir progressivement les semis qui se sont installés ou les plants introduits.	Coupe de mise en lumière
Couvert	Correspond à la surface occupée par la projection horizontale des houppiers.	Couvert forestier
Déclinaison magnétique	Correspond à la différence existant entre le Nord géographique, appelé également Nord vrai, et le Nord magnétique qui résulte du champ magnétique terrestre.	Déclinaison magnétique
Desserte	Ensemble des infrastructures permettant l'accès en forêt. La desserte comprend les routes forestières, pistes forestières, places de retournement, places de dépôt de bois, surlargeurs et ouvrages divers.	Desserte
Desserte idéale	Représente la densité optimale de routes forestière sur un massif. <ul style="list-style-type: none"> • Pour une récolte au câble aérien, il est recommandé un minimum de 3 km de route forestière pour 100 ha parcourus. • Pour une récolte au débusqueur, les valeurs de 1,5 km de route associé à 2,5 km de piste à tracteur sont recommandées. 	Desserte idéale
Déviaton de la boussole	Correspond à l'imprécision de l'instrument de mesure (boussole) par rapport au nord magnétique.	Déviaton de la boussole
Diamètre à 1,30 m (D_{1,30} ou DHP)	Diamètre à 1,30 m ou diamètre à hauteur de poitrine, mesuré en amont de l'arbre en situation de pente. Généralement, la mesure est donnée par classe de 5 en 5 cm.	DHP (diamètre hauteur poitrine)
Donneur d'ordres	Maître d'ouvrage du chantier commandant une prestation de service auprès d'un Entrepreneur de Travaux Forestiers (ETF).	Maître d'ouvrage
Éclaircie	Coupe sélective visant à réduire le nombre de tiges en faveur des arbres objectif et s'accompagnant généralement de la récolte de produits marchands. On parle également de coupe d'amélioration.	Éclaircie
Entrepreneur de Travaux Forestier (ETF)	Acteur de la récolte réalisant une prestation de service lors des opérations de récolte : abattage, débardage, tri, broyage, travaux de sylviculture.... Il est généralement rémunéré à la tâche (m ³ , stère, ha, heure....).	Entrepreneur forestier
Exploitant Forestier (EF)	Acteur de la récolte, qui achète les bois sur pied à un propriétaire, réalise (ou sous-traite) l'exploitation des bois, puis revend les produits à des utilisateurs, bord de route ou livré aux usines. C'est un commerçant.	Ce statut n'est pas défini en Suisse. Ce sont des acheteurs de bois ou des entreprises forestières.

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Facteur d'élanement (H/D)	<p>Cet indicateur dendrométrique est un rapport entre la hauteur et le diamètre.</p> <p>Il permet de caractériser la stabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'un arbre : hauteur totale / diamètre à 1,30 m. d'un peuplement : hauteur dominante / diamètre à 1,30 m de l'arbre moyen. 	Coefficient d'élanement
Fourré	Jeune arbre de hauteur comprise entre 50 cm et 3 m.	Fourré
Futaie	<p>Régime sylvicole indiquant que le peuplement forestier est issu de graine par :</p> <ul style="list-style-type: none"> Régénération naturelle : germination en forêt par des graines du peuplement. Régénération artificielle : plantation après acquisition de semis et jeunes plants en pépinière, ou semences récoltées ailleurs avant d'être répandues sur le sol. 	Futaie
Futaie irrégulière	Peuplement forestier composé d'arbres de tous les diamètres et de toutes les hauteurs.	Futaie irrégulière
Futaie irrégulière par bouquet ou par trouée	Forêt où l'on trouve côte à côte tous les stades de développements réunis par groupes et collectifs, d'âges différents.	Forêt étagée par groupes et collectifs
Futaie jardinée	Cas particulier de la futaie irrégulière où l'équilibre des classes de diamètre est recherché pied à pied à l'échelle de la parcelle.	Futaie jardinée
Futaie régulière	Peuplement forestier composé d'arbres présentant sensiblement les mêmes diamètres et mêmes âges.	Futaie régulière
Gaule	Arbre de hauteur supérieure à 3 m et de diamètre inférieur à 7,5 cm.	Bas perchis
Gerbage des bois	Opération qui consiste à empiler les bois sur place de dépôt en les poussant avec la lame avant d'un tracteur forestier ou d'un débusqueur.	Empilage des bois
Gisement	Angle compris entre la direction du Nord cartésien (axe des ordonnées du système de projection de la carte) et la direction de l'élément visé.	Gisement
Gisement de méridien	<p>Angle que fait le méridien avec l'axe des Y du quadrillage d'une carte.</p> <p>Il varie lorsqu'on se déplace en longitude et change de sens lorsqu'on passe de l'ouest à l'est du méridien origine. Il est donc dépendant du système de projection utilisé sur une carte.</p>	Gisement de méridien
Halage des bois	Opération qui consiste à déplacer des bois en forêt jusqu'au treuil d'un tracteur (ou d'un chariot), où ils sont regroupés collectivement sur piste avant d'être débardés.	Débusquage des bois
Hauteur dominante (Ho)	La hauteur dominante d'un peuplement est mesurée ou estimée sur la base de la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres du peuplement.	Hauteur dominante
Horamètre	Instrument de bord d'une machine, équipée de série, permettant le décompte des heures moteur.	

