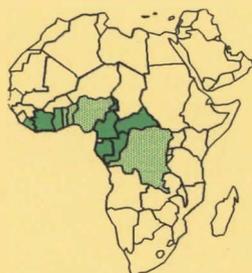

Exploitation forestière en forêt dense africaine

Octobre 1997



Projet FORAFRI



CIRAD-Forêt

CIRAD-Forêt
Campus International de Baillarguet
BP 5035
34032 Montpellier cedex 1

Tél : 04 67 59 37 69

Fax : 04 67 59 37 33

Table des matières

Chapitre 1

Mensuration des bois, définition des volumes utilisés	4
11 - Situation géographique de la forêt tropicale, superficies, potentiel	6
111 - Situation géographique	6
112 - Superficie et potentiel des formations forestières denses humides	6
113 - Le bois d'oeuvre	8
114 - Déforestation	11
12 - Production des bois tropicaux	13
13 - Caractéristiques générales de la forêt dense humide tropicale liées à sa mobilisation	20
131 - Types de forêts	20
132 - Conditions de terrain	20
133 - Structures de la forêt dense humide tropicale	21
134 - Composition très mélangée de la forêt en Afrique	22
14 - Conditions générales dans lesquelles se pratique l'exploitation forestière tropicale	26
141- Environnement général	26
141.1 - Terrain et topographie	26
141.2 - Climat et pluviométrie	27
142 - Pénétration des forêts non équipées et souvent mal connues	31
143 - Conséquences des considérations précédentes	32
144 - Action de l'exploitation sur la forêt	34

Chapitre 2

Structure générale de l'exploitation	38
21 - Opérations effectuées par l'exploitation. Intégration des activités	38
22 - Types d'entreprise	41
23 - Concessions d'exploitation forestière	41
24 - Définition des divers prix des bois	42
25 - Structure du prix de revient des grumes départ chantier	44
251 - Prix de revient analytique par opération	44
252 - Prix de revient par postes comptables	45
26 - Constitution des prix de revient de chantier à FOB	47
261 - Composition du prix de revient plage des grumes	47
262 - Formation du prix de revient FOB des grumes	48
27 - A quoi correspond le "PRIX" (de vente ou d'achat) d'une essence	49

Chapitre 3

Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection 51

31 - Justification	51
32 - Informations que la prospection doit fournir à l'exploitant	52
33 - Etapes progressives de la prospection	53
34 - Reconnaissance générale	54
341 - Etude des documents existants	54
341.1 - Cartes	54
341.2 - Photographies aériennes	55
341.3 - Inventaires déjà réalisés	56
341.4 - Rapport volume brut/volume commercialisable	57
342 - Reconnaissances au sol	58
343 - Reconnaissances et observations aériennes	59
343.1 - Méthode de travail	59
343.2 - Notation des observations	60
343.3 - Considérations pratiques	60
343.4 - Identification de certaines essences	61
35 - Inventaire par sondage	63
36 - Inventaire systématique en plein (à 100 %)	64
361 - Justification	64
362 - Informations à fournir	64
363 - Date d'exécution de l'inventaire	65
364 - Coût et nécessité de l'inventaire	66
365 - Méthode	66
365.1 - Layonnage	66
365.2 - Comptage des arbres	69
365.3 - Croquis et cartes	71
365.4 - Appréciation des volumes exploitables	71
365.41 - Méthode pratique	71
365.42 - Amélioration	72
366 - Cadences de travail	72
366.1 - Layonnage	73
366.2 - Comptage - Deux exemples :	73
366.3 - Logistique	74
367 - Matériel utilisé	74
368 - Considérations sur l'inventaire total	75
368.1 - Précision recherchée	75
368.2 - Nécessité de l'inventaire total	76

Chapitre 4

L'exploitation forestière proprement dite	78
41 - Généralités sur les méthodes et les techniques	78
411 - Répartition de la production au cours de l'année	78
412 - Caractéristiques volumétriques des bois exploités	80
412.1 - Diverses catégories de volume	80
412.2 - Dimensions des arbres	81
412.3 - Dimensions des billes	84
412.4 - Densité des bois à l'état vert	87
412.41 - Définitions	87
412.42 - Densités pratiques	87
413 - Le matériel d'exploitation forestière	90
413.1 - Matériel de base	90
413.2 - Matériel de service et de liaison	94
413.3 - Matériels divers	95
413.4 - Densité de carburants	95
413.5 - Réflexions générales	96
414 - L'utilisation du matériel, méthodes de mesure, résultats généraux	96
414.1 - Unités de mesure	96
414.2 - Durées d'utilisation	97
414.21 - Durée de la journée ou du poste de travail	97
414.22 - Utilisation annuelle des matériels	97
414.3 - répartition de l'emploi de temps des engins	98
414.4 - comparaison temps horomètre machine - TTE	101
414.5 - Proportion du temps effectivement passé aux travaux pour lesquels les engins sont prévus.	102
414.6 - Utilisation des résultats pour les calculs de productivité	103
42 - Façonnage	104
421 - Abattage	105
421.1 - Forme des arbres, empâtements et contreforts	105

421.2 - Abattage à la hache	106
421.21 - Niveau d'abattage à la hache	106
421.22 - Direction d'abattage	106
421.23 - Technique	106
421.24 - Considérations	107
421.3 - Abattage à la scie à chaîne	108
421.31 - Méthode d'abattage à la scie à chaîne	109
421.311 - Détermination de la direction de chute	109
421.312 - Niveau d'abattage	110
421.313 - Ouverture des contreforts	110
421.314 - Entaille de direction	111
421.315 - Section d'abattage	112
421.32 - Défauts d'abattage	113
421.4 - Organisation et résultats	114
421.41 - Personnel	114
421.42 - Productivité	114
421.43 - Sécurité	115
421.44 - Importance du vent	116
421.45 - Epoque d'abattage	116
422 - Tronçonnage	117
422.1 - Ecimage ou étêtage	117
422.2 - Coupe de la culée	117
422.3 - Lieu de tronçonnage	117
422.4 - Mode opératoire	118
422.41 - Matériel	119
422.42 - Précautions opératoires	119
422.5 - Règles de découpe	120
422.6 - Organisation du parc	122
422.7 - Productivité du tronçonnage	123
423 - Matériel d'abattage et de tronçonnage	123
423.1 - Outillage manuel	123
423.2 - Outillage mécanique	124
423.21 - Scie à chaîne à 2 hommes (pour mémoire)	124
423.22. - Scies à chaîne à 1 homme (à essence)	124

424 - Ecorçage	125
424.1- Pratique de l'écorçage	125
424.2 - Rôle protecteur de l'écorce	125
424.3 - Ecorçage et traitements de préservation	126
425 - Désaubierage	126
426 - Mesures d'ordre - Marquage des billes	127
427 - Protection des grumes d'espèces fragiles	129
43 - Débardage	131
431 - Définitions	131
432 - Généralités	132
432.1 - Organes de contact des engins avec le sol	132
432.2 - Caractéristiques des pneus	133
432.3 - Comportement des engins sur sol forestier	135
432.4 - Ordres de grandeur des facteurs affectant l'utilisation des matériels	136
433 - Techniques diverses de débardage des bois d'oeuvre tropicaux	139
433.1 - Débardage manuel	139
433.2 - Traction animale	139
433.3 - Tracteurs agricoles	139
433.4 - Tracteurs à pneus et triqueballe	139
433.5 - Camions tous terrains débardeurs	140
433.6 - Débardage et transport sans rupture de charge	140
433.7 - Débardage par câbles	140
434 - Débardage par tracteurs	141
434.1- Tracteurs à chenilles	142
434.11 - Adaptation au travail en forêt	57
434.12 - L'arche de débardage	57
434.2 - Caractéristiques des tracteurs à pneus	146
434.21 - Conception et équipement forestier	57
434.22 - Puissances utilisées	57
434.3 - Câbles de débardage pour tracteurs à pneus et à chenilles	148
434.4 - Schémas de débardage	151
434.41 - Débardage en une phase	57
434.42 - Débardage en deux phases, avec rupture de charge en forêt	57
434.43 - Parcs à grumes - tronçonnage	57
434.5 - Production des tracteurs	154
434.51 - Débardage en une phase en terrain facile ou moyen (cas de la Côte d'Ivoire par exemple)	57
434.52 - Débardage en deux phases en terrain accidenté (cas du Gabon)	57
434.53 - Exemple relevé au Cameroun	57
434.6 - Tracteurs à chenilles ou tracteurs à pneus ?	167

434.7- Charges utiles maximales des tracteurs	168
44 - Manutentions et chargement des véhicules de transport	169
441- Manutentions sur parc en forêt - Généralités	169
442 - Méthodes de manutentions diverses utilisées par le passé en forêt	170
442.1 - Manutentions et chargement par engins de levage	170
442.11 - Chargeurs réalisés à partir de camions	57
442.12 - Câble aérien et treuil	57
442.2 - Préchargement	172
442.21 - La chèvre	57
442.22 - Mat ou bigue en A	57
442.23 - "Grue à béquilles" ou chèvre mobile motorisée	57
442.24 - Considérations générales	57
442.3 - Chargement sur le côté	175
442.31 - Chargement à la main. Pour mémoire	57
442.32 - Chargement au bulldozer (voir au paragraphe 443.2	57
442.33 - Chargement au câble	57
443 - Méthodes de manutention actuelles en forêt	176
443.1 - Monte-grumes mécanique	177
443.2 - Chargement au bulldozer	179
443.3 - Chargeur frontal	180
443.4 - Grue en forêt	184
444 - Déchargement des camions	185
444.1 - Déchargement au cric	185
444.2 - Déchargement au monte-grumes	186
444.3 - Déchargement au chargeur frontal	186
444.4 - Déchargement à la bigue	186
445 - Manutentions sur parcs d'usine, parcs de rupture de charge, parcs d'exportateurs, en gare, sur terre-plein de ports, etc	187
445.1 - Chargeurs frontaux	187
445.2 - Portiques roulants - Ponts roulants - Derricks	188
445.3 - Grues	189
445.4 - Câble aérien de type "Blondin"	189
446 - Ordres de grandeur concernant les manutentions portuaires de grumes	190
447 - Productivité d'engins type 966 utilisés sur parcs de rupture de charge ou parc d'exportateurs	191
448 - Accessoires de manutentions	192

Chapitre 5

Les transports	194
51 - Transports routiers	196
511 - Les billes à transporter	196
512 - Types de véhicules - Attelages	196
512.1 - Camion porteur solo	196
512.2 - Camion porteur + remorque 2 essieux	196
512.3 - Attelages "grumiers" articulés	197
512.4 - Semi-remorque plateau	197
513 - Attelages grumiers articulés	197
513.1 - Nombre d'essieux	197
513.2 - Essieux moteurs du tracteur	198
513.3 - Caractéristiques de puissance et de poids	199
513.4 - Répartition des charges par essieu	200
513.5 - Répartition des charges et choix des trains routiers	201
514 - Equipements	202
514.1 - Tracteurs routiers	202
514.2 - Pneumatiques	203
514.3 - Suspension - Stabilité latérale	204
514.4 - Conception des remorques	204
514.5 - Attelages	204
514.5 - Attelage du timon en arrière de la traverse grumière pivotante du trac	205
514.52 - L'attelage du timon à l'arrière du tracteur	205
514.6 - Le retour à vide des grumiers	206
514.7 - Traverses à grumes	207
515 - Organisation du roulage et prix de revient	209
515.1 - Nombre de jours de roulage annuel	209
515.2 - Nombre de rotations annuelles	209
515.3 - Kilométrages annuels et durées d'amortissement	210
515.4 - Coût du transport	211
515.5 - Récapitulation des facteurs de coûts de transports dans quelques exemples types	213
52 - Transport par eau	215

521 - Les voies d'eau	215
522 - Le flottage par billes isolées	217
522.1 - "Descente" avec la crue (p.m.)	217
523 - Le flottage en radeaux	218
523.1 - Assemblage des radeaux	218
523.2 - Tonnage des radeaux	220
523.3 - Matériel des radeaux	221
524 - Chalands et plates	222
525 - Technique du remorquage (et du poussage)	223
526 - Remorqueurs et pousseurs	224
527 - Prix de revient du flottage	225
53 - Transports par fer	226
531 - Voie de 60	226
532 - Chemins de fer publics	226
54 - Complémentarité et concurrence des moyens de transport	228

Chapitre 6

Infrastructure routière	238
61 - Généralités	238
611 - Qui construit les routes forestières ?	239
612 - Caractères particuliers des routes forestières	240
612.1 - Le réseau routier doit, grâce à ses ramifications, desservir tout le massif forestier qu'il pénètre grâce à ses ramifications	240
612.2 - Les routes sont privées	240
612.3 - Le trafic	241
612.4 - Sens privilégié du trafic	241
612.5 - Caractère temporaire des routes	242
612.6 - Imputation des dépenses routières sur la coupe annuelle	242
612.7- Routes toutes saisons. Routes de saison sèche	242
613 - Règles générales de construction des routes	243
614 - Comparaison entre coût des routes forestières et coût des routes publiques	244
615 - Cas particulier de l'exploitation papetière	245
62 - Composition du réseau routier	246
621 - Routes de liaison ou d'accès au chantier	247
622 - Routes principales internes au chantier	247
623 - Routes secondaires et épis routiers	247
63 - Caractéristiques géométriques des routes	249
631 - Profil en travers	249
631.1 - Profil de la chaussée et accotements	250
631.2 - Fossés	251
631.3 - Largeur des routes	252
632 - Tracé en plan - Les courbes	252
632.1 - Courbes - dévers	253
632.2 - Surlargeurs dans les courbes	254
632.3 - Emplacements des courbes - Ponts	254
632.4 - Visibilité en courbe	255
633 - Profil en long	256
633.1 - <i>Ecoulement des eaux - le ravinement</i>	256
633.2 - Véhicules dans les rampes et pentes	256
64 - Les routes en sol compacté	257
641 - Propriétés mécaniques des sols	257
641.1. Granulométrie du sol	258
641.2 - Effet de l'eau	259
642 - Constitution des chaussées	260
642.1 - Rôle des différentes couches	260

642.2 - Sol naturel	260
642.3 - La couche d'amélioration	261
643 - Stabilisation et compactage	262
644 - Action de l'eau dans la chaussée	263
644.1 - Eviter la pénétration de l'eau	264
644.2 - Evacuation des eaux de pluie : fossés et exécutoires	264
644.3 - Drainage des couches constitutives de la chaussée	265
644.4 - Ensoleillement et aération de la chaussée	266
645 - Roulage en saison des pluies	267
65 - Techniques de construction des routes	267
651 - Etude de tracé	267
651.1 - Examen d'ensemble des documents	268
651.2 - Tracé provisoire	270
651.3 - Reconnaissances particulières sur le terrain	271
651.4 - Choix du tracé définitif	272
651.5 - Piquetage du tracé définitif	273
652 - Travaux de construction	273
652.1 - Matériels et matériaux utilisés	273
652.2 - Déforestation	274
652.3 - Terrassement	274
652.4 - Ensoleillement latéral	275
652.5 - Extraction et transport des matériaux d'apport	275
652.6 - Nivellement	277
652.7 - Compactage	278
652.8 - Drainage : fossés, exutoires, buses et dalots	279
653 - Ponts forestiers	281
653.1 - Choix de l'emplacement	282
653.2 - Choix d'un type de pont	282
653.3 - Les supports des ouvrages : culées et appuis intermédiaires ou piles	283
653.4 - Travure et platelage	285
653.5 - Essences forestières à recommander pour la construction des ponts forestiers	286
654 - Entretien des routes	288
654.1 - Entretien courant	288
654.2 - Rechargement de la chaussée	289
654.3 - Autres opérations d'entretien	290
654.4 - Délai avant utilisation des routes - Planification de mise en service	290
66 - Développement des réseaux routiers et coûts techniques - données générales	291
661 - Développement des réseaux routiers	291
661.1 - Débardage direct de la souche à la route utilisable par des camions	291
661.2 - Débardage en deux phases	291
662 - Kilométrages construits par les exploitations	292
663 - Coûts techniques de construction des routes	293

663.1 - Coût technique de l'intervention des tracteurs à chenilles	293
663.2 - Coût technique de l'ensoleillement latéral	294
663.3 - Apport d'une couche d'amélioration (latérite)	295
663.4 - Coûts techniques du nivellement	296

Chapitre 7

Organisation générale de l'exploitation - personnel - matériel 298

71 - Rappel de quelques aspects	299
711 - Primauté du matériel à chenilles	299
712 - Importance des transports	299
72 - Installation des exploitations - les phases préparatoires	301
721 - Les concessions forestières	301
722 - Permis d'exploitation	302
723 - Début de l'inventaire	302
724 - Mise en place du personnel - recrutement	303
725 - Installation du ou des chantiers-constructions	303
727 - Travaux routiers	304
73 - Personnel	305
731 - Personnel d'encadrement	305
732 - Personnel d'exécution	306
733 - Logement	307
74 - Temps de travail annuel	308
75 - Organigramme de l'exploitation exemples concrets d'entreprises	310
751 - organigramme	310
752.1 - exemple d'exploitation en zone accidentée	313
752.2 - Exemple d'exploitation en zone facile (type Côte d'Ivoire, Est Cameroun, RCA)	316
76 - Productivité du personnel - comparaison entre exploitations	318
77 - Investissements	321
771 - Frais de première installation	321
772 - Matériel fixe	321
773 - Matériel mobile d'exploitation jusqu'à départ chantier - ratio d'investissement	322
774 - Matériel de transport et de manutention	322
775 - Récapitulation investissements totaux	323

Chapitre 8

Prix de revient - prix de revient analytique	325
81 - Le point de vue comptable	325
82 - Prix de revient analytique	328
83 - Etablissement du prix de revient analytique	330
831 - Rapports de chantier	330
832 - Prix de revient des matériels (en coûts directs)	331
833 - Prix de revient par opération d'exploitation	339
84 - Effet d'échelle, coût marginaux, coût par types de production	341
841 - Variation des prix de revient. Départ chantier en fonction du volume exploité à l'hectare.	341
842 - Prix de revient par types de produits	342
85 - Rentabilité	346

Avant-Propos

Cet ouvrage présente l'Exploitation Forestière en zone tropicale africaine, en forêt dense humide de feuillus, pour la production de bois d'oeuvre, sur sol ferme, en plaine, en zone de collines ou de "moyenne montagne" s'élevant à 700 m au maximum.