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Humus	L'humus est la couche supérieure du sol créée, entretenue et modifiée par la décomposition de la matière organique, principalement par l'action combinée des animaux, des bactéries et des champignons du sol.	Humus
IPC Indice de Prélèvement Câble	Ratio entre le volume prélevé sur une ligne et la longueur de ligne installée. L'unité est le m ³ par mètre linéaire de ligne. Plus l'IPC sera élevé, plus les temps improductifs de montage sont dilués dans le temps global d'exploitation de la ligne.	IPC Indice de Prélèvement Câble
Klembank	Gros grappin inversé disposé à l'arrière d'un porteur ou d'un débusqueur, permettant de déplacer plusieurs grumes jusqu'à une place de dépôt.	Klembank, pince de débardage
Laçage	Opération qui consiste à faire glisser les bois dans le sens de la pente jusqu'à leur arrêt "naturel" sur une place de dépôt. Activité très dangereuse et quasiment abandonnée.	Châblage
Ligne fixe	Installation de câble aérien où le câble porteur est tendu de manière fixe et pérenne pendant le fonctionnement de l'installation (= "fixed skyline").	Ligne fixe
Ligne libre	Installation de câble aérien où le câble porteur est libre, en mouvement permanent lors du débardage (= "running skyline").	Ligne libre
Machine de bûcheronnage	Machine qui effectue l'abattage, le façonnage (ébranchage, billonnage) et le cubage des arbres désignés. Elle est fréquemment appelée "abatteuse".	Récolteuse
MAP Mètre cube Apparent Plaquette	Unité de mesure du bois conditionné en plaquettes forestières, correspondant à un volume total d'1 m ³ .	MAP Mètre cube Apparent Plaquette
Martelage	Opération qui consiste à choisir et désigner par une marque quelconque (marteau forestier, bombe de peinture) des arbres à réserver (martelage en réserve) ou à abattre (martelage en abandon et/ou en délivrance).	Martelage
Moder	Type d'humus avec une couche superficielle de matière organique non incorporée (quelques mm à plusieurs cm), humifiée par la faune et les champignons, présent dans les forêts et les landes à activité biologique moyenne.	Moder
Mor	Type d'humus avec une couche superficielle de matière organique non ou peu humifiée (épaisseur pouvant être considérable), présent dans les forêts et les landes à activité biologique faible.	Mor
Mouflage	Jeu de cordes passant à travers de nombreuses poulies en opposition, permettant de réduire la force de traction (chaque poulie réduit la force par deux), mais augmentant la longueur de corde nécessaire.	Moufle
Mull	Type d'humus présentant une bonne incorporation de la matière organique et de la matière minérale (principalement par les vers de terre), présent dans les forêts à activité biologique intense et les prairies.	Mull

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Nord géographique	Correspond à l'intersection entre la surface terrestre et l'axe de rotation de la Terre. De fait, tous les méridiens aboutissent à cet endroit qui est communément appelé le Pôle Nord.	Nord géographique
Nord magnétique	Point de convergence de l'aiguille aimantée d'une boussole. Sa localisation exacte varie d'une dizaine de kilomètre par an mais il est actuellement situé proche du Pôle Nord géographique dans les îles de la Reine Elizabeth (Territoires du Nord-Ouest au Canada).	Nord magnétique
Nord cartésien	Correspond à la direction verticale du quadrillage d'une carte. En effet, le passage d'une représentation sphérique à une représentation plane induit une déformation sur cette dernière par rapport à la réalité. Le quadrillage d'une carte est composé d'angles droits, le canevas formé par les parallèles et les méridiens d'une sphère est trapézoïdale.	Nord cartésien
Pelle TP (Travaux Publics)	Engin de manutention, sur chenille ou pneumatiques, associé à une tourelle rotative et à une grue de forte puissance.	Pelle retro
Place de dépôt	Espace consacré au stockage des bois.	Place de stockage
Place de travail	Espace accueillant les machines pour la réception des bois.	Place de dépose
Plan de câblage	Document synthétique et opérationnel ayant pour but de visualiser l'organisation spatiale d'un ensemble des lignes de câble et de connaître les spécificités techniques, sylvicoles et économiques de chacune des lignes.	Concept de desserte fine
Plantule	Jeune plante issue de la germination de la graine, qui se développe en utilisant les réserves des cotylédons.	Plantule
Produits accidentels	Récolte indépendante de la volonté du sylviculteur résultant de phénomènes météorologiques (coup de vent, chute de neige, foudre...) ou rendue nécessaire à la suite d'incendies, d'attaques d'insectes ou de champignons, ou de tout autre accident (pollution, etc.).	Chablis
Prussik	Corde permettant de lier le grimpeur à sa corde de travail.	Prussik
Purge	Tronçon d'une grume comportant un défaut, généralement coupée de la grume et déclassée. Autrefois abandonnée sur la coupe, les purges sont aujourd'hui généralement destinées à être broyées en plaquette de bois énergie.	Purge
Réception	Modalité de mesure contradictoire entre le propriétaire des bois et son acheteur, définissant comment et à quel moment les bois sont mesurés (volumes, stères, tonnes), afin de clore la transaction financière.	Réception des bois
Régime sylvicole	Mode de renouvellement des peuplements forestiers défini par le type de régénération utilisé : futaie, taillis et mixte (≈ taillis sous futaie).	Régime forestier
Rotation	Durée séparant deux passages successifs d'une coupe de même nature dans la même parcelle.	Rotation
Semis	Plantule de hauteur inférieure à 50 cm.	Semis

Terme Français	Définition	Terme Suisse
Stratification	<p>Agencement des tiges dans le plan vertical en différentes strates ou étages.</p> <p>Dans le cas de la futaie irrégulière, on peut retenir la proposition du GSM des Alpes du Nord de diviser par 4 la hauteur dominante H_0 potentielle et d'affecter à chaque quart une strate.</p>	Etagement
Structure d'un peuplement	<p>On parle de structure pour caractériser le mode d'assemblage des arbres sur le plan horizontal et verticale (Stratification / étagement des houppiers).</p>	Structure d'un peuplement
Surface terrière (G)	<p>Somme des superficies des sections des tiges du peuplement à 1,30 m du sol.</p> <p>Elle s'exprime généralement en m^2/ha et permet d'avoir une approche du capital sur pied présent au sein d'un peuplement.</p>	Surface terrière
Syndrome du harnais	<p>Syndrome empêchant le sang d'irriguer le cerveau et pouvant avoir des conséquences irrémédiables sur un blessé inconscient lors d'un travail sur corde.</p>	Syndrome du harnais
Système de réchappe	<p>Montage d'un système de cordes et mousquetons pour permettre une solution échappatoire en cas d'accident (blessures, malaise...) et cela en toute sécurité.</p>	Ligne de vie
Taillis	<p>Régime sylvicole indiquant que le peuplement forestier est issu de rejets de souche ou de drageons de même âge dont la perpétuation est obtenue par une coupe de rajeunissement, appelée aussi « coupe de taillis ».</p>	Taillis
Tête de bûcheronnage	<p>Partie de la machine qui effectue l'abattage, le façonnage et le cubage de l'arbre.</p> <p>Equipée d'une scie à chaîne, de couteaux ébrancheurs et de rouleaux.</p>	Tête processeur
Tige	<p>Terme générique regroupant les « arbres », « perches » et « brins ».</p>	Tige
Traçage d'une ligne de câble (piquetage)	<p>Action de repérer et matérialiser sur le terrain les éléments composant une ligne de câble.</p>	Traçage d'une ligne de câble
Traitement sylvicole	<p>Caractérise la nature et l'organisation des opérations sylvicoles.</p>	Traitement sylvicole