Sauf exception, elle a lieu en forêt naturelle, c'est-à-dire dans une forêt qui s'est installée spontanément et s'est développée sans intervention humaine.

Les produits sont des bois d'oeuvre destinés au sciage, au déroulage ou au tranchage.

Nous parlerons aussi, des méthodes qui y sont utilisées.

L'exploitation de forêts plantées à but énergétique ou industriel se développe dans certains pays (Congo, par exemple) et est vraisemblablement appelée à une grande extension. Mais les problèmes qui se posent sont différents de ceux de l'exploitation de bois d'oeuvre. Pour l'essentiel, les matériels et les méthodes utilisés en pays tempérés semblent alors extrapolables.

Ce qui suit résulte de l'expérience essentiellement africaine acquise de 1950 à maintenant. Nous présenterons des méthodes d'exploitation actuelles, mais, nous aborderons aussi ce qui s'est fait dans le passé : cela peut contenir des informations encore utiles aujourd'hui. Il ne faudra pas s'étonner de voir évoquer des espèces ou des conditions de travail qui sont devenues rares aujourd'hui. Si nous faisons référence, par exemple, à l'exploitation de Sipo, en plaine, en Côte d'Ivoire, cela signifie "exploitation de gros bois en terrain facile". Cela existe toujours.

Mensuration des bois, définition des volumes utilisés

Chapitre 1

Conditions générales dans lesquelles se situe l'exploitation forestière tropicale

Nous devons pour commencer décrire le cadre dans lequel se développe l'exploitation tropicale.

L'exploitation tropicale en forêt dense :

- a eu lieu, jusqu'à présent, pratiquement toujours **en forêt non aménagée** ;
- a lieu dans une forêt **très hétérogène** où seuls les bois d'une taille suffisante pour le sciage, le déroulage ou le tranchage, et de certaines espèces seulement sont économiquement exploitables ;
- fournit des produits généralement de grosses dimensions, donc lourds. La quête de produits de petite taille, très dispersés au milieu d'une forêt hétérogène serait trop coûteuse.

Forêt non aménagée en 1997 signifie plusieurs choses :

- a - Il n'existe pas de plans d'aménagement, c'est-à-dire de plan de production et de gestion des coupes, permettant une gestion pérenne des ressources.
- b - Au mieux, l'attribution d'une concession d'exploitation s'assortit d'un programme de production portant sur les seules espèces économiquement commercialisables, les autres restant sur pied pour des coupes futures.
- c - L'exploitation récolte des arbres mûrs ; concrètement de diamètres supérieurs selon les espèces à 60, 70 ou 80 cm (ce qui correspond le plus souvent à la réglementation).

L'exploitation entame donc le capital sur pied ; on sait encore mal comment celui-ci se reconstitue après la seule intervention humaine qu'est l'exploitation, mais il est considéré après diverses expérimentations que, dans des conditions de prélèvements légers, inférieurs à 30 m³ par ha, tels que pratiqués en forêt dense africaine, l'exploitation entraîne généralement une relance de la dynamique.

Ce n'est évidemment plus du tout le cas, lorsque les volumes exploités (50, 100 ou même parfois 200 m³ à l'ha) perturbent trop fortement l'écosystème ou conduisent pratiquement à sa disparition.

- d - Forêt non aménagée signifie aussi que le réseau routier mis en place dans les massifs forestiers n'existe pas. Pas davantage les campements nécessaires à l'installation des hommes et des machines. L'accès plus ou moins proche aux massifs forestiers est assuré par les axes routiers publics dont le réseau est plus ou moins lâche, certaines fois par des voies d'eau ou des voies ferrées. A partir de là, c'est à l'exploitant forestier d'intervenir et de devenir entrepreneur de travaux routiers.

Nous devons maintenant

- rappeler où se situe la forêt tropicale dans le monde, ainsi que sa superficie et l'estimation de son potentiel ;
- se remémorer brièvement ce qu'est le commerce international des bois tropicaux ;
- décrire succinctement la forêt tropicale dense humide ;
- déduire de ce qui précède le cadre général de l'exploitation.

Puisque nous parlerons constamment de volumes de bois, il nous faut, d'abord préciser les règles de mensuration des bois en grumes, règles dont l'application sera sous-entendue dans toute la suite de l'ouvrage.

Chapitre 1

Mensuration des bois, définition des volumes utilisés

Les cubages des bois sont exprimés soit en volume, soit en tonnage. En pratique, ce tonnage résulte d'un volume multiplié par une densité : les bois sont, en effet, cubés et non pesés.

Il semble logique de commercialiser des bois d'oeuvre en utilisant le volume comme unité de compte. En effet, l'industrie utilisatrice s'intéresse à des volumes et non à des tonnages.

Au niveau de l'exploitation, le poids serait une unité de compte plus logique, car le débardage, les manutentions et le transport sont conditionnés surtout par les poids. L'exploitation est néanmoins amenée à compter avec les mêmes unités que le commerce.

Définition des volumes utilisés

Sauf mention contraire, les volumes dont il sera question ici, seront des **volumes de grumes marchandes** cubés selon la règle adoptée par l'Association Technique Internationale des Bois Tropicaux (ATIBT).

Plusieurs règles, en effet, existent en matière de mensuration des grumes marchandes :

- certains systèmes utilisent une appréciation du volume des produits à obtenir dans une grume ; c'est notamment l'option adoptée par les Américains dans la mesure en "board feet" ;
- le système utilisé par l'ATIBT consiste à mesurer le volume réel de chaque bille et à lui affecter un choix commercial, tenant compte du rendement qui sera obtenu ultérieurement en usine.

Règle de mensuration

On assimile chaque grume à un cylindre ayant

- pour longueur, la plus petite longueur mesurée selon l'axe de la grume, au décimètre couvert ;
- pour diamètre, la moyenne des quatre mensurations effectuées deux à deux en croix aux extrémités de la grume. Ces mesures sont effectuées au centimètre couvert sous écorce.

Nous reviendrons plus loin sur l'appréciation du choix commercial qui s'applique à chaque bille.

11 - Situation géographique de la forêt tropicale, superficies, potentiel

111 - Situation géographique

La forêt dense humide tropicale existe principalement sous les climats équatoriaux et subéquatoriaux, mais également sous des climats tropicaux :

- en **Afrique**, les limites extrêmes de cette forêt s'établissent sous les latitudes 10° N et 7° S ;
- en **Asie-Pacifique**, ces limites sont repoussées aux Tropiques du Cancer et du Capricorne ;
- en **Amérique**, elle est implantée entre les latitudes 20° N et S.

112 - Superficie et potentiel des formations forestières denses humides

Les estimations de 1990 de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) donnent une superficie d'environ 720 millions d'ha.

La répartition des forêts denses humides est la suivante :

Amérique (23 pays)	63 %
Afrique (37 pays)	12 %
Asie-Pacifique (16 pays)	25 %

Les principaux pays possédant de la forêt dense de production sont :

- en **Afrique** : le Zaïre avec 60,4 millions d'ha, le Cameroun avec 17 millions d'ha ; le Gabon avec 15 millions d'ha et le Congo avec 11 millions d'ha,
- en **Asie-Pacifique** : l'Indonésie avec 94 millions d'ha, la Papouasie-Nouvelle Guinée avec 30 millions d'ha, la Malaisie avec 16 millions d'ha et le Myanmar avec 12 millions d'ha,
- en **Amérique** : le Brésil avec 291 millions d'ha, la Colombie avec 47 millions d'ha, le Pérou avec 40 millions d'ha, le Venezuela avec 19 millions d'ha et le Guyana avec 11 millions d'ha. La Guyane française compte 8 millions d'ha de forêts denses.

Tableau 113 A : Superficies des formations forestières

Pays et sous-régions	Total forêts (1000 ha)	Forêts denses humides	Forêts décidues humides	Forêts décidues sèches	Formations arides	Formation désertique
AFRIQUE						
	40					
	767					
	65					
de l'Ouest sahélienne	450	0	14 437	13 029	13 285	17
de l'Est sahélienne	55	0	13 576	19 784	18 513	797
de l'Ouest centrale	607	3 230	48 523	2 583	803	0
du Sud Madagascar	204	78 880	113 564	1 512	86	0
	112	0	57 267	53 400	25 291	2 571
	145	4 507	3 777	2 219	682	0
	868					
	15					
	782					
TOTAL AFRIQUE	527 586	86 617	251 143	92 527	58 660	3 3385
ASIE-PACIFIQUE						
	63					
du Sud	931					
du Sud-Est Continentale	75	9 850	9 155	27 119	37	2 781
du Sud-Est insulaire	240	23 719	27 192	13 499	0	43
Papouasie-Nlle-Guinée	135	114 479	4 779	73	0	77
	426	29 323	705	417	0	184
	36					
	000					
TOTAL ASIE	310 597	177 371	41 832	41 108	37	3 085
AMERIQUE LATINE ET CARAIBE						
	68					
Amérique Centrale	097	12 140	13 588	1 590	759	1 424
Carai'be	47	35 707	8 483	49	5	4
Amérique du Sud	115	406 162	272 235	43 304	282	188
	802					
	904					
TOTAL AMERIQUE	918 116	454 309	294 306	44 944	1 045	1 616
TOUS PAYS TROPICAUX	1 756 299	718 297	587 281	178 579	59 742	8 086

Source : FAO - Rome 1993

113 - Le bois d'oeuvre

La richesse des forêts en bois d'oeuvre : quelle définition ?

La richesse des forêts est une notion complexe qui recouvre des concepts utilitaires (volumes de bois, qualité des bois, biodiversité, ressources non ligneuses), culturels ou plus subjectifs. Ce paragraphe est consacré à la seule richesse ligneuse en bois d'oeuvre.

Une forêt peut être caractérisée par son volume total sur pied par ha, cumulant le volume du tronc de chaque arbre, à partir d'une limite inférieure de comptage prise en général à 10 cm de diamètre. Le volume commercialisable n'en représente qu'une part formée d'espèces de qualité technologique reconnue (bois d'oeuvre) qu'elles soient commercialisées ou qu'elles puissent seulement l'être potentiellement. Le volume exploitable correspond au volume des arbres qui ont atteint un diamètre suffisant et qui peuvent faire l'objet d'une exploitation effective. Et enfin, on trouve le volume commercial qui sort effectivement de la forêt.

En Afrique :

Au sein des forêts denses, le volume total sur pied se situe aux alentours de 300 m³/ha pour des peuplements intouchés ou n'ayant subi qu'un faible prélèvement. Le volume total commercialisable varie en fonction de la composition floristique. Il est souvent supérieur à 100 m³/ha (150 m³ en forêts semi-décidues de Côte-d'Ivoire ou de RCA). Quant au volume exploitable, il oscille dans ces deux cas autour de 50 m³/ha.

En fait, à grande échelle, le prélèvement est souvent très inférieur au volume exploitable car les exploitants limitent leurs coupes aux espèces précieuses, souvent à bois rouge, qui, en raison de leur grand prix rentabilisent mieux les investissements et le transport. Ce type d'exploitation très sélective représente un prélèvement de l'ordre d'une tige par hectare pour un volume moyen de l'ordre de 10 m³. Dans les conditions les plus aisées d'exploitation, les espèces moins cotées sont davantage prélevées et des volumes de 40 m³/ha, prélevés en une ou plusieurs fois, ne sont pas rares.

Les forêts africaines sont caractérisées par une diversité floristique et une hétérogénéité structurale importante, supérieure à celle des forêts denses asiatiques et américaines. Les gros arbres de valeur, d'un mètre et plus de diamètre, très bien conformés ont constitué et constituent encore par leur fréquence, la richesse de ces massifs. Le diamètre d'exploitation couramment admis et pratiqué est de 70 à 80 cm, taille révélatrice de cette réalité. L'exploitation de massifs enclavés à l'intérieur des terres repose presque exclusivement sur deux à trois espèces, pour la plupart appartenant à la famille des méliacées (le Sapelli, le Sipo et différents acajous). Lorsque les conditions sont plus favorables, cette liste s'allonge avec d'autres bois blancs (l'ayous, le fraké et le framiré, les aniégrés, éventuellement les fromagers). Il existe aussi des cas particuliers d'espèces particulièrement intéressantes et abondantes (l'Okoumé au Gabon).

Chapitre 1 - Mensuration des bois, définition des volumes utilisés

En Amérique tropicale :

Le potentiel et la structure des forêts denses humides sont nettement différents. Les peuplements arborés ont un volume total assez proche de 300 m³/ha, mais avec une grande diversité floristique. Les arbres sont droits en général, mais moins gros qu'en Afrique pour une hauteur similaire (40 m). Les gros arbres existent "*Dinizia excelsa*, *Caryocar glabrum*" mais sont peu fréquents et ne correspondent généralement pas à des espèces de valeur. Le volume total commercialisable ne dépasse guère 100 m³/ha.

Le volume exploitable à partir de 50 cm de diamètre est, dans les meilleures conditions compris entre 30 et 50 m³/ha, représentant au moins 10 arbres/ha. Ces chiffres sont à pondérer compte-tenu de la valeur technologique et économique de ces essences, de densité en général très élevée (leur densité anhydre est souvent voisine ou supérieure à 1), du bois très dur ou siliceux et du nombreux de défauts internes (arbres creux).

Les forêts américaines qui ressembleraient le plus à celles d'Afrique sont celles qui sont riches en acajous, tels le (Caoba) "*Swietenia macrophylla*" et le (Cedro) "*Cedrela odorata*" toutes deux des méliacées. L'essentiel de la production amazonienne est encore issue des formations ripicoles de (Warzea) avec le (Virola). Il en est de même pour le (Catival) au Panama ou en Colombie, riche en (Cativo) "*Prioria copaifera*" et en (Virola), qui fait l'objet d'une exploitation intense et ancienne. Dans les guyanes, l'essentiel de la valorisation des massifs repose sur une seule essence comme l'angélique "*Dicorynia guianensis*" en Guyane française ou le greenheart "*Ocotea rodiaei*" au Guyana.

En Asie tropicale :

Les grands massifs malais, indonésiens et philippins présentent des caractéristiques fondamentalement différentes des autres avec la dominance des diptérocarpacées. Les (Lauan) des Philippines sont constitués par six espèces de *Shorea*, une de *Parashorea* et une de *Pentacme*, les (Meranti) appartiennent encore aux genres "*Shorea* et *Parashorea*", les (Keruing) au genre "*Dipterocarpus*", les (Kapur) au genre "*Dryobalanops*", les (Mersawa) au genre "*Anisoptera*", et aussi les (Chengal) "*Balanocarpus*", les (Merawan) "*Hopea*"...

Par exemple, au sein d'une forêt moyennement riche de l'est Kalimantan, le volume exploitable est d'au moins 65 m³/ha en tenant compte exclusivement des meilleures espèces commerciales à partir de 50 cm de diamètre, soit plus de huit arbres à prélever par ha avec 550 tiges de plus de 10 cm de diamètre.

Cette richesse en diptérocarpacées confère à ces forêts une haute valeur commerciale, tant pour les volumes que par la qualité des bois qui permet des regroupements homogènes d'espèces, particularité que ne connaissent pas les forêts africaines et américaines.

Les surfaces exploitées :

Durant la dernière décennie, les surfaces exploitées annuellement pour le bois d'oeuvre dans les forêts feuillues étaient de 1 million d'ha pour l'Afrique, de 2,3 millions d'ha pour l'Asie et le Pacifique et de 2,6 millions d'ha pour l'Amérique, ce qui correspond à un total de 5,9 millions d'ha, incluant forêts primaires et forêts déjà exploitées.

Les volumes exploités :

Les volumes moyens extraits en bois d'oeuvre par ha sont pour les forêts feuillues de 13 m³/ha en Afrique, de 33 m³/ha en Asie-Pacifique et de 8 m³/ha en Amérique ; en ce qui concerne les forêts de conifères, ce volume est plus homogène et correspond à 50 m³/ha (volumes sous écorce).

114 - Déforestation

La déforestation moyenne annuelle au cours de la décennie écoulée est estimée aujourd'hui à 15,4 millions d'ha/an, auxquels l'Afrique contribue pour 26 %, l'Asie-Pacifique pour 25 % et l'Amérique latine pour 48 %.

Ce chiffre de 15,4 millions d'ha est supérieur à celui trouvé par la FAO en 1980 et qui était de 11,3 millions d'ha. Il faut tenir compte, en comparant ces chiffres, des différences de méthodologie entre les inventaires de 1980 et de 1990, et de la qualité améliorée de l'information de base disponible pour l'année de référence 1990.