BIBLIOGRAPHIE

- ABT DOMINIQUE. **GUIDE DES SYLVICULTURES – ARC JURASSIEN : SAPIN ET EPICEA**. 2014.
- AGGELER RUDOLPHE. **TECHNIQUE DU CABLE-GRUE**. 2009. CODOC 3EME EDITION.
- ALGER ERIC. **SAPINIERS DES PYRENEES**. 2011.
- ALGER ERIC. **SAPINIERS DU MASSIF CENTRAL**. 2011.
- ANTEQ. **SYSTEME D'ANCRAGE ANTEQ**. DATE INCONNUE. PLUS D'INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LE SITE DU CONSTRUCTEUR <WWW.ANTEQ.CH>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- ANTEQ. **LES AVANTAGES DU SYSTEME D'ANCRAGE ANTEQ**. DATE INCONNUE. PLUS D'INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LE SITE DU CONSTRUCTEUR <WWW.ANTEQ.CH>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- ASSOCIATION DES INGENIEURS DE L'ECOLE SUPERIEURE DU BOIS. **MANUEL DE L'INGENIERIE FORESTIERE**. EYROLLES, 2013. 682P. ISBN 978-2-212-13694-4.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE. **LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE**, CHAPITRE 3.5 MODES D'ORIENTATION EN TOPOGRAPHIE. DATE INCONNUE. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.AFTOPO.ORG/FR/LEXIQUE/MODES-D-ORIENTATION-EN-TOPOGRAPHIE-7-28](http://WWW.AFTOPO.ORG/FR/LEXIQUE/MODES-D-ORIENTATION-EN-TOPOGRAPHIE-7-28)> CONSULTE LE 11/03/2020.
- BERNHART BOIS. **DEBARDAGE PAR TELEPHERIQUE, JOURNEE DE DEMONSTRATION EN FORET DU MOLLBERG**. 2010. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.CABLE-MAT.FR/](http://WWW.CABLE-MAT.FR/)>. CONSULTE LE 29/12/2015.
- BOURDIN OLIVIER, BRUCHEZ JEAN-BAPTISTE, METRAL ROLAND. **LA SYLVICULTURE DE MONTAGNE : TECHNIQUES ET TRAITEMENTS DES PEUPELEMENTS FORESTIERS DE MONTAGNE**. DATE INCONNUE.
- BRANG, P., OTT, E., SCHÖNENBERGER, W. **LA FORET DE MONTAGNE EN SUISSE: ECOLOGIE, SYLVICULTURE, AMENAGEMENT**. REVUE FORESTIERE FRANÇAISE, N° SPECIAL. 1998. DISPONIBLE SUR <[HTTP://DOCUMENTS.IREVUES.INIST.FR/BITSTREAM/HANDLE/2042/5585/97_115.PDF?SEQUENCE=1](http://DOCUMENTS.IREVUES.INIST.FR/BITSTREAM/HANDLE/2042/5585/97_115.PDF?SEQUENCE=1)> ? CONSULTE LE 09/03/2020.
- CARRETTE THOMAS, GRU LOIS STEPHANE. **LE TRANSPORT DE BOIS EN MONTAGNE : SPECIFICITES ET PISTES D'OPTIMISATION**. 2016. FCBA INFO. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.FCBA.FR/SITES/DEFAULT/FILES/FCBAINFO_2016_46_LE_TRANSPORT_DE_BOIS_EN_MONTAGNE_THOMAS_CARRETTE_STEPHANE_GRU LOIS.PDF](https://WWW.FCBA.FR/SITES/DEFAULT/FILES/FCBAINFO_2016_46_LE_TRANSPORT_DE_BOIS_EN_MONTAGNE_THOMAS_CARRETTE_STEPHANE_GRU LOIS.PDF)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- CEMAGREF, ONF, CTBA. **FORET DE MONTAGNE, TECHNIQUES POUR UNE GESTION MULTIFONCTIONNELLE DURABLE**. 1998.
- CFPF LE MONT SUR LAUSANNE. **PRATIQUE DE BUCHERONNAGE**. 2019.
- COLL LLUIS, MARTIN SANTIAGUO, NOUGUIER STEPHANE, LADIER JEAN, DECOUX JEAN-LUC, VALADON ALAIN, CANTEGREL RENAUD, SIVADE LAURIE. **GUIDE DE SYLVICULTURE DU PIN A CROCHETS DANS LES PYRENEES**. 2012. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.UNCIPLUS.EU/DOCUMENTS-DU-PROJET/GUIDE-UNCI-FR](http://WWW.UNCIPLUS.EU/DOCUMENTS-DU-PROJET/GUIDE-UNCI-FR)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- CONSEIL FEDERAL SUISSE. **ORDONNANCE 921.01 SUR LES FORET**. 1992. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.ADMIN.CH/OPC/FR/CLASSIFIED-COMPILATION/19920310/INDEX.HTML](https://WWW.ADMIN.CH/OPC/FR/CLASSIFIED-COMPILATION/19920310/INDEX.HTML)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- CONSEIL FEDERAL SUISSE. **ORDONNANCE 921.0 SUR LES FORET**. 1991. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.ADMIN.CH/OPC/FR/CLASSIFIED-COMPILATION/19910255/INDEX.HTML](https://WWW.ADMIN.CH/OPC/FR/CLASSIFIED-COMPILATION/19910255/INDEX.HTML)>. CONSULTE LE 09/03/2020.

- COPALME. **MEMENTO DU GRIMPEUR SAUVETEUR SECOURISTE**. 2017.
- FISCHESSER BERNARD. **LA VIE DE LA MONTAGNE**. 2009.
- FITEC, **BEST PRACTICE GUIDELINES FOR CABLE LOGGING**. 2000, EDITION REVISEE EN 2005.
- FORET SUISSE. **CLASSEUR DE BUCHERONNAGE FORET SUISSE**. 2019.
- FREHNER MONIKA, WASSER BRÄCHT, SCHWITTER RAPHAEL. **GESTION DURABLE DES FORETS DE PROTECTION**. 2005. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.GEBIRGSWALD.CH/FR/NAIS-DOWNLOAD.HTML](http://www.gebirgswald.ch/fr/NAIS-DOWNLOAD.HTML)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- FRUTIG F., FAHRNI F., STETTLER A., EGGER A. **LA RECOLTE MECANISEE DES BOIS SUR TERRAIN EN PENTE**. 2007. LA FORET N°60, 6: 16-21.
- GAUQUELIN XAVIER ET COURBAUD BENOIT, ONF (EN COORDINATION DE L'OUVRAGE). **GUIDE DES SYLVICULTURES DE MONTAGNE – ALPES DU NORD FRANÇAISES**. 2006. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.POLE-GESTION.FR/UPLOADS/GED/DOCUMENT/2017-09/GUIDE%20DES%20SYLV%20DE%20MONTAGNE-CEMAGREF.PDF](http://www.pole-gestion.fr/uploads/ged/document/2017-09/GUIDE%20DES%20SYLV%20DE%20MONTAGNE-CEMAGREF.PDF)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- GOUBET FABIEN. **LE POLE NORD MAGNETIQUE PERD LA BOUSSOLE**. 2019. LE MONDE SCIENCES. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.LEMONDE.FR/SCIENCES/ARTICLE/2019/02/19/LE-POLE-NORD-MAGNETIQUE-PERD-LA-BOUSSOLE_5425420_1650684.HTML](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2019/02/19/le-pole-nord-magnetique-perd-la-boussole_5425420_1650684.html)>. CONSULTE LE 11/03/2020.
- GRULOIS STEPHANE, MAGAUD PAUL. **NEWFOR : DES OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR AMELIORER LA MOBILISATION DES BOIS EN MONTAGNE**. 2012. FCBA INFO. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.FCBA.FR/CATALOGUE/1ERE-TRANSFORMATION-APPROVISIONNEMENT/ACTIONS-COLLECTIVES/NEWFOR-NEW-TECHNOLOGIES-BETTER-MOUNTAIN-FOREST-TIMBER-MOBILIZATION](http://www.fcba.fr/catalogue/1ERE-TRANSFORMATION-APPROVISIONNEMENT/ACTIONS-COLLECTIVES/NEWFOR-NEW-TECHNOLOGIES-BETTER-MOUNTAIN-FOREST-TIMBER-MOBILIZATION)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- GRULOIS STEPHANE, MAGAUD PAUL, PERINOT CHRISTOPHE. **LA RECOLTE FORESTIERE EN MONTAGNE, NOUVEAUX SYSTEMES ET TECHNOLOGIES INNOVANTES**. 