Le taux moyen de déforestation à l'échelle mondiale (0,8 %) couvre en fait des situations très hétérogènes selon les sous-régions (1,6 % pour l'Asie du Sud-Est, 0,5 % pour l'Afrique Centrale) et selon les grandes zones écologiques. Ainsi les surfaces déforestées se situent pour 30 % en zone de forêts denses, pour 52 % en zone de forêts décidues, pour 16 % en zone d'altitude et pour 2,7 % en zones aride et désertique. Ce qui, rapporté à la surface de ces mêmes formations correspond à un taux de déforestation annuel de 0,6 % pour les forêts denses humides, de 1 % pour les forêts décidues, de 1,2 % pour les formations d'altitude et de 0,6 % pour les formations arides et désertiques.

Déforestation annuelle moyenne (1980-1990).

Bolivie	: 625 000 ha	Myanmar	: 401 000 ha
Brésil	: 3 671 000 ha	Paraguay	: 403 000 ha
Colombie	: 367 000 ha	Soudan	: 482 000 ha
Inde	: 339 000 ha	Tanzanie	: 438 000 ha
Indonésie	: 1 212 000 ha	Thaïlande	: 515 000 ha
Malaisie	: 396 000 ha	Venezuela	: 599 000 ha
Mexique	: 678 000 ha	Zaïre	: 732 000 ha

Que ce soit en zone de forêt dense ou en zone de savanes, l'agriculture vivrière est la cause principale de la déforestation. En 1980, sa contribution à la destruction des forêts denses était estimée à 55 % pour l'Afrique tropicale, à 49 % pour l'Asie et à 35 % pour l'Amérique tropicale. D'autres causes interviennent également comme le développement des cultures industrielles (principalement palmier à huile, hévéa, banane, cacao), le "ranching" (essentiellement en Amérique), la création de grandes infrastructures par ses effets directs (submersion de forêts par les lacs de barrages, mines et carrières) ou indirects (colonisation agricole le long de routes). Dans les zones de savanes, la surexploitation de bois de feu et le surpâturage sont également des causes significatives de déforestation qui affectent surtout les zones de hauts plateaux et les pays du Sahel.

L'exploitation forestière pour le bois d'oeuvre est rarement une cause directe de déforestation des forêts tropicales hétérogènes, où elle est le plus souvent très sélective. Il n'en va pas de même dans le cas des forêts homogènes comme les forêts à diptérocarpacées asiatiques, les forêts de conifères (principalement au Mexique, au Brésil et en Amérique centrale) ou les mangroves.

L'exploitation forestière (pour le bois d'oeuvre, le bois de feu ou d'autres produits comme les rotins ou les bambous) est le plus souvent un facteur de dégradation des formations forestières par ouverture du couvert, appauvrissement physique et génétique des peuplements et savanisation. Le feu devient alors un élément déterminant de ce processus. Surexploitation des produits, surpâturage et feux conjuguent fréquemment leurs effets et il est difficile d'évaluer séparément leur influence.

De nombreuses autres causes de dégradation existent (maladies, calamités naturelles, guerres) qui n'ont pas globalement l'importance des facteurs vus précédemment mais qui peuvent avoir un impact local important.

Déforestation et dégradation des peuplements forestiers sont de plus en plus analysés en termes de pertes de biodiversité (réduction du patrimoine de flore et de faune) et en termes de contribution à l'effet de serre (global change).

12 - Production des bois tropicaux

La part des bois d'oeuvre tropicaux, dans la production de bois d'oeuvre mondiale (grumes de sciage et de placages) a presque doublé, de 1966 à 1985 passant de 9 % environ à près de 17 %, progressant régulièrement d'année en année. Cette part semble s'être désormais stabilisée, puisqu'en 1990, elle atteint 17,6 % de la production mondiale.

La répartition en pourcentage par continent est la suivante :

Continent	1980	1985	1990
Asie	55,9	54,8	57,2
Amérique	32,0	33,8	31,6
Afrique	12,1	11,4	11,2
Total	100	100	100

Tableau 121 A : Production de grumes tropicales de feuillus (1 000 m³ grumes)

Production de grumes tropicales de feuillus	1966	1970	1974	1978	1982	1985	1990
- Amérique Tropicale	12 800	15 023	17 866	22 465	25 013	25 110	52 821
- Asie Tropicale	35 529	57 281	69 450	81 291	77 432	80 594	87 616
- Afrique Tropicale	11 015	14 246	13 654	15 816	15 999	17 430	18 401
TOTAL	59 344	86 550	100 970	119 572	118 444	123 134	158 838
TOTAL Monde-grumes de bois d'oeuvre, conifères et feuillus	685 739	758 273	795 887	890 586	795 898	897 861	

Source : Fao annuaire des produits forestiers

Tableau 121 B
Productions comparées de bois d'oeuvre et de bois-énergie par grandes régions
en 1980 et 1990 (1000 m³)

Pays	1980			1990		
	Bois ronds	dont bois de feu et charbon	dont bois d'oeuvre	Bois ronds	dont bois de feu et charbon	dont bois d'oeuvre
Afrique	357 458	320 798	18 401	479 113	437 447	17 385
Asie	595 414	489 332	87 616	732 306	607 657	103 512
Amérique	306 206	222 134	52 821	370 445	274 583	57 517
Total	1 259 078	1 032 264	158 838	1 581 864	1 319 687	178 414

Source Fao - Rome 1993.

En quantités prélevées, la part du bois de feu et du charbon de bois représente plus de 80 % du total des bois ronds exploités dans le monde tropical.

La plus grande partie de la production mondiale de grumes est assurée par l'Asie. Le pourcentage a diminué depuis 1974 : la réduction constatée résulte pour l'essentiel de la politique volontaire, de limitation de la production et de limitation ou d'interdiction totale des exportations de grumes, des principaux pays du Sud-Est asiatique : Malaisie, Indonésie, Philippines.

L'Amérique tropicale vient au deuxième rang et sa part relative progresse lentement. La contribution de l'Afrique est stable aux alentours de 14 %. L'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale fournissent l'essentiel de cette production (environ 13 %).

Ces grumes sont soit exportées en l'état, soit transformées localement en sciages, placages et contreplaqués.

Les deux tableaux suivants présentent en détail les pays producteurs les plus importants de produits primaires, grumes, sciages, placages et contreplaqués, ainsi que les principales données de structure de cette industrie. Pour ces dernières, la qualité des réponses à l'enquête OIBT est variable, certains pays fournissant des réponses détaillées et d'autres répondant que ces informations ne sont pas recueillies ou ne sont pas disponibles pour d'autres motifs.

Tableau 121 C

Production de grumes, sciages, placages et contreplaqués tropicaux par les producteurs les plus importants, membres de l'OIBT - année 1991 (1000 m³ de produits).

Pays	Grumes	Sciages	Placages	Contreplaqués
Total Afrique, dont	8 203	1 704	302	252
Cameroun	2 290	277	20	85
Côte-d'Ivoire	2 046	691	185	37
Gabon	1 178	66	12	100
Ghana	1 229	420	30	15
Congo	572	54	37	0
Total Asie, dont	89 820	22 607	962	11 275
Inde	18 350	8 800	4	360
Indonésie	26 880	2 802	60	9 000
Malaisie	39 840	8 970	694	1 429
Papouasie-Nouvelle-Guinée	2 600	320	0	15
Philippines	1 919	726	54	321
Thaïlande	231	989	150	150
Total Amérique latine, dont	24 472	8 561	237	1309
Brésil	19 500	6 500	210	1 100
Colombie	1 350	521	6	83
Equateur	2 001	865	8	87
Total	122 495	32 872	1 501	12 836

Source : OIBT - 1993

Tableau 121 D
Production, commerce et consommation de produits forestiers tropicaux (en milliers de m³)

Pays	Produits	Production		Importations		Exportations		Consommation intérieure apparente	
		1989	1992	1989	1992	1989	1992	1989	1992
Asie-Pacifique	grumes	100 642	88 922	2 492	3 819	22 474	18 430	80 660	74 311
	sciages	29 155	23 518	1 532	1 891	8 376	6 467	22 311	18 867
	placages	638	1 163	7	14	340	772	305	402
	contreplaqués	10 405	11 999	25	39	9 103	10 658	1 327	1 378
Afrique	grumes	9 287	8 121	0	2	3 684	3 051	5 603	5 072
	sciages	2 233	1 685	30	37	960	988	1 303	734
	placages	321	312	0	22	197	174	124	160
	contreplaqués	276	271	11	19	75	85	212	205
Amérique latine/Caraïbe	grumes	33 050	27 331	103	7	6	0	33 147	27 338
	sciages	10 998	8 606	115	183	444	448	10 669	8 341
	placages	255	248	37	13	41	95	251	166
	contreplaqués	1 432	1 365	35	51	372	425	1 095	991
TOTAL GENERAL	grumes	142 979	124 374	2 595	3 828	26 164	21 481	119 410	106 721
	sciages	42 386	33 809	1 677	2 111	9 780	7 903	34 283	27 942
	placages	1 214	1 723	44	39	578	1 041	680	728
	contreplaqués	12 113	13 635	71	109	9 550	11 168	2 634	2 574

Source : OIBT - éléments pour l'examen annuel et l'évaluation e de la situation mondiale des bois tropicaux en 1993 - Document de travail, 14e session - Kuala Lumpur - 1993

Tableau 121 E
Structure de l'industrie de première transformation des bois tropicaux dans les pays producteurs de l'OIBT en Afrique en 1991.

Pays	Exploitation		Scieries				Usines de placage				Usine de contreplaqués			
	1	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cameroun	82	nd	56	1 600	35	nd	2	95	45	nd	3	100 I	40	nd
Congo	27	4 200 I	7	180	38	200 I	4	92	40	95 I	1	10	nd	2
Côte-d'Ivoire	571	nd	65	2	nd	nd	18	600	nd	nd	6	nd	nd	nd
Gabon	25	13 720	22	67	nd	2 200	1	12	nd	80	3	102	nd	90
Ghana	200	15 500	100	165	47	nd	14	94	52	nd	9	52	49	nd
Togo	2	35	2	10	nd	35	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zaïre	nd	nd	197	750	nd	nd	8	85	nd	nd	17	125	nd	nd
Afrique	907	33 455	449	2 774	36a	2 435	47	978	46a	175	39	389	43a	92

- 1 - nombre d'entreprises
 2 - capacité de traitement en 1 000 m³
 3 - taux de transformation moyen en %
 4 - nombre d'employés

- a - capacité moyenne pondérée
 I - estimations OIBT
 nd - non déterminé

Source OIBT - 1993

Les grumes :

En 1991, les pays producteurs membres de l'OIBT ont produit environ 122 millions de m³ de bois tropicaux, soit 72 % environ de la production mondiale totale. L'Asie est de loin le plus gros producteur. Ce continent assure les trois quarts de la production mondiale. Suivent l'Amérique Latine et l'Afrique, avec respectivement 22 % et 6 %. Les plus gros producteurs sont la Malaisie, l'Indonésie, le Brésil et l'Inde. A eux seuls, ces quatre pays couvrent 85 % de la production totale des pays de l'OIBT.

Les pays producteurs les plus importants prévoient une diminution de la récolte dans l'avenir. Seuls le Brésil, la Papouasie-Nouvelle-Guinée et la Colombie envisagent une augmentation, alors que le plus gros producteur (la Malaisie) prévoit une diminution substantielle de sa production.

Les sciages :

En 1991, les pays de l'OIBT ont produit environ 33 millions de m³ de sciages tropicaux. Ce volume a diminué au cours des dernières années, surtout en Indonésie. La raison n'en est pas clairement établie, mais il se peut que les taxes à l'exportation appliquées au bois scié brut jouent un rôle majeur. L'Asie assure les deux tiers de la production de sciages tropicaux. Le producteur le plus important est la Malaisie (40 %), suivie de l'Inde (39 %) et de l'Indonésie (12 %). Les prévisions indiquent que, d'ici 1994, la Malaisie et l'Indonésie auront chacune accru leur production d'un million de m³ environ. Etant donné la pénurie de grumes que connaissent la Thaïlande et les Philippines, ces pays produisent de plus en plus de sciages à partir de grumes importées. Le sciage des grumes occupe plus de 200 000 personnes.

Les placages :

En volume, la production de placages est faible. Il s'agit là d'un matériau à valeur économique élevée. En 1991, les pays de l'OIBT en ont produit 1,5 millions de m³. Cette production augmentera vraisemblablement au cours des années à venir. Près des deux tiers sont produits en Asie, la Malaisie étant le producteur le plus important. La production de ce pays augmentera encore dès qu'il aura développé ses capacités de transformation. La Malaisie vise le marché japonais, qui connaît toujours plus de problèmes à importer des grumes de placage pour approvisionner son industrie. La production de placages crée des emplois surtout en Asie, le plus grand nombre en Malaisie qui en est aussi le plus grand producteur. Il n'existe que très peu d'usines de placages dans le monde.

Les contreplaqués :

La production de contreplaqués est nettement plus élevée que celles des placages : près de 13 millions de m³ en 1991. L'Asie domine également ce marché. La part de marché de l'Indonésie est de 70 %, celle de la Malaisie de 11 %. Avec une production accrue d'environ 1 million de m³/an et après l'expansion qu'elle a connue au cours des années 1980, l'Indonésie est entrée dans une période de calme. Elle réduit ses récoltes de bois et ne programme plus le développement de nouvelles capacités de transformation, contrairement à la Malaisie qui prévoit, quant à elle, un accroissement substantiel de sa production.

Ces deux industries (placages et contreplaqués) ne sont pas indépendantes, les placages servant à la production de contreplaqués. Tout développement de la production des seconds, correspondant à un degré de transformation plus élaboré, se traduit par une diminution des ventes de placages bruts.

13 - Caractéristiques générales de la forêt dense humide tropicale liées à sa mobilisation

131 - Types de forêts

On distingue habituellement deux faciès principaux de la forêt dense humide tropicale :

- les forêts denses humides "sempervirentes" (où les arbres conservent en apparence leur feuillage toute l'année) liées à une pluviométrie supérieure à 1600 mm et à une saison sèche très courte, environ deux mois. Ces forêts en Afrique sont généralement situées au voisinage de l'Océan Atlantique ;
- les forêts denses humides "semi-décidues" (où une fraction importante des arbres de l'étage dominant perdent leurs feuilles durant la saison sèche) liées à une pluviométrie comprise entre 1.350 et 1.600 mm et à une saison sèche ne dépassant pas quatre mois. Ces massifs sont généralement situés sur les limites méridionales et septentrionales de la zone forestière équatoriale.

132 - Conditions de terrain

La forêt dense humide tropicale se rencontre sur les reliefs les plus variés et sur des sols de textures très différentes.

On peut distinguer trois types de forêt, en fonction de l'altitude :

- les forêts de plaine jusqu'à une altitude maximum de 1.000 m ;
- les forêts de l'étage submontagnard entre 1.000 et 1.600 m qui forment une transition entre la forêt de plaine et la forêt de montagne ;
- les forêts de l'étage montagnard de 1.600 m à 2.500 m avec une forêt dense humide de type spécial.

Les forêts de plaine comprises entre le niveau de la mer et une altitude maximum de 700 m environ constituent en fait la majorité des superficies de forêt dense humide. Ce sont celles qui nous intéressent ici.

Chapitre 1 - Mensuration des bois, définition des volumes utilisés

Les variations des conditions édaphiques entraînent différents types de forêts

- les forêts sur sol ferme, où se pratique l'essentiel de l'exploitation forestière ;
- les forêts marécageuses ;
- les mangroves sur sols inondables soumis au flux et au reflux des eaux saumâtres littorales ;
- les forêts ripicoles.

Sur sol ferme, les sols forestiers sont recouverts par une mince couche de débris végétaux rapidement décomposés. Ils évoluent depuis des sols faiblement ferrallitiques jusqu'à des sols ferrallitiques typiques sur les zones pentues et bien drainées. Ils sont généralement caractérisés par l'absence de cuirasse ferrugineuse. Ces sols ont très souvent une bonne portance, ce qui est important pour l'exploitant forestier.

133 - Structures de la forêt dense humide tropicale

La forêt dense humide tropicale est une forêt haute communément répartie en plusieurs strates

- une strate supérieure constituée de très grands arbres (les émergents) qui peuvent atteindre 40 à 50 m de haut. Leurs fûts très droits se ramifient à grande hauteur et présentent très fréquemment à leur base des empâtements ou des contreforts parfois ailés. Sur quelques arbres le diamètre peut dépasser les 2 mètres de hauteur.

Les cimes plus ou moins jointives ou discontinues sont larges et souvent en parasol ou aplaties ;

- une strate continue d'arbres de moyenne grandeur (20 à 30 m), beaucoup plus nombreux que les précédents et dont le diamètre, très variable, ne dépasse guère 60 cm ;
- une strate arborescente inférieure composée d'espèces arbustives, d'arbres du sous-bois et de jeunes individus de certaines espèces de grands arbres. Les fûts courts se ramifient à faible hauteur.

Aux strates précédentes viennent se mêler les lianes, plus ou moins présentes selon l'hygrophilie des types forestiers : grosses lianes ligneuses, palmiers grimpants, lianes couvrant les troncs d'un épais manteau... et les épiphytes vivant sur les troncs à la base ou au sommet des arbres.

Le sous-bois est peu fourni dans la forêt dense "primaire", par contre, il se densifie et prolifère dans les formations secondaires ou dégradées.