2014. CAHIERS NEWFOR, FCBA. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.FCBA.FR/SITES/DEFAULT/FILES/PRODUIT_COLLECTIF/DOCUMENTS/CAHIERNEWFOR.PDF](http://www.fcba.fr/sites/default/files/produit_collectif/documents/cahiernewfor.pdf)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- GRULOIS STEPHANE, MAGAUD PAUL, BOGGIO BAPTISTE. **ETAT DES LIEUX DU DEBARDAGE PAR CABLE EN FRANCE ET SUISSE ROMANDE**. 2017. FCBA. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.FCBA.FR/SITES/DEFAULT/FILES/PRODUIT_COLLECTIF/DOCUMENTS/B01466_ETAT_DES_LIEUX_DU_DEBARDAGE_PAR_CABLE_EN_FRANCE_ET_EN_SUISSE_ROMANDE_RAPPORT_FINAL.PDF](https://www.fcba.fr/sites/default/files/produit_collectif/documents/b01466_etat_des_lieux_du_debardage_par_cable_en_france_et_en_suisse_romande_rapport_final.pdf)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- HERZOG KLAUS. **PRESENTATION « STEEL WIRE ROPES »** (COMMUNICATIONS PERSONNELLES LORS D'UNE VISITE LE 1ER JUIN 2018). 2018. HERZOG FORSTTECHNIK AG.
- HUNTER HARRILL, RIEN VISSER. **WHAT IS THE BEST RIGGING CONFIGURATION TO USE IN NEW-ZEALAND CABLE LOGGING OPERATIONS**. 2011. 34TH COUNCIL ON FOREST ENGINEERING, QUEBEC.
- INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRS, FRANCE). **ACCESSOIRES DE LEVAGE, MEMENTO DE L'ELINGUEUR**. 2014.
- JAKOB AG. **JAKOB ROPE SYSTEMS**. 2015.
- KAUFMANN GERI, STAEDELI MARTIN, WASSER BERCHTHOLD. **EXIGENCES DE BASE D'UNE SYLVICULTURE PROCHE DE LA NATURE. RAPPORT DE PROJET**. 2010. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.BAFU.ADMIN.CH/DAM/BAFU/FR/DOKUMENTE/WALD-HOLZ/UD-UMWELT-DIVERSES/GRUNDANFORDERUNGENANDENNATURNAHENWALDBAUPROJEKTBERICHT.PDF.DOWNLOAD.PDF/EXIGENCES_DE_BASEDUNESYLVICULTUREPROCHEDELANATURERAPPORTDEPROJET.PDF](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/wald-holz/ud-umwelt-diverses/grundanforderungenandennaturnahenwaldbauprojektbericht.pdf.download.pdf/exigences_de_basedunesylvicultureprochedelanaturerapportdeprojet.pdf)>. CONSULTE LE 09/03/2020.
- LADIER JEAN. **REGENERATION NATURELLE DU MELEZE D'EUROPE : LA GESTION COMPTE PLUS QUE LA STATION**. 2003. RENDEZ-VOUS TECHNIQUES DE L'OFFICE NATIONAL DES FORETS N°2.

- LADIER JEAN (ONF), REY FREDDY (IRSTEA) ET DREYFUS PHILIPPE (INRA). **GUIDE DES SYLVICULTURES DE MONTAGNE – ALPES DU SUD FRANÇAISES**. 2012. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.OFME.ORG/DOCUMENTS/SYLV/GUIDE_DES_SYLV_DE_MONTAGNE_SUD_2012_LIGHT.PDF](https://www.ofme.org/documents/sylviculture/guide_des_sylv_de_montagne_sud_2012_light.pdf)>. CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- LAMA. **TOPOGRAPHIE / ORIENTATION**. DATE INCONNUE. DISPONIBLE SUR <[HTTP://ARWANN.COM/?PAGE_ID=1482](http://arwann.com/?page_id=1482)>, CONSULTÉ LE 11/03/2020.
- LAURIER JEAN-PIERRE, FCBA. **DEBARDAGE PAR CABLE AERIEN : BONNES PRATIQUES POUR OPERER EN SECURITE**. 2007.
- LIRA, NEW ZEALAND LOGGING INDUSTRY RESEARCH ASSOCIATION. **CABLE LOGGING HANDBOOK**. 1983.
- PARLEMENT FRANÇAIS. ARTICLE L124-5 DU CODE FORESTIER : AUTORISATION DE COUPE A DEFAUT DE GESTION DURABLE. 2015. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.LEGIFRANCE.GOUV.FR/AFFICHCODE.DO;JSESSIONID=D57813A661A5FE82C0839672BDF34D51.TPLGFR33s_3?idSectionTA=LEGISCTA000025248677&cidTexte=LEGITEXT000025244092&dateTexte=20181122](https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=D57813A661A5FE82C0839672BDF34D51.TPLGFR33s_3?idSectionTA=LEGISCTA000025248677&cidTexte=LEGITEXT000025244092&dateTexte=20181122)>. CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- MAGAUD PAUL, PERINOT CHRISTOPHE. **CHANTIER DE THONES (74), UTILISATION DE CHOKERS AUTOMATIQUES LORS D'UN DEBARDAGE PAR CABLE MAT**. 2008. COMPTE-RENDU DE SUIVI DE CHANTIER FCBA. DISPONIBLE SUR WWW.FCBA.FR CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- MAGAUD PAUL. **LE CABLE SYNTHETIQUE EN EXPLOITATION FORESTIERE : SYNTHESE DE 3 ANNEES DE SUIVIS**. 2011. FCBA INFO. DISPONIBLE SUR WWW.FCBA.FR/FCBAINFO CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- MAGAUD PAUL. **CABLE MAT ET SYLVICULTURE : UN CHANTIER TEST A CUNHLHAT (63)**. 2014. FCBA INFO. DISPONIBLE SUR WWW.FCBA.FR/FCBAINFO . CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- MEUNIER JEAN-LOU. **L'ESTIMATION DE LA RESSOURCE EN COUPES A CABLE, UNE PREMIERE DANS LES PYRENEES-ATLANTIQUES**. 2006. RENDEZ-VOUS TECHNIQUES DE L'ONF N°11 (P 3-6). DISPONIBLE SUR <[HTTPS://WWW.ONF.FR/+17F::RENDEZ-VOUS-TECHNIQUES-DE-LONF-NO-11.HTML](https://www.onf.fr/+17f::rendez-vous-techniques-de-lonf-no-11.html)>. CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- MULLENBACH PIERRE. **REBOISEMENTS D'ALTITUDE**. 2000.
- MUNOZ ALAIN. **LE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE : LES NOUVEAUX RECEPTEURS AMELIORENT-ILS LES PERFORMANCES SOUS COUVERT FORESTIER ?** 2014. RENDEZ-VOUS TECHNIQUES DE L'OFFICE NATIONAL DES FORETS N°43.
- OFFICE NATIONAL DES FORETS, CRPF RHONE-ALPES, PEFC RHONE-ALPES. **ADDITIF 2017 DE LA SYNTHESE POUR LES ALPES DU NORD ET LES MONTAGNES DE L'AIN (2006)**. 2017. DISPONIBLE SUR <[HTTPS://AUVERGNERHONEALPES.CNPF.FR/DATA/G17_ADDITIFS_ALPES.PDF](https://auvergnerhonealpes.cnpf.fr/data/g17_additifs_alpes.pdf)>. CONSULTÉ LE 03/09/2020.
- OREGON OSHA. **YARDING AND LOADING HANDBOOK**. 2013.
- PARVEX FRANÇOIS, PACCOLAT ROGER. **PARCOURS DE L'HONGRIN**, FICHES DIDACTIQUES. 2017.
- PNR DU VERCORS. **COUPE A CABLE, ANALYSE DES IMPACTS PAYSAGERS**. 2013. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.PARC-DU-VERCORS.FR/COUPE-CABLE-ETUDES-1447.HTML](http://www.parc-du-vercors.fr/coupe-cable-etudes-1447.html)>. CONSULTÉ LE 09/03/2020.
- SAMSET IVAR. **WINCH AND CABLE SYSTEMS, CONSTRUCTION WORK AND FOREST OPERATIONS**. 1985. MARTINUS NIJHOFF / DR W. JUNK PUBLISHERS. 539P. ISBN 90-247-3205-0.
- SARDIN THIERRY. **GUIDE DES SYLVICULTURES – MASSIF VOSGIEN : SAPIN, EPICEA ET PIN SYLVESTRE**. 2012.
- SARDIN THIERRY. **GUIDE SYLVICULTURES HETRAIES ET HETRAIES SAPINIÈRES DES PYRENEES**. 2016.
- SCHMERBER CATHERINE. **LA LUMIERE ET LA FORET**. 1997. BULLETIN TECHNIQUE DE L'OFFICE NATIONAL DES FORETS N° 34.