Les forêts denses humides tropicales possèdent une flore très complexe et très variée. En Côte d'Ivoire, le nombre d'espèces arborescentes est d'environ 600. Le massif gabono-congolais présente une plus grande richesse floristique encore, au moins pour certains groupes (légumineuses).

134 - Composition très mélangée de la forêt en Afrique

Le mélange d'un grand nombre d'essences, pied à pied, existant en forêt tropicale, est bien connu.

On trouvera, ci-après, trois exemples de résultats d'inventaires réalisés en Afrique dans des régions différentes. Ils font d'abord ressortir la masse considérable d'arbres de petits diamètres dont on ne peut pas tirer parti actuellement.

Si on considère la totalité des arbres de 70 cm et plus de diamètre au-dessus des contreforts, on constate un volume "brut" qui peut atteindre ou dépasser la centaine de mètres cubes par hectare¹. Volume "brut" signifie volume de la totalité des fûts, sur écorce, des contreforts à la première grosse branche ; il ne tient pas compte des réfections, pour arbres tarés ou mal conformés, pour défauts à purger lors du tronçonnage, pour accidents d'abattage et pour épaisseur de l'écorce. L'expérience des exploitations montre que ces réfections ramèneraient à 100 m³ "bruts" à un volume de grumes de bois d'oeuvre de 50 ou 60 m³/ha, **si on était en mesure d'utiliser toutes les essences**, ce qui est loin d'être le cas (voir paragraphe 341.4).

En effet, les diverses espèces représentent un éventail très large de caractéristiques technologiques, dont bon nombre n'est pas acceptable par le marché. D'autre part, certaines essences, notamment de densité élevée, ne peuvent avoir que des débouchés limités, sinon très limités : leur exploitation est incomplète.

Cette situation évolue, mais l'utilisation en bois d'oeuvre ne permettra jamais qu'une exploitation partielle de la forêt. La sélection inévitable des seuls bois vendables nous ramène aux volumes courants de 4 à 25 m³/ha réellement exploités dans les conditions actuelles les plus courantes.

Ajoutons enfin, pour illustrer l'hétérogénéité de la forêt, que les densités des bois, à l'état vert, varient du simple à plus du double (0,6 pour l'Okoumé, plus de 1,3 pour l'Azobé). Cela a une importance considérable au niveau des transports, surtout par voie fluviale.

¹ Les exemples des tableaux 134 paraissent représentatifs de forêts "bien constituées". D'autres inventaires donnent des résultats très sensiblement inférieurs : c'est ainsi qu'un inventaire de bois d'oeuvre effectué sur 650.000 ha de forêt dense sur sol ferme, dans une zone d'Afrique Centrale différente de celle décrite au tableau 134.B, donne les résultats suivants :

- Nombre de tiges par hectare de 70 cm et plus, sur écorce (au-dessus des contreforts) toutes essences : 5,6
- Volume BRUT par hectare, sur écorce, des mêmes tiges de 70 cm et plus.
Toutes essences réunies : 40,4 m³/ha.

Chapitre 1 - Mensuration des bois, définition des volumes utilisés

La présentation des résultats d'inventaires varie d'un cas à l'autre dans les trois tableaux qui suivent : la nature et les objectifs de ces inventaires étaient différents.

Tableau 134 A

Inventaire en Afrique Centrale sur 100 000 ha de forêt dense non dégradée sur sol ferme - Répartition du nombre de tiges et des "volumes fut" (= Volumes bruts) sur écorce à l'hectare par classe de diamètre - Toutes essences.

Classe de diamètre cm	Nombre de tiges ha	Nombre de tiges cumulé/ha		Volume fût par tige		Volume/fût/ha		
		Nb	%	par classe	cumulé	m ³		%
						par classe	cumulé	par classe
10-15	105	105	36,8	0,04	0,04	4,2	4,2	2,3
15-25	78,5	183,5	64,3	0,20	0,11	15,7	19,9	8,4
25-35	44,2	227,7	79,8	0,67	0,22	29,6	49,5	15,9
35-45	27,2	254,9	89,3	1,31	0,33	35,7	85,2	19,2
45-55	16,2	271,1	95,0	2,17	0,44	35,1	120,3	18,9
55-65	7,9	279,0	97,7	3,30	0,52	26,2	146,5	14,1
65-75	3,8	282,8	99,0	4,74	0,58	18,1	164,6	9,7
75-85	1,7	284,5	99,7	6,52	0,62	11,0	175,6	5,9
85-95	0,6	285,1	99,9	8,72	0,63	4,9	180,5	2,6
95-105	0,3	285,4	100,0	11,39	0,65	2,9	183,4	1,6
105-115	0,1	285,5	PM	14,61	0,65	1,5	184,9	0,8
115-125	PM	285,5	PM	18,46	-	1,1	186,0	0,6
	285,5	285,5	100,0		0,65	186,0		

Tableau 134 B
Inventaire effectué en Afrique Centrale sur plus de 2 millions d'ha de forêts
dense sur sol ferme jamais exploitée.

	Nombre d'essences dans chaque groupe	Nombre de tiges par ha		Volume brut à l'ha sur écorce m ³
		≥ 20 cm	≥ 70 cm	
Volume bois d'oeuvre si on pouvait utiliser toutes les essences, ce qui est économiquement inconcevable.				
Essences principales :				
Okoumé	1	4,59	1,56	13,39
Bois rouges	8	0,84	0,12	1,67
Autres essences principales	10	5,15	1,04	8,67
	19	10,58	2,72	23,93
Essences secondaires :	15	20,56	2,74	19,66
Essences complémentaires importantes :	29	13,05	2,44	19,62
TOTAL PARTIEL	63	44,19	7,90	63,21
Autres essences complémentaires	300	133,52	3,81	27,68
TOTAL	363	177,71	11,71	90,89
Volume bois d'oeuvre sous écorce si on pouvait utiliser toutes les essences ce qui est économiquement inconcevable (coefficient forfaitaire de 0,55) ² (1)				50,0 m ³

Tableau 134 C
Inventaire Bois d'oeuvre en Afrique Centrale sur plus de 1 000 000 ha de forêt dense sur sol ferme jamais exploitée.

Les résultats ne portent que sur les arbres de 70 cm et plus de diamètre sur écorce, à hauteur d'homme ou au-dessus des contreforts.

	Nombre d'essences dans chaque groupe	Nombre de tiges par ha	Volume brut à l'ha sur écorce m ³
Essences principales :			
Bois rouges. Méliacés + Douka (1)	8	0,9	12,5 (2)
Autres essences principales	7	1,4	15,5 (3)
Essences secondaires :	15	1,9	16,6
Essences complémentaires importantes :	19	3,0	30,4
TOTAL PARTIEL	49	7,2	75,0
Autres essences complémentaires		4,3	36,2
TOTAL		11,5	111,2
Volume bois d'oeuvre (4) si on pouvait utiliser toutes les essences, ce qui est économiquement inconcevable (application d'un coefficient forfaitaire de 0,55)			60,m ³ sous écorce

1 - Dibetou (Lova trichilioïdes) exclu - Douka (Tieghmella africana).

2 - Dont Sapelli (Entandrophragma cylindricum) : 9,0 m³ ha Volume brut

3 - Dont Ayous (Triplochiton scleroxylon) : 8,3 m³/ha Volume brut
 Limba (Terminalia superba) : 5,6 m³/ha Volume brut

4 - Volume de bois d'oeuvre = volume de billes, livrables à une industrie après élimination des arbres défectueux, des gros défauts, de l'écorce.

14 - Conditions générales dans lesquelles se pratique l'exploitation forestière tropicale

Il est indispensable de rappeler certains aspects du cadre dans lequel se pratique l'exploitation forestière.

141- Environnement général

141.1 - Terrain et topographie

Nous nous basons, nous l'avons dit, sur l'exploitation des forêts sur terre ferme, en nous fondant largement sur l'expérience africaine.

Il s'agira de forêts de plaines ou de moyenne montagne, généralement sur reliefs anciens.

Nous ne parlerons pas de l'exploitation dans les reliefs montagneux où les méthodes sont différentes (exploitation par câbles type Highlead).

Dans les régions que nous prendrons pour référence, les reliefs sont cependant très variables :

- les zones de plaines sont peu accidentées, comme dans la plus grande partie de la Côte d'Ivoire, dans de vastes secteurs du Cameroun ou dans le Nord du Congo. Souvent on y trouve des lignes de crêtes continues très favorables à l'établissement des routes ;
- les reliefs anciens de moyenne montagne (jusqu'à 700 m d'altitude) couvrent de larges superficies: Monts de cristal, Monts du Chaillu au Gabon ;
- bien entendu, on trouve tous les intermédiaires ;
- le micro relief a une grande importance. On pense là à la structure dite en "peau d'orange" : l'érosion y a découpé le terrain en petits mamelons séparés par des thalwegs plus ou moins profonds et abrupts ; même avec de faibles dénivellations, l'exploitant y rencontre des difficultés comme dans un relief accidenté. Cette structure est assez fréquente dans certaines régions. Il est courant que les cartes au 1/50.000 ne la montrent pas, car les dénivellations sont trop faibles pour être figurées par les courbes de niveau. Par contre, sur photographie aérienne, la structure se voit bien.

Pour tenir compte des différences de relief ou de micro relief, nous parlerons simplement, dans ce qui suit, de deux catégories de terrain

- terrain facile ;
- terrain accidenté.

Cette distinction pourrait paraître simpliste : en pratique, elle se révèle très suffisante pour faire ressortir les différences dans les coûts techniques d'exploitation.

● **Terrains marécageux**

Les zones marécageuses sont importantes dans certaines régions. Elles sont évidemment une gêne pour la pénétration de l'exploitation organisée pour le travail sur terre ferme. Par contre, elles facilitent l'exploitation des essences flottables dans les zones où l'exploitation est spécialement conçue.

● **Sols**

Nous en reparlerons de manière plus détaillée à propos des routes.

Les sols, plus ou moins argileux, ont souvent une bonne portance en fondation routière. La latérite gravillonnaire, plus ou moins répandue est un matériau important, il est utilisé pour l'amélioration des chaussées.

Les affleurements rocheux, présents dans certaines zones bien localisées, ne constituent une gêne véritable que dans une minorité de cas.

Nous n'aborderons pas ici les problèmes posés par des sols de mauvaise portance ou de mauvaise consistance que nous pouvons rencontrer, par exemple en Amérique Latine, en région andine. La circulation des engins peut y être difficile et la construction des routes complexe. La forte pluviométrie complique les choses.

141.2 - Climat et pluviométrie

En forêt dense, la pluviométrie annuelle varie de 1 350 à 3 500 mm, répartis en 2 à 4 saisons, les saisons sèches étant plus ou moins marquées selon les cas. Les pluies ont fréquemment lieu le soir ou la nuit et sont plus ou moins violentes.

Même en période humide, l'ensoleillement reste souvent important : c'est la conséquence des précipitations nocturnes. Cet ensoleillement est très important pour la qualité et l'utilisation des routes. Mais l'eau étant souvent un facteur limitant de l'activité forestière, il est nécessaire de définir avec plus de précision la pluviométrie et de distinguer entre moyennes annuelles et mensuelles obtenues sur une longue période et relevés instantanés mensuels ou journaliers dont l'amplitude est beaucoup plus grande².

● Pluviométrie annuelle et mensuelle

Le tableau 141.2 résume les moyennes obtenues dans quelques stations de Côte d'Ivoire et du Gabon.

● Pluviométrie "instantanée"

Les moyennes annuelles ou mensuelles masquent ce qui se passe au jour le jour à un moment et en un lieu donnés. Les dégâts subis par une route peuvent dépendre de la masse d'eau qui tombe en une heure ou moins. La pluviométrie instantanée nous informe sur le détail concret. On voit que la quantité de pluie à prévoir en période difficile est bien plus importante qu'il y paraisse : ceux qui ont en charge le Génie Civil et le calcul des exutoires d'eau connaissent bien ce phénomène.

■ Côte d'Ivoire

On relève les données suivantes :

- précipitations journalières ponctuelles exceptionnelles :
 - . probabilité de 1 fois par an : 75 à 90 mm ;
 - . probabilité de 1 fois par 50 ans : 130 à 170 mm
- Nombre de jours par an où la hauteur de pluie ponctuelle dépasse :
 - . 60 mm : 3 à 4 ;
 - . 40 mm : 8 à 12.

² L'influence des pluviométries exceptionnelles est telle qu'en Côte d'Ivoire par exemple, l'ORSTOM estime que les moyennes mensuelles doivent être calculées sur au moins 30 ans pour présenter une stabilité suffisante.

Tableau 141.2.A
Pluviométrie

	Nombre d'années de références	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Gabon														
N'Koulounga	14	183	177	345	373	293	29	3	5	109	447	519	268	2 751
N'Djole	15	103	116	184	174	122	33	2	4	56	285	292	142	1 513
Booue	20	102	122	176	195	165	36	8	8	75	277	325	148	1 637
Mitzié	25	98	105	220	197	203	47	6	15	129	311	233	119	1 683
Mouila	26	225	219	258	248	173	15	4	6	46	382	292	258	2 226
Côte d'Ivoire														
Abidjan Ville	40	30.4	56.5	102.7	129.4	319.3	582.8	239.2	40.5	70.5	183.6	170.4	80.2	2 005.8
Aboisso	47	34.2	70.6	119	158.3	233.0	389.3	205.8	86.8	139.6	221.4	163.3	73.2	1 894.4
Abengourou	50	10.3	43.2	119.4	149.7	204.6	225.5	131.5	65.5	133.8	187.1	74.7	16.1	1 361.5
Agboville	43	23.5	44.6	116.9	144	195.8	265.3	131.1	59.3	118.9	172.2	129.5	44.1	1 445.3
Daloa	50	17.7	61.2	109.9	155	146.8	179.7	112.7	119.3	256.6	178.5	56.6	14.2	1 408.4
Grabo	23	97.8	104	175.9	203.8	284.2	346.6	97.5	92.3	273.4	327.2	221	152.7	2 394.3
Toulepleu	45	15.2	55.5	131.9	151.8	204.4	238.7	163.6	177.4	345.7	218.6	79.7	35.2	1 817.6
Indonésie (Sud Bornéo)														
Ampae	39	312	207	304	311	245	184	87	99	141	153	281	297	2 621
Harvi	28	279	233	280	253	198	146	89	97	119	139	240	325	2 398

SOURCE : ORSTOM
BERLAGE Verhandelingen

Tableau 141.2.B :
Hauteurs d'eau "ponctuelles" pouvant être atteintes en une demi-heure et une heure pour diverses hauteurs de pluie journalières (région entre Abidjan et Agboville).

Hauteur Journalière	Hauteur en 1/2 heure	Hauteur en 1 heure
40 mm	21 mm	28 mm
60 mm	26 mm	38 mm
80 mm	31 mm	46 mm
100 mm	36 mm	52 mm

Hauteur de pluie "ponctuelle" veut dire hauteur en un point donné, matérialisé par un pluviomètre. La probabilité de recevoir une fois par an, ponctuellement, 75 ou 90 mm de pluie en une journée, signifie une probabilité beaucoup plus grande de recevoir une telle hauteur d'eau quelque part sur un permis d'exploitation de plusieurs dizaines de milliers d'hectares, donc quelque part sur un réseau routier. C'est pour cette raison que nous avons indiqué aussi la hauteur de pluie exceptionnelle ponctuelle ayant une probabilité de une fois par 50 ans.

■ Gabon

- Station proche de la N'Koulounga (N'Toum) recevant 2 079 mm en 1970 -1971. On a relevé sur 12 mois:

- . 1 chute journalière de 120 mm ;
- . 1 chute journalière entre 80 et 90 mm ;
- . 2 chutes journalières entre 60 et 70 mm ;
- . 3 chutes journalières entre 50 et 60 mm ;
- . 7 chutes journalières entre 40 et 50 mm.

Le mois le plus arrosé est de 419 mm.

- Station dans la région de Kango pour laquelle la pluviométrie annuelle moyenne sur 10 ans atteint 2 423 mm avec un maximum mensuel en novembre de 440 mm.

On a constaté 803 mm en octobre 1977 dont 117 mm en une journée.

142 - Pénétration des forêts non équipées et souvent mal connues

Forêts non équipées veulent dire forêts dont la prospection et l'infrastructure sont à compléter ou à réaliser entièrement.

a - Réseau de desserte

Les forêts denses tropicales où l'exploitation forestière est appelée à se développer, sont souvent éloignées des centres économiques et difficiles d'accès. Elles sont plus ou moins bien desservies par des voies de communications publiques : routes, cours d'eau et axes ferroviaires. Ce sont les routes qui assurent la pénétration en profondeur.

Dans de nombreuses régions, l'infrastructure publique, encore insuffisante, joue le rôle de facteur limitant le développement de l'exploitation.

Dans tous les cas, la desserte de la forêt n'est assurée par la collectivité qu'à l'échelle de vastes superficies. A partir de là, **la pénétration routière des massifs sur des distances variant de la dizaine à la centaine de kilomètres, est souvent l'oeuvre de l'exploitant forestier.**

Si le massif forestier a déjà été pénétré par une précédente exploitation, les problèmes sont simplifiés. Mais encore faut-il remettre les routes en état et les entretenir.

Cela montre les limites d'une exploitation qui ne disposerait pas de matériel de Génie Civil ou seulement d'un matériel rudimentaire : elle se trouve limitée au voisinage des routes (ou voies d'eau) existantes. L'exploitation ne peut alors, avec le matériel de débardage, pénétrer le massif forestier que sur quelques kilomètres au plus. Pour aller plus loin, la formule choisie est généralement l'ouverture de pistes pour camions tous-terrains, utilisables seulement en saison sèche. Il faut que le terrain le permette. Dans tous les cas, cela ne conduit qu'à une exploitation dans de mauvaises conditions, souvent incomplète.

En résumé, on comprend pourquoi le Génie Civil constitue une part très lourde de l'activité forestière, une entreprise un peu importante construit plusieurs dizaines de kilomètres de routes principales ou secondaires par an.

b - Cartographie

La cartographie, de plus en plus souvent, est donnée par cartes en courbes de niveau et photos aériennes. La couverture photographique est pratiquement complète.

La cartographie :

- au 1/200 000 est presque générale au moins au niveau de la planimétrie ;
- au 1/50 000 est partielle.

c - Inventaires

Les forêts à exploiter sont souvent insuffisamment connues : dans les meilleurs cas, là où des inventaires (par sondages) donnent des résultats à l'échelle de blocs de 20.000 ha à 100.000 ha ; ces résultats sont suffisants pour une connaissance globale des ressources, mais la connaissance de détails des peuplements, nécessaire à la planification de l'exploitation est à acquérir par l'exploitant.

d - Campements

Les forêts étant éloignées des centres économiques ; l'infrastructure nécessaire au logement du personnel et à la maintenance du matériel est à créer de toutes pièces.

e - Aménagement

Nous avons vu qu'il n'existe généralement pas de plan de production et d'aménagement des massifs à exploiter. Les conditions de croissance de la forêt avant ou après exploitation, sont encore généralement inconnues.

143 - Conséquences des considérations précédentes

a - L'exploitation forestière est une activité, toutes proportions gardées, assez lourde: les tâches qui lui incombent, et les moyens à mettre en oeuvre pour les exécuter, nécessitent d'autant plus de capitaux que les conditions naturelles sont plus difficiles et l'éloignement plus grand.

L'activité de chaque entreprise doit donc se poursuivre, dans la zone où elle est implantée, pendant un temps suffisant pour amortir ses installations. Cela suppose des permis de taille et de durée adéquate.

b - L'exploitation forestière tropicale est productrice de produits souvent de valeur relativement élevée. Ils sont chers parce que subissant des frais généraux et des charges de transports élevés. Coût élevé également de l'exploitation parce que pénétration de zones nouvelles (importante infrastructure à la charge de l'exploitant).

Du point de vue de l'acheteur, ils doivent être de choix (par leur bel aspect, par leurs caractéristiques technologiques, par leur bon rendement à la fabrication en usine) pour faire accepter leur prix et pour qu'ils puissent se placer par rapport à la concurrence.

Des produits de choix ne correspondent qu'aux qualités moyennes et supérieures de l'ensemble du contenu de la forêt. Pour les produits bon marché, la forêt tropicale est donc souvent peu compétitive.

Dans les pays où la production ne satisfait pas ou satisfait à peine aux besoins nationaux, des produits de qualité beaucoup plus basse sont acceptés (exemple Nigéria). Dans ces pays, la pénétration de la forêt peut avoir été largement réalisée, au moins dans certaines zones : les coûts en sont diminués.

c - L'exploitation forestière tropicale est sélective

C'est une conséquence de la composition de la forêt puis des débouchés des produits.

La sélection en forêt s'effectue en fonction : des diamètres ; de la conformation des arbres ; des essences ; des défauts du bois (exemple du Fraké "Terminalia superba").

Dans l'état actuel des choses, on extrait en forêt africaine de 0,5 à 3 arbres à l'hectare, quelquefois plus. Le volume commercial de chacun d'eux est élevé : en moyenne 3 à 15 m³ par tige, selon les espèces et selon les cas. Il en résulte une production par hectare variant, pour un passage, de 4 à 25 m³, plus couramment 5 à 15.

Tableau 144
Nombre d'arbres et volume exploitable à l'hectare (pour un passage d'exploitation)

Dans l'état actuel des habitudes technologiques et des conditions économiques, l'ordre de grandeur du volume commercial par hectare varie considérablement.

Essences	Moyennes possibles sur plusieurs milliers d'hectares	
	arbres	m ³
Okoumé (Gabon)	1,5 / 2,5	8 / 15
Toutes essences exploitées (Gabon)	2 / 3	10 / 20
Limba (Congo)	2	8 / 12
Azobé (Cameroun)	2 / 3	15 / 20
Toutes essences exploitées (Côte d'Ivoire)	0,5 / 1	4 / 10
Ayous (Centrafrique)	2 / 3	15 / 20
Sapelli (Centrafrique)	1 / 2	10 / 15
Dipterocarpaceés (N.Bornéo)	10 / 20	100 / 150
Teck (Birmanie)	2,5	6

d - Progressivité de l'exploitation

La sélection des espèces et des qualités à l'intérieur des espèces évolue avec le temps.

En effet, le marché évolue, ainsi que les facilités d'exploitation (qualité de l'infrastructure, existence d'une activité installée, etc...). La commercialisation des produits invendables, il y a quelques années, devient possible aujourd'hui

e - La promotion d'espèces peu commercialisées.

Avant de promouvoir des espèces, il est toujours nécessaire :

- d'estimer le prix auquel elles peuvent être achetées par l'utilisateur (ou le prix FOB) ;
- de remonter la chaîne d'acheminement des bois, de l'acheteur au chantier, pour savoir si le prix qui peut être payé départ est rémunérateur.

D'une façon générale, les prix consentis par l'utilisateur sont :

- les plus élevés dans le cas de bois d'ébénisterie. Le marché peut également alors être intéressé par de faibles quantités ;
- les moins élevés dans le cas du bois de déroulage (contreplaqué), mais alors les exigences de tonnages à fournir sont souvent élevées. Il s'agit d'une fabrication jouant sur de gros volumes : il n'est pas question d'adapter les fabrications d'une usine importante à de petits lots aux exigences variées (du point de vue technique de fabrication et nécessitant des efforts de promotion commerciale pour chaque type de bois).

144 - Action de l'exploitation sur la forêt

Abattant souvent au plus quelques arbres à l'hectare et traçant les pistes de débardage correspondantes, ouvrant au moins un kilomètre de route pour 100 hectares et ne défrichant que pour établir son campement et ses parcs de tronçonnage, l'exploitant africain touche peu la forêt.

Les arbres non-abattus parce que sans valeur commerciale à une époque donnée, restent disponibles pour une coupe future et si le potentiel économique des massifs a été entamé, leur "capital écologique" peut être considéré comme extrêmement peu perturbé.

Chapitre 1 - Mensuration des bois, définition des volumes utilisés

Les différentes atteintes au couvert forestier aux fins de production de bois d'oeuvre peuvent être récapitulées dans le tableau ci-après.

Méthode d'exploitation	Pourcentage du couvert détruit			
	Débardage 1 phase		Débardage 2 phases	
Volume commercial prélevé m ³ /ha	8 - 10	15	5 - 6	10
Création du campement	0,05	0,05	0,05	0,05
Création des réseaux de routes et de pistes	5,10	4,95	4,80	5,60
Clairières d'abattage	2,50	3,75	1,25	2,50
Total	7,65	8,75	6,10	8,15

L'exploitation forestière de bois d'oeuvre est donc directement responsable de la destruction de 6 à 8,75 % du couvert forestier dominant. Encore ces chiffres ne doivent-ils être considérés que comme maxima en raison de l'ouverture relative et partielle due à la création des pistes de débardage qui n'atteint pas l'étage dominant.

Il est cependant évident que l'ouverture de la "canopée" sera directement fonction de l'intensité de l'exploitation et qu'un prélèvement de plus de 40 m³ commerciaux par ha, ouvrirait une brèche d'environ 10 % dans la couverture forestière dominante.

Or, on a vu qu'en plusieurs passages successifs, le volume prélevé peut atteindre 30 à 50 m³ commercialisables par ha en forêt riche.

Le déforestation dû aux routes et aux pistes de débardage peut être considéré comme constant car la ou les exploitations de reprise utiliseront au maximum l'infrastructure préalablement créée. Seuls des appendices viendront s'ajouter aux pistes de débardage existantes et on peut considérer cette variation comme négligeable. Par contre, les abattages successifs augmenteront proportionnellement le nombre et la dimension des trouées. Ainsi, pour un second passage prélevant 10 m³ par ha, l'ouverture du couvert correspondante sera de nouveau de 2,5 % en moyenne et il en sera de même pour un troisième passage éventuel. Le cumul de ces exploitations successives, dans le cas des forêts riches, à une ouverture totale du couvert forestier pouvant atteindre 13 à 19 %.

En dehors de cette atteinte au couvert forestier dominant, il faut aussi tenir compte des dégâts au sol causés par l'abattage et le débardage ainsi que de l'impact de l'exploitation sur l'état final du peuplement.

Bien sûr l'impact sur l'écosystème forestier ne peut uniquement se mesurer en termes de pourcentage de couvert et surfaces de trouées. Comme toute activité humaine en milieu naturel, l'exploitation forestière perturbe l'équilibre animal et végétal existant.

Des recherches multidisciplinaires sur l'évolution provoquée de l'écosystème sont encore nécessaires pour réellement cerner l'impact de l'exploitation forestière sur le milieu.

L'urgent et l'essentiel après exploitation restera, dans les zones à forte pression démographique ou dans les pays souhaitant fortement favoriser leur développement agricole, de protéger une partie de la forêt contre les défrichements abusifs.

Pour être rationnelle, l'exploitation devra s'appuyer sur des inventaires préalables bien menés et rester modérée, ce qui signifie que le volume prélevé à chaque rotation doit rester inférieur ou au plus égal à l'accroissement annuel cumulé entre deux rotations. Enfin, rationaliser l'exploitation, c'est aussi améliorer les méthodes employées, limiter les dégâts grâce à du personnel d'abattage et de débardage mieux formé. Mais c'est en contrepartie être assuré de travailler pour son propre avenir dans le cadre de concessions attribuées pour de plus longues durées que celles habituellement octroyées par les autorités forestières des différents pays.

Structure générale de l'exploitation

Chapitre 2

Chapitre 2

Structure générale de l'exploitation

La structure des entreprises d'exploitation forestière est la conséquence des conditions dans lesquelles se déroule l'exploitation ; conditions explicitées au chapitre précédent.

21 - Opérations effectuées par l'exploitation. Intégration des activités

Le tableau 21 donne l'éventail des tâches qui, de façon classique, sont exécutées par l'exploitation forestière.

Dans les entreprises importantes, l'intégration des activités est fréquente, à savoir : exploitation - commerce de grumes - transformation dans la région productrice (scierie, déroulage, quelquefois contreplaqué) - commercialisation des produits. Sans parler d'activités dans les pays acheteurs.

Chaque implantation industrielle doit avoir une certaine pérennité et être assurée de son approvisionnement en grumes. Cette condition n'est, souvent, réalisée que si l'entreprise produit elle-même la majorité des bois qu'elle consomme.

Tableau 21.A - Opérations exécutées par l'exploitation forestière tropicale

1 - Inventaire et délimitation du permis

reconnaitances préalables ;
délimitation ;
prospection proprement dite.

2 - Dépenses d'installation

campement principal (dont atelier principal) ;
campement secondaire avec atelier secondaire ;
route d'accès ;
terrain d'aviation ;
installation de mise à l'eau des bois.

3 - Réseau routier

routes principales ;
routes secondaires ;
pistes tracteurs ;
ouvrages.

4 - Exploitation proprement dite

abattage, étêtage (tronçonnage) ;
débardage (engins à chenilles, engins à pneus) ;
tronçonnage sur parc et manutentions ;
chargement sur camions.

5 - Transport

transport routier ;
manutentions ;
transport par eau.

6 - Maintenance du matériel

aménagements sur engins ou véhicules ;
grosses réparations ;
révisions ;
entretien courant.

7 - Encadrement - Tâches générales

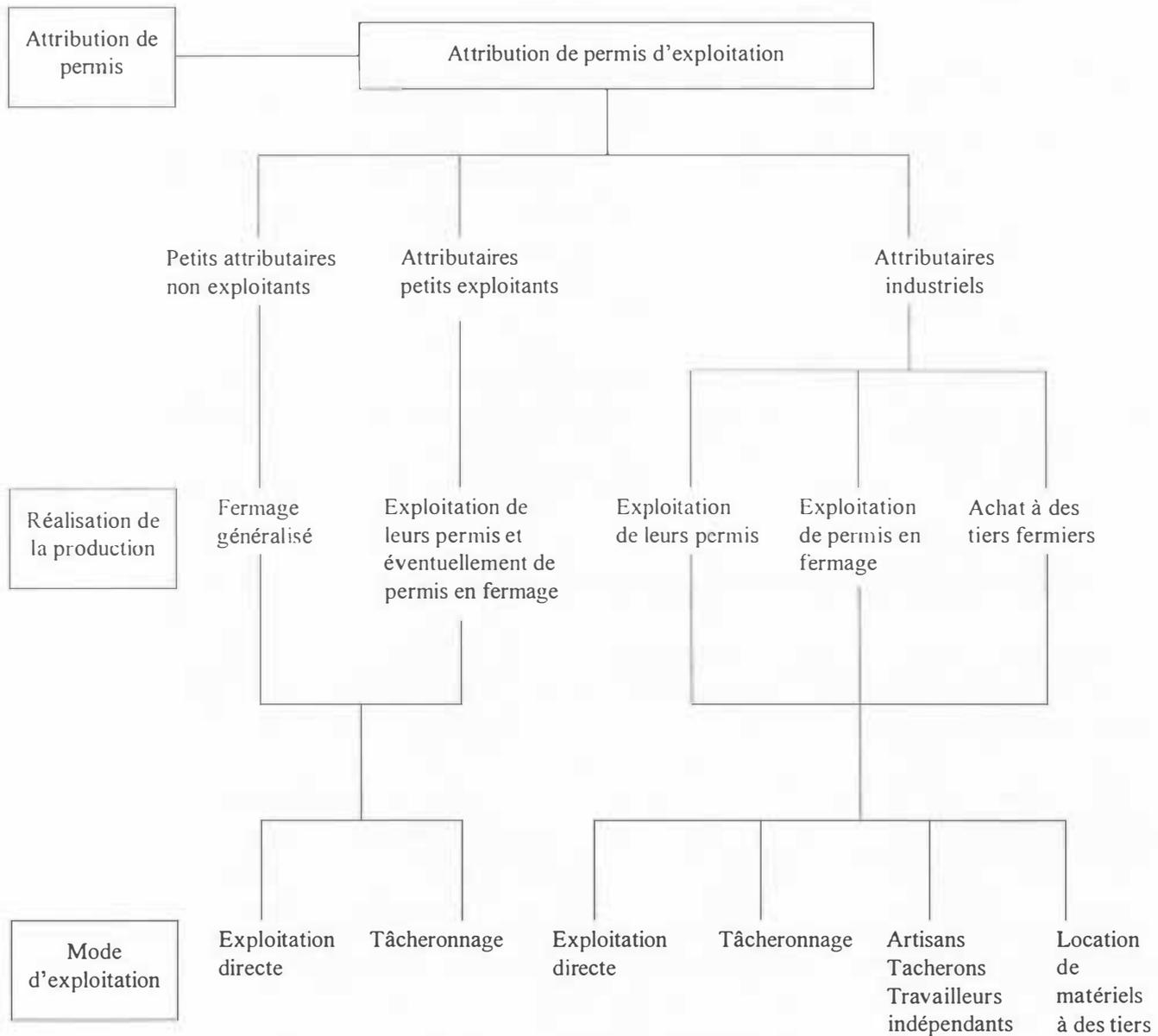
de chantier¹ ;
de direction.

8 - Opérations en aval

commercialisation, manutentions, scieries (industries de première transformation en général),
exportation, etc...

¹ Personnel d'encadrement, transports du personnel et du matériel, entretien des campements, administration du chantier, éclairage, etc...

Tableau 21 B
Exemple africain de filière d'exploitation forestière - Côte d'Ivoire



22 - Types d'entreprise

Les entreprises importantes sont les mieux adaptées par leurs moyens et leurs capacités d'investissement, à la pénétration de la forêt tropicale et cela d'autant plus que les difficultés y sont plus grandes. Dans certains pays, les entreprises produisant directement ou indirectement de 40 000 à plus de 200 000 m³ de grumes par an effectuent 80 % des coupes.

Les petites entreprises ne peuvent exister que dans les zones d'accès facile où les problèmes d'infrastructure sont simplifiés, et d'une façon générale, là où une certaine activité économique est déjà développée. Néanmoins, elles doivent s'équiper, pour débarder les bois tropicaux, de tracteurs de 130 CV au moins ; généralement, elles possèdent au moins un tracteur à chenilles de 160 CV. Pour amortir normalement ces machines, une production variant de 4 000 à 10 000 m³/an, selon les régions, est normale : cela situe le niveau de la "petite entreprise". Il faut aussi que son personnel ait la compétence suffisante pour maintenir en état les machines et pour concevoir l'organisation nécessaire à leur emploi.

Des solutions plus artisanales (par exemple camions tous terrains allant au pied de l'arbre) sont limitées aux terrains très faciles, aux régions à main d'oeuvre bon marché, aux zones d'accès aisé à partir d'une infrastructure existante.

23 - Concessions d'exploitation forestière

Leurs dimensions doivent se plier à la taille des entreprises : petites pour de petites exploitations, elles atteignent des superficies considérables si une production élevée est nécessaire pendant une longue durée.