SCHUTZ JEAN-PHILIPPE, BRANG PETER. **L'HORIZONTOSCOPE : UN ETONNANT OUTIL PRATIQUE DE SYLVICULTURE, NOTAMMENT EN HAUTE MONTAGNE.** 1995. BULLETIN TECHNIQUE DE L'OFFICE NATIONAL DES FORETS N° 28.

SCHWITTER RAPHAEL. **SOINS AUX FORETS DE MONTAGNE ET AUX FORETS DE PROTECTION – AIDE PRATIQUE.** 2013.
DISPONIBLE SUR
<[HTTP://WWW.GEBIRGSWALD.CH/TL_FILES/GEBIRGSWALD/FR/11_PRAXISHILFE/AKTUELLE_VERSION/AIDE_PRATIQUE_CSM.PDF](http://www.gebirgswald.ch/TL_FILES/GEBIRGSWALD/FR/11_PRAXISHILFE/AKTUELLE_VERSION/AIDE_PRATIQUE_CSM.PDF)>. CONSULTE LE 09/03/2020.

SEYTRE DOMINIQUE. **RECOLTE DES BOIS SUR TERRAINS PENTUS : CABLE AERIEN ET DIVERSES PERSPECTIVES.** 2015. LE BOIS INTERNATIONAL. DISPONIBLE SUR <[HTTP://WWW.LEBOISINTERNATIONAL.COM/RECOLTE-DES-BOIS-SUR-TERRAINS-PENTUS-CABLE-AERIEN-ET-DIVERSES-PERSPECTIVES/](http://www.leboisinternational.com/recolte-des-bois-sur-terrains-pentus-cable-aerien-et-diverses-perspectives/)>. CONSULTE LE 09/03/2020.

SOCIETE FORESTIERE DE FRANCHE-COMTE. **VADE-MECUM DU FORESTIER,** XIV EDITION. 2016.

SPINELLI RAFFAELE. **MANUALE PER L'EBOSCO CON GRU A CAVO MOBILE,** CHAPITRE 8. DATE INCONNUE.

STUDIER DONALD. **CARRIAGES FOR SKYLINES.** 1993. COLLEGE OF FORESTRY, FOREST RESEARCH LABORATORY OREGON STATE UNIVERSITY, RESEARCH CONTRIBUTION 3.

SUVAPro. **GRUES A CABLE FORESTIERES, NORMES, REGLES ET TABELLES.** 1998.

TOUFFAIT REGINE, OFFICE NATIONAL DES FORETS (EN COORDINATION DE L'OUVRAGE). **GUIDE TECHNIQUE DES TRAVAUX ROUTIERS FORESTIERS « MONTAGNE ».** 2016.

VARIOUS AUTHORS. **SOUTH AFRICAN CABLE YARDING SAFETY AND OPERATING HANDBOOK,** THIRD EDITION. 2017. EDITED BY ICFR.

VERREET ROLAND, BUNSE ROLF, GMBH CASAR. **SPEZIALDRAHTSEILE, STAHLDRAHTKRÄNE, PROBLEME UND LÖSUNGEN.** 2001.

WORKSAFE BC. **CABLE YARDING SYSTEMS HANDBOOK.** 2006.

WYSSSEN SEILBAHNEN. **MONTAGE DE LIGNES DE CABLE ET EQUIPEMENT. SEILBAHNMONTAGE AUSRÜSTUNG.** 2017.



Photographie issue de l'exposition itinérante du projet FORMICABLE « Des câbles et des hommes »

par Florent Pedrini

En France, en Suisse et dans le monde entier, de nombreuses forêts ne permettent pas la circulation terrestre des machines habituelles de mobilisation des bois (machine de bûcheronnage, porteur, débusqueur). Cela concerne les forêts en forte pente, avec des rochers ou talwegs, sur milieu humide et peu portant, ou encore ayant des restrictions réglementaires telles que les zones de captage d'eau potable.

Le débardage par câble aérien est une technique éprouvée, mise en pratique dès le début du vingtième siècle, et aujourd'hui modernisée. Elle permet de mobiliser les bois dans toutes les configurations de terrain. De plus, ce moyen de récolte limite la création de desserte et la pénétration dans les massifs, participant ainsi à la préservation des écosystèmes forestiers et de leur diversité biologique.

Le débardage par câble aérien est cependant complexe à mettre en œuvre et demande une haute technicité aux acteurs de la récolte. De plus, les bilans financiers des coupes sont fragilisés par des coûts de mobilisation élevés, limitant le déclenchement des chantiers.

Ce guide technique a pour vocation d'accompagner tous les acteurs du débardage par câble aérien, qu'ils soient propriétaires forestiers, gestionnaires, opérateurs de terrain ou chefs d'entreprise câbliste, et de contribuer ainsi au développement de cette technique et à la pérennité des entreprises.