La nature des activités de l'exploitation, l'obligation pour elle de réaliser une infrastructure assez lourde (campements et routes) de mettre en place un matériel lourd et peu mobile, vont de pair avec la mise en place d'installations ayant une certaine pérennité.

La planification et la prévision de l'activité sur un assez grand nombre d'années s'imposent. Les permis doivent donc être attribués pour ce même nombre d'années et être de taille correspondante.

Prenons un exemple : pour produire 75 000 m³/an dans une forêt d'où on extrait 10 m³/ha, il faut parcourir 7 500 ha/an. Si l'exploitation est intégrée, au moins partiellement, à une industrie, il est logique, pour en planifier la production, de s'assurer un approvisionnement sur 15 ans au moins. Cela correspond à une superficie de permis (en un ou plusieurs blocs, pourvu qu'ils soient judicieusement situés) de $7\,500 \times 15 = 112\,500$ ha.

Il n'est donc pas rare de voir des entreprises disposer de permis couvrant une, deux ou plusieurs centaines de milliers d'hectares, en particulier si elles sont installées dans des zones encore peu développées.

24 - Définition des divers prix des bois

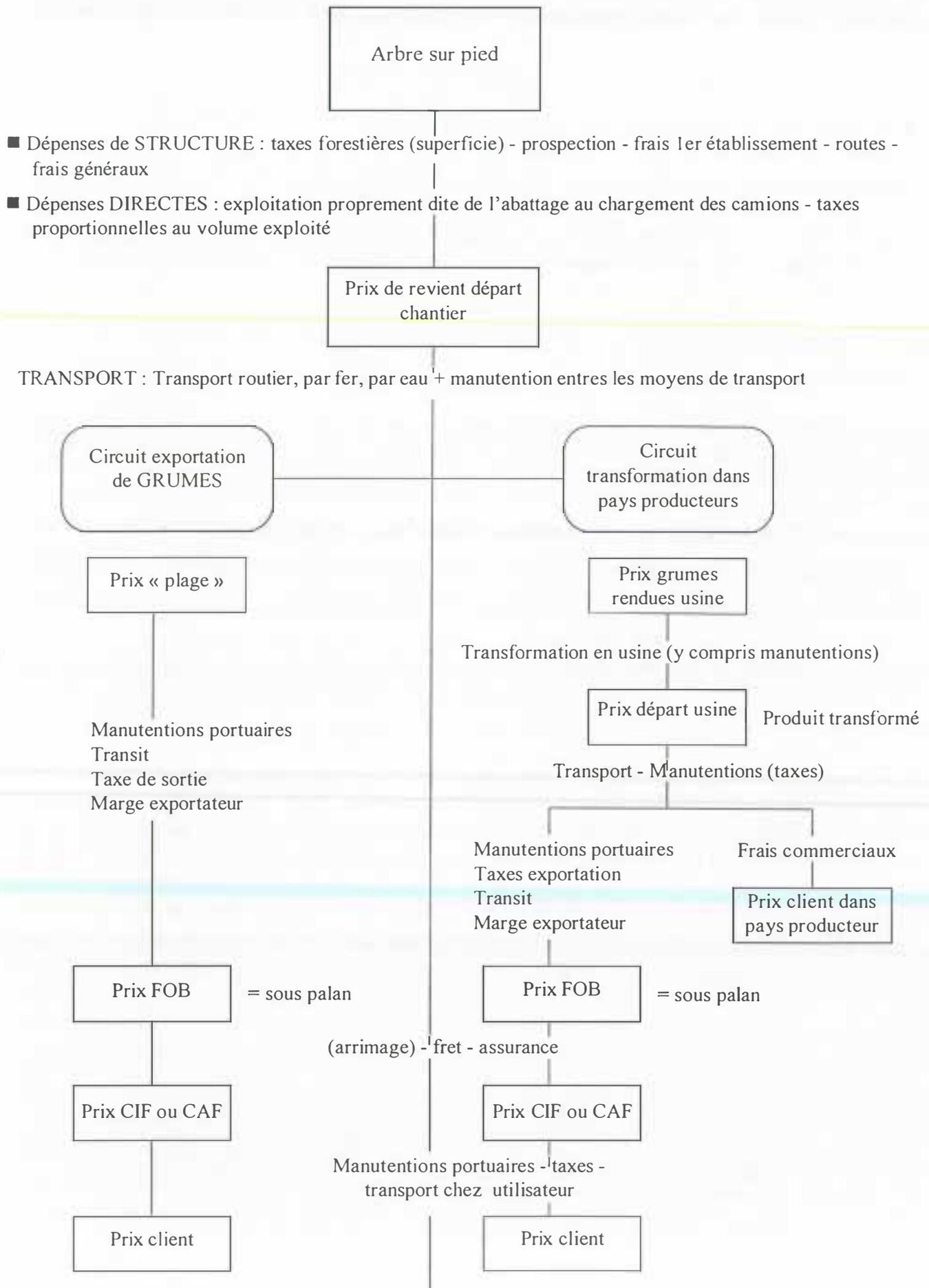
Le tableau 24 résume la structure des divers prix des bois en grumes.

Le prix de revient "DEPART CHANTIER" est d'une grande importance : il caractérise une exploitation. En effet, il réunit tout ce qui se passe avant le transport des bois, poste de dépenses éminemment variable selon la situation de chaque exploitation.

Chaque fois qu'une comparaison est à faire entre exploitations, c'est en général au niveau du "départ chantier" qu'elle doit être effectuée.

Quelques définitions :

- le prix de revient "départ chantier" inclut tous les frais généraux de l'exploitation ;
- prix "PLAGE", "FOB" et "CIF" ; ces prix peuvent s'entendre en tant que prix de revient ou de **prix de vente** des bois. C'est dans ce second sens qu'ils sont le plus souvent utilisés ;
- prix "PLAGE" : avant l'existence de ports, les bois en grumes, destinés à l'exportation, étaient acheminés jusqu'aux plages d'où l'embarquement avait lieu en "rade foraine". Le prix "plage" inclut tous les frais d'acheminement des bois dans l'intérieur du pays producteur, avant dépenses d'embarquement. Bien que l'embarquement ait désormais lieu dans des ports, le terme de prix "plage" est resté.
- prix "FOB" : "FREE ON BOARD". Prix des bois en grumes destinés à l'exportation, chargés sur le bateau qui les transportera. En fait, il s'agit d'un prix "sous palan", car les opérations de levage sur le bateau et d'arrimage étant effectuées par les moyens du bord (du navire), sont incluses dans le prix du fret ;
- prix "CIF" : "COST - INSURANCE - FREIGHT" ou "CAF" = Coût - Assurance - Fret. Prix du bois rendu au port de destination, sur le bateau, avant déchargement.



25 - Structure du prix de revient des grumes départ chantier

Il est intéressant de faire voir le poids relatif des diverses activités de l'exploitation.

Les prix décrits ci-dessous, concernent uniquement les grumes en position départ chantier (en raison de ce qui a été dit au § 24). Ils n'incluent pas non plus les taxes forestières, ni l'éventuel prix des bois sur pied, qui sont variables selon les cas.

251 - Prix de revient analytique par opération

Le tableau 251 montre, en pourcentage, un exemple de répartition du prix de revient départ chantier. L'exemple choisi ici concerne la "seconde zone" du Gabon.

Dans d'autres régions, les prix différeraient plus ou moins. Le tableau 251 donne cependant une image capable de recouvrir une réalité assez générale.

Les prix de revient de chaque opération y sont exprimés en coûts directs, c'est-à-dire qu'ils n'incluent que les personnels et matériels directement impliqués dans chaque cas. Les charges générales de structure sont reportées dans les frais généraux de chantier et de direction.

Le tableau 251 montre :

- le poids considérable des frais généraux et des charges de structure telles que les routes ;
- le coût très réduit des dépenses de façonnage : abattage, étêtage et tronçonnage. Si la qualité de l'exécution de ces opérations a une grande importance sur la qualité (donc le prix) des produits extraits de la forêt, leur exécution est relativement peu onéreuse.

Si on ajoutait, au prix départ chantier, les dépenses de transport jusqu'à une usine ou un port, on verrait que le total débardage + manutention (chargement) + transport, est souvent l'élément le plus lourd du prix : l'exploitant forestier est un transporteur (et c'est pour transporter qu'il fait des routes).

Tableau 251

Répartition en pourcentage des dépenses de la souche à "départ chantier" (Prix de revient hors taxes) - Seconde zone du Gabon.

	‰
Frais d'installation	2 à 3
Prospection	3 à 5
Abattage - Etêtage	2 à 3,5
Débardage	20 à 33
Tronçonnage - Parc en forêt	2,5 à 4
Chargement	2,5 à 3,5
Routes (construction et entretien)	18 à 21
Frais généraux de chantier	13 à 17
Frais généraux de société	18 à 23
	100

252 - Prix de revient par postes comptables

En toujours se limitant au prix départ chantier, le tableau 252 fournit des exemples de répartition des postes de dépenses.

Il est évident que, selon les cas, les poids respectifs des divers postes comptables peuvent varier énormément. C'est le cas, par exemple :

- des dépenses de carburants et lubrifiants ;
- des dépenses de personnel : le coût de l'encadrement peut varier beaucoup. Le volume et le coût unitaire de personnel également ;
- de la part respective des amortissements et des pièces de rechange.

Tableau 252
Répartition en pourcentage des dépenses "départ chantier" par postes comptables

	Cameroun	Congo	R.C.A.	Indonésie
Redevances et taxes	11.1	(*)	10.7	29.8
Frais de personnel	24.9	32.1	21.4	16.0
Amortissements	23.0	22.5	6.1	18.6
Carburants, lubrifiants	12.2	12.9	28.3	4.8
Pièces et fournitures	15.4	22.1	25.6	15.9
Frais généraux, assurances divers	13.4	10.4	7.9	14.9
TOTAL %	100.0	100.0	100.0	100.0

26 - Constitution des prix de revient de chantier à FOB

La part relative des différents postes de coûts constituant le "prix plage" puis le "prix FOB" des grumes évolue très différemment d'une zone de production à l'autre selon le mode et la distance de transport, puis les coûts techniques et les droits et taxes de passage de "plage" à "FOB".

261 - Composition du prix de revient plage des grumes

La répartition du prix de revient plage entre ses deux grands éléments :

- prix de revient départ chantier ;
- transports intérieurs

est illustrée par le tableau 261.

Tableau 261

	CAMEROUN		CONGO			COTE D'IVOIRE	GABON	
	Littoral	Autres régions	Sud	Nord ² radeaux	Barges		ferroviaire	fluvial
Prix de revient "départ chantier"	75	45-25	40-45	35-40	25	40-50	50-65	45-55
Transports inférieurs	25	55-75	60-55	65-60	75	60-50	50-35	55-45
Prix de revient "plage"	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

(*) Incorporée dans frais généraux, assurances et divers.

² A partir du Nord Congo, après les transports à l'intérieur du chantier, la séquence des opérations est la suivante :

- manutentions au bord du fleuve pour déchargement des camions, stockage, mise en radeau ou sur plates;
- transport fluvial sur 800 à 1 000 km ;
- rupture de charge à Brazzaville : manutention, stockage et mise sur wagon;
- transport ferroviaire sur 600 km jusqu'à Pointe-Noire;
- mise à FOB à Pointe-Noire.

Chapitre 2 - Structure générale de l'exploitation

Les transports intérieurs représentent donc entre 25 et 75 % du prix de revient "plage". Les valeurs les plus hautes, 65 à 75 %, correspondent à l'exportation de bois des régions les plus éloignées.

Dans ces conditions, l'exploitation forestière se ramène à un problème d'évacuation et l'influence du forestier sur la constitution du prix de revient "plage" est extrêmement réduite.

A contrario, l'importance du prix de revient "départ chantier" est primordiale dans les régions proches de la Côte, littoral camerounais par exemple.

262 - Formation du prix de revient FOB des grumes

Si on décompose, selon le même principe, les prix de revient FOB des grumes rendues "sous-palan" navire du lieu d'embarquement, on peut dresser le tableau 262.

Tableau 262

	CAMEROUN		CONGO		COTE D'IVOIRE	GABON	
	Littoral	Autres régions	Sud	Nord		ferroviaire	fluvial
Prix de revient "départ chantier"	35-45	20-30	30	20-30	20-35	45-50	35-45
Transports inférieurs	10-15	50-40	40-45	50-60	20-25	30-35	40-45
Mise en FOB	35-55	30	25	20	40-60	20	15-20
Prix de revient FOB	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Deux remarques ressortent de ce tableau :

la part relative du prix de revient départ chantier reste importante au Gabon et dans la zone littorale camerounaise. Les producteurs de ces régions détiennent donc une possibilité d'action sur les prix de revient FOB supérieure à celle de leurs concurrents ;

les coûts de mise en FOB atteignent, selon les essences et les régions, entre 40 à 60 % en Côte d'Ivoire et de 30 à 55 % au Cameroun.

Ceci traduit, l'engagement de ces deux derniers pays dans une politique de taxation élevée des grumes acilitant, pour des raisons différentes d'ailleurs, le maintien ou le développement de leur potentiel de transformation locale.

27 - A quoi correspond le "PRIX" (de vente ou d'achat) d'une essence ?

Quand on parle de cours commercial d'une essence³, dans la presse spécialisée en particulier, on cite le plus souvent le prix de vente de lots de qualité "Loyale et Marchande" (LM ou QLM). Moins souvent on y ajoute les prix d'autres qualités. Généralement il s'agit de prix FOB.

Le prix PLAGE est utilisé couramment dans certains cas, notamment pour les bois vendus à un Office National de Commercialisation. C'est le cas de l'Okoumé : le producteur parle du prix Plage, l'acheteur, extérieur au pays, ne connaît que le prix FOB.

Mais la production d'une exploitation comporte une variété plus ou moins grande de qualités. La qualité LM constitue la plus élevée, mais ce n'est souvent qu'une partie, éventuellement très petite, du total⁴.

La production se partage aussi entre les choix moyens ou inférieurs (dits souvent B, B/C ou C). Il y a aussi les qualités justiciables du seul sciage sur place.

Pour compléter ce qui précède, nous présentons en annexe à ce chapitre, une description de la méthode utilisée pour le classement des rondins.

Ce qui précède est la base de l'estimation de la rentabilité de la production d'une essence. Il faut apprécier l'éventail des choix qui peuvent être produits et leur prix de réalisation.

Les choix inférieurs peuvent ne pas mériter leur transport.

La notion de prix moyen de réalisation est dangereuse, car elle masque la perte éventuelle qu'on peut faire en produisant des choix inférieurs.

Dans les évaluations prévisionnelles, il est souvent nécessaire de prévoir un certain nombre de surprises désagréables (réfactions, détérioration de lots, acheminement trop lent, etc.).

³ A ne pas confondre avec la "Valeur Mercuriale", figurant dans la réglementation douanière, qui n'est qu'une valeur conventionnelle servant au calcul de taxes, notamment des droits d'exportation.

⁴ C'est le cas de l'Okoumé. Au Gabon en 1987 on avait :
- prix FOB de la qualité LM : 1112 FF/m³ ;
- prix de vente FOB moyen de la production 750 FF/m³. Le LM était pratiquement inexistant

Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Chapitre 3

Chapitre 3

Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

31 - Justification

Toute forêt à exploiter est soumise à un programme d'exploitation qui précise l'époque, le lieu, la nature et le volume des coupes :

- Dans les forêts aménagées de la zone tempérée, la plupart des coupes, mises en vente sur pied, font l'objet d'une visite détaillée, au cours de laquelle les arbres à vendre sont choisis, marqués, estimés et dénombrés par le vendeur. On sait que les coupes sont mises en vente sans garantie de volume, ni de qualité, au moins dans la plupart des cas ; il appartient au candidat acheteur d'effectuer une contre-évaluation.
- En zone tropicale, cette méthode ne peut être suivie que dans des forêts aménagées. **Dans beaucoup de cas, seules les limites du permis ou de la concession sont déterminées.** C'est à l'initiative et à la diligence de l'exploitant lui-même qu'il revient de préciser les données essentielles de volume et de qualité des bois à exploiter.

Au départ, l'exploitant ne dispose que d'une carte type IGN¹. Dans les meilleurs cas, elle est au 1/50 000, avec courbes de niveau. Ailleurs il n'existe qu'une carte au 1/200 000 avec (ou sans) courbes de niveau. C'est à lui d'acquérir la connaissance :

- de la topographie des détails et des caractéristiques du terrain : il en résulte une carte,
- des données essentielles de volume et de qualité des bois à exploiter.

¹ Institut Géographique National, France.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Cela se fait dans une zone qui peut être d'accès facile (route) ou au contraire éloignée.

- **La prospection** (au sens large), constitue la base de toute mise en exploitation. Ses résultats, c'est-à-dire le volume et la qualité des bois trouvés, sont la justification des travaux ultérieurs. Elle est la base de la planification, donc de la gestion de l'exploitation.

Les délais demandés par les opérations de prospection ne sont guère plus longs que le temps exigé par la préparation matérielle des installations de chantiers.

Le coût des travaux de prospection, malgré leur caractère primordial, ne constitue qu'une très faible fraction de la valeur des bois exploités (3 à 5% du prix de revient départ chantier).

32 - Informations que la prospection doit fournir à l'exploitant

- **Superficie réellement exploitable après exclusion de :**

- zones hors forêt,
- zones cultivées ou de forêts dégradées,
- zones marécageuses,
- etc...

- **Potentiel exploitable par essences commercialisables :**

- Nombre de tiges,
- Volume commercialisable minimum certain.

- **Topographie = cartographie**

- Planimétrie
 - Altimétrie
 - Appréciation des pentes
 - Appréciation des formes du relief
- } Classification du terrain

- **Obstacles éventuels sur parterre des coupes (rochers).**

- **Nature des sols**

- Dominance d'argile ou de sable.
- Présence de matériaux routiers (latérite).

- **Zones marécageuses et appréciation de la difficulté de leur franchissement (profondeur du sol "dur", hauteur d'eau maximale).**

- **Présence de lignes de crêtes et leur valeur pour les tracés de routes.**

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

- Tracés des routes (au niveau du tracé provisoire).

- Points de passage obligés : cols - franchissement de cours d'eau.
- Lignes générales du réseau routier.
- Tracé provisoire de toutes les routes principales comme secondaires.
- Prévision grossière des pistes pour tracteurs à pneus.

En résumé :

La prospection ne fournit pas que les informations relatives au potentiel exploitable, mais tous les renseignements nécessaires à la conduite de l'entreprise sur le terrain.

Carte :

L'ensemble des résultats est réuni sur une carte à grande échelle, souvent au 1/10 000. Le fond de carte peut être un agrandissement de la carte IGN au 1/50 000 si elle existe.

Sous traitance de la prospection de l'exploitant :

Les travaux sont exécutés très généralement par l'exploitant lui-même. Il existe, toutefois quelques entreprises effectuant de la prospection à façon. Certaines opérations éventuelles, comme la prise de photographies aériennes, les restitutions de photos, les recherches, sur photos, d'itinéraires routiers, sont sous-traitées à des entreprises spécialisées.

33 - Etapes progressives de la prospection

Il serait long et coûteux d'acquérir d'emblée une connaissance complète d'une concession à exploiter. Cela supposerait la mise en place immédiate d'équipes nombreuses dans des conditions logistiques qui pourraient être difficiles, alors que ces conditions s'amélioreront généralement par la suite.

La sagesse commande donc de procéder par étapes progressives apportant une connaissance de plus en plus complète et détaillée.

On peut considérer trois étapes théoriques :

a - Reconnaissance générale :

- Etude de documents existants :

- cartes,
- photographies aériennes,
- inventaires déjà réalisés (en particulier inventaires par sondages réalisés par exemple par l'Administration)
- Reconnaissances au sol

- Survol aériens

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

b - Inventaires par sondages

c - Inventaire systématique en plein

34 - Reconnaissance générale

L'objectif est de définir les données caractéristiques de la zone forestière explorée

- topographie générale de la zone : lignes de crêtes et thalwegs,
- importance des zones inexploitable : marécages, rochers, défrichements par cultures,
- essences présentes,
- abondance relative des essences principales,
- voie d'évacuation.

Au terme des travaux de reconnaissance, la zone forestière pourra être divisée en secteurs ou blocs distincts ayant des caractéristiques différentes concernant la forêt, le terrain, les voies d'évacuation.

341 - Etude des documents existants

341.1 - Cartes

Deux échelles sont couramment utilisées pour les cartes topographiques

- 1/200 000 : c'est-à-dire cartes générales à petite échelle,
- 1/50 000 : les cartes sont obtenues par restitution photogrammétrique de photographies aériennes verticales.

a - Cartes au 1/200 000

Les informations qu'elles fournissent sont plus ou moins complètes selon l'état d'avancement des travaux et la qualité de réalisation de la carte.

- On a d'abord des **fonds ou des esquisses planimétriques** ne donnant que la planimétrie.
- La **carte** topographique complète donne en plus le relief grâce à des courbes de niveau à l'équidistance de 40 m.

b - Cartes au 1/50 000

C'est la carte topographique de base à utiliser pour l'exploitation forestière. Elles donnent le relief grâce à des courbes de niveau à l'équidistance de 20 m.

Malheureusement elles ne couvrent qu'une partie des zones forestières.

Agrandissements au 1/10 000

Les cartes au 1/50 000 sont à une échelle insuffisante pour le travail d'une exploitation. Il est pratique et peu coûteux de faire exécuter des agrandissements au 1/10 000 qui ne sont pas plus précis, mais sont plus aisés d'emploi pour les reports ultérieurs d'informations détaillées. On dispose ainsi d'un véritable fond de carte de prospection.

341.2 - Photographies aériennes

a - En Afrique francophone, la couverture photo-aérienne est presque complète en panchromatique et partielle en infrarouge.

Il s'agit de photos noir et blanc, verticales à des échelles allant du 1/45 000 au 1/65 000, permettant l'observation stéréoscopique.

Localement existent des couvertures photographiques à grande échelle qui, dans certains cas, peuvent fournir des renseignements plus complets que la couverture générale (1/25 000 ou 1/30 000 généralement). La grande échelle conduit à la manipulation d'un grand nombre de photos (4 fois plus au 1/25 000 qu'au 1/50 000).

Sur un permis, il est toujours possible de faire exécuter une couverture aérienne particulière. C'est une opération assez coûteuse, qui demande des délais (présence d'avion photographe, attente de beau temps sans nuages).

Des solutions moins onéreuses sont possibles notamment avec des couvertures réalisées par des compagnies privées. Les couvertures photographiques existantes sont plus ou moins anciennes selon les régions. Dans certains cas, elles se périment très vite en raison de l'évolution de la couverture végétale (développement des cultures).

b - La "photo" radar est peu utilisée en Afrique francophone. Les documents disponibles sont à petite échelle (1/200 000) et ne permettent pas l'observation stéréoscopique. Ils donnent surtout une image de la topographie. La vision du couvert végétal n'est pas aisée.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

- c - La photo en couleurs (sur émulsion classique dans le spectre visible) est prise à très grande échelle pour éviter le voile atmosphérique.
- d - Images prises par satellite : elles couvrent la presque totalité des régions et des prises de vues particulières peuvent être programmées. La résolution (dimension du "pixel") peut atteindre 10 x 10m dans certains cas (Spot dans le spectre visible).

Renseignements fournis par les photographies

Elles renseignent sur les points suivants

- zones de forêt et hors forêt (notamment cultures),
- grands types de forêt, tels que forêt marécageuse, forêt à composition floristique particulière, forêt claire, forêt dégradée, forêt sur sol ferme, etc...

Elles ne donnent généralement pas d'informations plus précises sur la composition de la forêt, notamment sur la présence d'espèces de valeur. Seules apparaissent des formations où une espèce domine de façon nette : c'est le cas des forêts à Limbali (Gilbertiodendron) dans la cuvette congolaise sur photos panchromatiques et Infra-Rouges.

Les photographies aériennes doivent être examinées sous stéréoscope, cela est indispensable pour obtenir les renseignements ci-dessus ; cela est indispensable également pour voir le relief. L'observation stéréoscopique nécessite un entraînement dont ne dispose souvent pas le personnel d'exploitation.

Recours à des Sociétés spécialisées pour l'analyse des photos

Pour tirer des photographies aériennes les informations indispensables, il est pratique de s'adresser à des sociétés spécialisées capables

- d'effectuer une restitution, c'est-à-dire un document ayant la valeur de stéréominute, si aucune carte n'existe,
- d'étudier éventuellement des tracés de routes principales.

341.3 - Inventaires déjà réalisés

Il est toujours intéressant d'utiliser les résultats d'inventaires précédents, quitte à les vérifier. Ce peut être notamment le cas d'inventaires effectués par une exploitation antérieure.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Il existe maintenant un certain nombre de cas où l'Administration a fait effectuer des inventaires par **sondages** sur des superficies plus ou moins importantes. Ces inventaires fournissent des informations précieuses. Les lois statistiques font que les résultats ne sont valables qu'à l'échelle de superficies minimales dépendant du type de sondage, de son taux et de la variabilité de la forêt : ces superficies ou "blocs", varient de 15.000 à plus de 100.000 ha.

En règle générale, le dispositif mis en oeuvre ne permet pas d'obtenir des informations à l'échelle de superficies plus petites. Si cela on le fait, c'est au prix d'erreurs qui peuvent être élevées.

Il faut donc se garder d'utiliser les inventaires donnant, par exemple, des résultats à l'échelle de blocs de 50 000 ha, pour obtenir des informations sur 10 000 ha.

En restant dans les limites des informations pour lesquelles ils sont conçus, les inventaires effectués par l'Administration, quand ils existent, sont néanmoins précieux.

Il ne faut pas perdre de vue cependant que les informations qu'ils contiennent, répondent à un souci de connaissance générale. Elles doivent être reconsidérées pour les besoins particuliers d'une exploitation. Par exemple, si un inventaire donne un volume de Sapelli dans un bloc, il faut se préoccuper de savoir s'il s'agit d'un volume brut (sur écorce des contreforts à la première grosse branche, tous arbres réunis) ou d'un volume commercialisable.

341.4 - Rapport volume brut/volume commercialisable

Le point évoqué ci-dessus est très important et mérite d'être précisé.

Entre le volume brut, de tous les arbres, tel que défini plus haut, et le volume commercialisable sous forme de rondins, des réflexions doivent être faites pour tenir compte :

- de l'épaisseur de l'écorce ; les cubages commerciaux étant calculés sous écorce. (sur bille de 1 m 20 de diamètre, une écorce de 2 cm d'épaisseur représente 6,5 % du volume),
- de la présence d'arbres tarés ou très mal conformés qui sont inexploitable et resteront sur pied,
- de quelques arbres, gravement accidentés à l'abattage (fracassés par exemple) qui deviennent inutilisables,
- de pertes lors du tronçonnage du fût en billes commerciales : ces pertes correspondent à l'élimination des défauts importants.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Sur des exploitations normalement conduites des récolements ont été faits entre volumes sur pied et volumes commerciaux. On a ainsi constaté que le rapport

$$\frac{\text{Volume commerciale}}{\text{Volume brut}}$$

peut varier dans les conditions africaines, de 0,7 dans les meilleurs cas (espèces de valeur bien conformées), à 0,5 (ou moins) pour des espèces de conformations variables où les défauts sont fréquents.

Précisons, car cela est très important que chaque fois que nous parlons dans cet ouvrage de "volume" ou de "volume exploité", c'est du volume commercial tel que défini ci-dessus qu'il s'agit. La référence au volume brut fait l'objet d'une mention spéciale.

342 - Reconnaissances au sol

Les reconnaissances au sol ont pour but de compléter la vue d'ensemble de la région, acquise par diverses méthodes (survol aérien, photographies, cartes...). Elles ont un caractère impératif.

a - Dans un premier stade, ces reconnaissances sont effectuées en utilisant les axes de pénétration existants :

- rivières navigables (en pirogue),
- pistes existantes accessibles par route ou par rivière.

A partir des pistes, il est possible d'effectuer des comptages n'ayant aucune valeur statistique, mais donnant des informations précieuses sur la richesse de la forêt.

Ces reconnaissances permettent également de se faire une opinion sur la topographie, la composition du sol, la présence de matériaux routiers, l'importance des marécages, la difficulté de leur franchissement, etc...

b - Sur le même principe, il est possible d'ouvrir un certain nombre de layons servant de base au même type d'investigations que les pistes. Ils sont indispensables là où les pistes manquent.

343 - Reconnaissances et observations aériennes

La présence d'avions de tourisme légers rend possible le survol de zones de grande forêt qu'il est long et difficile de parcourir au sol.

L'hélicoptère permettrait un travail dans de meilleures conditions, mais l'heure de vol est beaucoup plus coûteuse.

Les observations aériennes à vue directe, plus encore que les photographies aériennes, constituent la méthode la plus efficace pour disposer en quelques jours d'une connaissance d'une vaste région peu ou pas connue. Même s'il n'existe pas de cartes topographiques précises, les observations aériennes permettent de repérer :

- les éléments topographiques tels que les :

- caractéristiques générales du relief (c'est très important),
- lignes de crêtes principales séparant les bassins des fleuves,
- cols importants constituant des points éventuels de passage obligés,
- vallées offrant des possibilités de circulation,
- cours d'eau permettant le flottage,
- chutes ou rapides sur les cours d'eau limitant les biefs navigables,
- zones marécageuses à contourner si possible,

- les informations concernant le massif à exploiter :

- limites des zones de végétation, (savanes, cultures),
- limites des types de forêts : forêt claire, forêt secondaire, forêt inondée, raphiales,
- fréquence relative des essences faciles à identifier (cf. Okoumé, Limba, Azobé, Ayous ...).

343.1 - Méthode de travail

Le plan des vols doit être préparé à l'avance à l'aide des cartes disponibles. Il est important que chacun des transects (portion de vol rectiligne parcourue en maintenant un cap donné) commence et finisse sur des points facilement identifiables d'avion : villages, coins de forêt, chutes ou rapides, carrefour de routes...

Si un transect ne peut se terminer sur un point remarquable, il faut que le suivant (retour) le puisse.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

343.2 - Notation des observations

On connaît la vitesse de vol :

180 km/h = 3 km/mn.

150 km/h = 2,5 km/mn.

En relevant le moment de survol à la montre ou au chronomètre, on note sur un carnet les observations. Cette notation doit être rapide car on va vite. On reporte ensuite ces observations sur la carte en transformant la durée de chaque trajet en distance.

Il peut être commode de dicter les observations dans un magnétophone : on peut exprimer plus de choses, mais le report sur carte est un peu plus long.

L'utilisation d'une caméra vidéo ajoute aux méthodes précédentes l'avantage de pouvoir visualiser les transects aériens à posteriori.

343.3 - Considérations pratiques

- Limiter la durée de chaque transect à 30 minutes environ pour éviter les corrections de dérive en cas de vent latéral.
- Les heures les plus favorables semblent se placer entre 9 heures du matin après la disparition des brouillards et 14 heures avant que la brume sèche commence à gêner les observations.
- L'équipage doit comprendre autant que possible deux observateurs qui contrôlent et complètent mutuellement leurs observations. Une bonne connaissance des travaux au sol leur est indispensable.

Les reconnaissances aériennes doivent avoir lieu **après** au moins une partie des reconnaissances au sol : le ou les observateurs possèdent déjà des informations sur la zone et la reconnaissance aérienne est plus efficace.

- L'altitude de vol doit se situer généralement vers 200 à 300 m au-dessus du sol :

- trop basse elle donne une vision trop locale,
- trop haute, elle "écrase" le relief et masque les détails.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Il est pratique de descendre de temps en temps au ras des arbres pour s'assurer de leur identification.

- Les avions de tourisme de tous modèles peuvent être utilisés. Les modèles à aile haute sont bien préférables.

343.4 - Identification de certaines essences

La présence de peuplements purs sur des surfaces plus ou moins étendues se repère facilement; les essences doivent être identifiées dans chaque cas : par exemple, Azobé, Okoumé, Limba, Parasolier, Limbali.

La précision des résultats est limitée :

- on n'obtient dans certains cas que des hypothèses,
- les caractères technologiques du fût, diamètre, forme et rectitude, ne peuvent être appréciés,
- le nombre des arbres est souvent systématiquement surestimé lorsqu'on ne se base que sur l'apparence des cimes,
- les informations recueillies sont généralement d'ordre qualitatif.

Exemples dans la forêt africaine

a - L'Azobé se reconnaît grâce :

- à ses jeunes feuilles présentes sur l'ensemble de la cime dont la couleur varie du rouge sombre au jaune verdâtre au début de la saison des pluies,
- au groupement des feuilles en bouquets épais et dressés à l'extrémité des rameaux, de couleur vert bouteille,
- au houppier formé de grosses branches dressées et formant un cône renversé,
- à la cime hémisphérique de couleur verte sombre.

b - L'Okoumé peut être reconnu :

- du 15 décembre au 15 février à la couleur rougeâtre généralisée des jeunes feuilles,
- en toute saison, au feuillage d'apparence fine, d'une couleur nettement vert grisâtre.

c - Le Limba (*Terminale superbe*) est bien visible en toute saison sèche grâce à :

- sa cime arrondie et très claire,
- ses branches groupées en verticilles avec l'apparence de plusieurs plans horizontaux,
- au tronc de couleur blanchâtre remarquablement droit.

d - Les Parasoliers (*Musanga cecropioides*) se signalent :

- par leurs feuilles facilement identifiables,
- par leur extension sous la forme d'une tache uniforme et continue où les cimes ne sont pas individualisées,
- par la teinte très uniforme de ces taches,
- par la hauteur du couvert uniforme mais inférieure à celle de la forêt voisine (aspect en creux).

e - L'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) se repère :

- à la forme de son houppier étendu,
- à l'aspect de son fût visible quand il est défolié,
- à ses feuilles identifiables en volant au ras des cimes,
- il faut prendre garde de le confondre avec le Fromager (*Ceiba pentandra*).

35 - Inventaire par sondage

Nous ne développerons pas ici la théorie et la pratique des inventaires forestiers par sondage, qui ne sont pas l'objet de cet ouvrage.

a - Ces types d'inventaire peuvent être effectués par l'Administration sur de vastes superficies, pour en connaître le potentiel ligneux à l'échelle de blocs plus ou moins vastes. Nous en avons parlé plus haut. Les taux de sondage utilisés varient de 1% à moins de 10/100, l'implantation de parcelles échantillon (0,5 ou 1 ha) se fait selon des dispositifs à un ou deux degrés.

Nous avons vu que dans les meilleurs cas, les résultats sont fournis à l'échelle de blocs de 15 000 ha. **On ne peut pas se servir de ces inventaires pour obtenir des informations plus précises.**

b - L'exploitant de bois d'oeuvre peut effectuer aussi des inventaires par sondages. Il peut ainsi utiliser principalement cette méthode ou des variantes moins élaborées pour obtenir une estimation rapide du potentiel d'un permis dans son ensemble ou par blocs.

Chez certains forestiers et dans certains pays où la législation forestière n'exige pas la réalisation d'un inventaire total, une tendance à substituer l'inventaire par sondage à l'inventaire en plein s'est développé. La connaissance de l'emplacement des arbres à abattre est alors acquise au dernier moment au moyen d'une équipe de prospection dépendant de l'exploitation. Les taux de sondage sont compris entre 7 et 10 %.

Mais souvent encore, les exploitants s'estiment suffisamment informés pour prendre une décision après avoir exécuté des reconnaissances au sol assez détaillées, s'appuyant en particulier sur un réseau de layons plus ou moins complet, avec comptage le long de ces layons : Ce procédé n'a pas valeur d'un inventaire par sondages.

Cette méthode peut avoir des résultats néfastes. Elle est loin d'être toujours judicieuse. Il peut être avantageux de transformer cette reconnaissance détaillée en prospection par sondage statistique. Le surcoût entraîné est faible par rapport au gain de précision.

36 - Inventaire systématique en plein (à 100 %)

Il a pour objet de fournir tous les renseignements détaillés nécessaires à la programmation efficace de l'exploitation ainsi qu'à la conduite journalière de celle-ci.

L'hétérogénéité des forêts tropicales oblige à **parcourir la totalité de la surface** pour connaître la localisation précise des arbres à exploiter.

L'inventaire systématique en plein est, en fait, le premier acte de toute exploitation rationnelle.

361 - Justification

- Du point de vue de l'abattage et du débardage : au maximum quelques arbres sont exploitables à l'hectare, il faut en connaître la localisation approximative.
- Du point de vue du constructeur de la route secondaire, de l'épi routier ou de la piste pour tracteur à pneus, on peut estimer à 100 ha la surface élémentaire pour laquelle se pose l'alternative : débardage ou construction d'une antenne routière. La solution la plus économique ne peut être envisagée que si l'on connaît l'emplacement approximatif des arbres, leur volume et les caractéristiques du terrain, en d'autres termes, si on dispose d'une carte des arbres. On peut dire dans ce sens que : **plus la forêt est présumée être pauvre ou hétérogène, plus l'inventaire systématique en plein s'impose et doit être précis et détaillé.**

La connaissance à l'échelle des superficies unitaires de 100 ha ne peut être obtenue que par l'inventaire systématique en plein.

362 - Informations à fournir

- a - sur la ressource forestière exploitable, nombre et localisation des arbres exploitables par essence. Chacune d'elles est figurée par signe conventionnel.

Souvent, les diamètres ne sont pas mesurés. Dans un inventaire en plein, la connaissance d'un volume minimum moyen certain, par pied, suffit.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

b - sur les éléments géographiques naturels :

- tracé des rivières,
- présence et limites des marécages,
- emplacement des lignes de crêtes (tracés routiers possibles).

c - Figuration du relief : le mieux est un agrandissement au 1/10.000 d'une carte type IGN au 1/50.000, complétée éventuellement par des relevés terrain.

Il est envisageable de faire ponctuellement des relevés de pente au clisimètre.

La figuration du relief doit faire apparaître les zones rocheuses qui gêneront l'exploitation.

Carte de prospection :

L'ensemble des informations ci-dessus est rassemblé sur **une carte de prospection** qui est couramment au 1/10 000 (éventuellement au 1/20 000 en terrain facile).

Même si aucun document préalable n'est disponible, la carte de prospection donne toute la topographie : ce rôle est aussi important que la connaissance du potentiel. C'est sur la carte de prospection que se prépareront les projets routiers basés sur :

- la topographie (lignes de crête en terrain, facile en moyen),
- la richesse de la forêt (desservir seulement les zones où il y a du bois).

Elle servira également à prévoir la production par essence.

363 - Date d'exécution de l'inventaire

L'inventaire n'apporte les avantages qu'on est en droit d'en attendre que s'il est effectué 2 ans minimums avant l'exploitation. C'est dans ces conditions qu'il permet la prévision ainsi que la réalisation du réseau routier entre l'année 2 et l'année 1. L'exploitation dispose dans ce cas d'un an d'avance de routes ; ces dernières auront ainsi le temps nécessaire pour se tasser sous l'action des pluies avant mise en forme définitive et ouverture à la circulation des grumiers.

364 - Coût et nécessité de l'inventaire

Bien qu'un inventaire total paraisse coûteux à première vue, cette dépense ne correspond le plus souvent qu'à une faible fraction (2 à 5 %) du prix de revient des grumes départ chantier, avant transport.

L'abandon par un grand nombre de forestiers africains de l'inventaire systématique relève donc à notre sens d'une politique et d'une gestion à court terme. Son remplacement par des sondages et une recherche de pieds juste avant exploitation ne se traduit que par abaissement maximum de 1 à 2 % du coût précédent. Cette "économie" est en pratique contrebalancée par :

- des difficultés ou une incapacité de gestion prévisionnelle de l'exploitation en raison de l'incertitude sur la richesse quantitative et qualitative des zones à exploiter l'année suivante,
- une planification risquée des réseaux routiers et de débardage qui conduit dans de nombreux exemples à quelques centaines ou milliers de mètres de pistes de débardage injustifiés au mieux et parfois plusieurs kilomètres ou dizaines de kilomètres de routes principales aboutissant à des zones inexploitable, des marais ou ravins infranchissables.

365 - Méthode

La forêt est divisée en parcelles que l'on parcourt en totalité pour y repérer les arbres. On distingue les opérations suivantes

- implantation d'un réseau de layons pour définir les parcelles,
- relevé de la topographie,
- comptage proprement dit,
- établissement de cartes d'ensemble et dépouillement des données sur le volume exploitable.

365.1 - Layonnage

Le **réseau de layons** comporte une ligne de base, des layons principaux et des layons secondaires.

- a - La ligne de base** qui sert d'accès et d'axe topographique, peut être soit une route, soit une piste préexistante, soit un layon.

b - Layons principaux :

- ils ont leur origine sur la ligne de base,
- leur intervalle est le plus souvent de 1 000 m,
- leur largeur est ouverte à 1 ou 2 m, au moyen de la machette, de la hache ou même de la scie à chaîne,
- ils doivent rester visibles plusieurs années, car c'est sur eux que se repérera l'exploitation ultérieure. Cela ne pose pas de problème si les layons sont ouverts dans le sous-bois d'une forêt âgée : la "brousse" ne referme pas,
- leur longueur est mesurée sans corrections de pente par unités de 50 m à l'aide d'une corde, d'un câble, d'un ruban dont la longueur est étalonnée et régulièrement vérifiée.
- des piquets de bois dur sont plantés, à intervalle de 50 m ou de 100 mètres maximums.

c - Layons secondaires, perpendiculaires aux layons principaux. Ils sont ouverts assez sommairement

- leur intervalle peut être de 200 m, 250 m ou 500 m,
- leur largeur est de 1 m environ,

Pour faciliter l'utilisation des documents de prospection on peut appeler les layons principaux par des lettres A, B... R, S, T et les layons secondaires par des chiffres 14, 15 ... 37, 38 ...

Dans la pratique, surtout en terrain difficile, les layons secondaires peuvent présenter des écarts de direction sensibles. Pour éviter que les écarts successifs ne s'accumulent de proche en proche, tous les layons secondaires sont ouverts en progressant dans la même direction et toujours au départ des piquets de distance placés sur les layons principaux ; ils pourront ne pas être exactement dans le même alignement d'une parcelle à l'autre.

d - Parcelles

Layons principaux et secondaires délimitent des parcelles rectangulaires de 25 ou 50 ha selon les cas, qui constitueront les unités de comptage. Elles peuvent être regroupées en blocs de 1 000 x 1 000 m ou 100 ha.

e - Erreurs de layonnage sur les layons principaux

Ils sont fréquemment ouverts sous la forme d'un réseau à maille carrée de 1 000 x 1 000 m. Dans ce cas, les erreurs sont visibles au niveau de chaque carré et on peut apporter les corrections nécessaires.

Souvent les layons principaux sont simplement ouverts parallèlement les uns aux autres, les layons secondaires qui leur sont perpendiculaire sont ouverts ensuite. Dans ce cas, pour rattraper les erreurs de direction sur les layons principaux, des layons de base (qui leur sont perpendiculaires), sont utiles de place en place (par ex. après 5 à 10 km). Les layons principaux déjà ouverts y aboutissent, de nouveaux layons en repartent, à l'équidistance de 1 000 m. Ces nouveaux layons ne sont souvent pas dans le prolongement des layons précédents dont l'équidistance a été faussée.

On voit que la forme rectangulaire des parcelles de superficie donnée (par ex. 1 000 m x 25 m) peut être plus ou moins théorique. Cela est sans importance pratique : la carte de prospection s'efforcera de reproduire le réseau de layons tel qu'il est, et non tel qu'il devrait être.

f - Repérage en forêt

Ce qui précède ne gêne en rien le rôle du réseau de layons

- délimiter des parcelles,
- assurer le repérage en forêt, comme on l'a vu plus haut.

Etant sur un layon, on peut à chaque instant savoir où on se trouve sur la carte. Les inexactitudes topographiques ne gênent aucunement du moment que le réseau de layons et carte se correspondent bien.

Ce rôle de repérage est très important : **les layons sont le seul moyen** (à part quelques rares pistes) **de se repérer avec précision en forêt.**

g - Carnet de layonnage

Lors de l'ouverture des layons de base et des layons principaux, le chef d'équipe doit noter sur un carnet :

- les tâches exécutées,
- les éléments topographiques rencontrés (pentes, rivières, pistes, obstacles, etc...).

Il exécute un véritable croquis, avec position de piquets, de la forêt le long du layon : ce croquis servira à l'établissement de la carte.

365.2 - Comptage des arbres

Le terrain est parcouru sur toute sa surface par une équipe qui ratisse chaque parcelle, par virées successives.

a - Virées :

Une équipe de 5 ou 6 hommes se met sur une ligne à des intervalles de 20 à 30 m, de façon à rester à portée de vue de l'un à l'autre. A l'une des extrémités de la ligne un "guide" parcourt un layon, à l'autre extrémité un agent repère son chemin par des marques sommaires sur les arbres et les arbustes. Toute l'équipe marche à la hauteur du guide en s'efforçant de rester en ligne.

b - Les appels :

Chaque fois qu'un homme rencontre un arbre d'une essence recherchée, il appelle cette essence (si on veut le diamètre ou la circonférence). Il apprécie la forme de l'arbre (et sa qualité) puis appose une marque (à la machette) pour éviter les doubles appels. Chaque compteur tient un bâton et y note à mesure au moyen d'encoches le nombre d'arbres qu'il a appelé.

A l'extrémité de la virée, en arrivant sur le layon qui limite la parcelle, le chef compteur compare ce qu'il a noté avec ce que les compteurs ont relevé (nombre d'encoches). Il rectifie les erreurs éventuelles. Cette procédure est possible en raison du petit nombre d'arbres notés.

c - Ensuite, l'équipe se remet en ligne d'inventaire en reprenant comme guide celui qui vient de tracer les brisées de repère.

d - Le chef d'équipe (ou un adjoint sous son contrôle) tient un carnet de prospection. Il s'efforce de faire progresser l'ensemble de l'équipe en suivant la ligne droite ; à cet effet, il s'aide d'une boussole ou fait effectuer devant lui, par un aide, une trace pour faciliter son orientation.

e - Vitesse de progression :

A chaque virée, l'équipe parcourt une bande de forêt de 100 à 120 m de largeur. On conçoit aisément que plus l'équipe est nombreuse, plus le rendement individuel est faible et plus le contrôle est difficile. En terrain peu accidenté, le rendement est de 8 à 9 ha inventoriés par homme/jour, pour une équipe de 5 ou 6 hommes.

f - Toisé des arbres :

S'il est effectué, il se réduit à la mesure de la circonférence (au-dessus des contreforts) ou du diamètre, par visée. On peut se contenter d'une estimation des diamètres à vue, à condition de contrôler cette estimation par une mesure réelle effectuée sur quelques arbres seulement choisis au hasard ou de façon systématique, par exemple un arbre sur 10 ou 20. La mesure systématique des diamètres serait une opération trop longue en raison des contreforts fréquents (et illusoire car la surveillance est impossible).

g - Carnet de relevés :

Il y a intérêt à utiliser un carnet d'un modèle préparé à l'avance, de façon à faciliter les inscriptions.

Deux éventualités sont possibles

- 1 - Si le nombre d'indications à relever par parcelle est faible, exemple petit nombre d'espèces comptées ou tout au moins un ou deux importantes, les autres étant peu abondantes (cas très courant).

Il est alors commode de tenir le carnet sous la forme d'un **croquis de parcelle** situant approximativement les arbres. Les indications ainsi fournies sont précises, car on situe les pieds par rapport à la topographie. Il existe des cas où des arbres d'espèces de valeur sont numérotés : cas du Sapelli ou du Sipo. Cela vaut la peine si les arbres sont généralement de gros diamètres = volume individuel élevé.

Le croquis doit être **complété par un relevé chiffré** du nombre de pieds (par espèce et par qualité) de façon à avoir un meilleur contrôle des résultats.

Le carnet-croquis est particulièrement utilisable si on ne relève pas les diamètres. Il est très couramment employé.

- 2 - Si le nombre d'indications à relever est élevé (nombreuses espèces - plusieurs catégories par espèces) le croquis n'est plus réalisable, sauf pour une partie seulement des relevés (espèces importantes).

Le carnet prévu pour le relevé des espèces, diamètres si on les mesure et qualités, est le seul possible.

365.3 - Croquis et cartes

Quel que soit le procédé de notation des résultats du comptage, un croquis de parcelle doit être dressé pour relever la topographie. Les éléments de la planimétrie (rivières, thalwegs, pistes, marais, etc...) sont positionnés en s'aidant de leurs points d'intersection avec les layons.

La pente, si elle est notée, peut l'être sous forme de flèches avec 1, 2 ou 3 chevrons selon son intensité.

Tous autres éléments sont portés sur le croquis tels que : rochers, latérite, etc... Les croquis sont effectués au 1/5 000 ou à une échelle plus grande.

Au bureau, les croquis réduits au 1/10 000 ou 1/20 000, permettent de faire la carte de prospection : ils doivent donc contenir tous les éléments à cet effet.

365.4 - Appréciation des volumes exploitables

365.41 - Méthode pratique

On se contente la plupart du temps de noter le nombre d'arbres, puis de multiplier le nombre des arbres comptés par un volume-billes moyen résultant d'une estimation forfaitaire basée sur des résultats obtenus sur un chantier voisin.

Cette méthode consiste en fait à donner les résultats uniquement sous forme de nombre de pieds.

Ceux-ci peuvent être classés en "bons", "douteux" et "mauvais" (qui ne seront en principe pas exploités). Souvent ces derniers ne sont pas comptés du tout. L'appréciation de cette qualité résulte généralement du "coup d'oeil" et de l'expérience des praticiens.

Le comptage du seul nombre d'arbres peut conduire à des erreurs grossières dans l'appréciation du volume exploitable, si le volume moyen par pied est mal connu (cas d'une région "nouvelle" pour un exploitant). D'où l'intérêt de choisir une estimation prudente.

365.42 - Amélioration

Il est toujours préférable d'utiliser une méthode plus précise. Elle s'appuie sur les principes suivants :

a - Le volume des arbres dépend uniquement du diamètre (les hauteurs moyennes varient peu).
On peut donc utiliser un tarif de cubage simple du type : $V = a + bD^2$

b - On peut se contenter de mesurer seulement le diamètre d'une fraction des arbres (échantillon 5 % par exemple) pourvu qu'ils soient choisis de façon systématique (5 % = 1 sur 20).

Cet échantillon permettra un calcul du volume moyen par pied.

On peut aussi, en plus de l'échantillon ci-dessus, estimer à vue les diamètres des arbres non mesurés. L'estimation étant en permanence corrigée par les mesures sur 5 % des arbres.

En pratique, la seule mensuration de 5 % des arbres apporte une précision bien suffisante.

c - **Etablissement du tarif de cubage.** La relation liant V et D peut être obtenue à partir de chantiers en cours d'exploitation même s'ils sont éloignés (carnets de chantier). Le volume à retenir ici est exclusivement le **volume des billes commerciales**. Le volume brut est sans intérêt.

366 - Cadences de travail

Les déplacements sur les layons de prospection s'effectuent à la vitesse de 2 à 3,5 km/heure suivant le relief et la distance.

Un parcours de 10 km/jour sur layon, avec bagages, est normal pour une équipe en terrain accidenté.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

366.1 - Layonnage

La longueur des layons ouverts par chaque exécutant varie beaucoup suivant l'entraînement des hommes, la consistance du sous-bois et le relief.

Une équipe peut être constituée de :

1 pisteur (première trace)
4 manoeuvres
1 "topofileur"
1 piqueteur
—
7 manoeuvres
+
1 boussolier et 1 pointeur

Elle peut ouvrir en moyenne 2 km de layon par jour (un peu moins pour les layons principaux, un peu plus pour les layons secondaires).

Il ne faut compter que sur 15 à 18 jours de travail effectif par mois en raison de déplacements, repos, etc, c'est-à-dire qu'une équipe ouvre 30 à 35 km en un mois.

Si les layons sont ouverts sur une largeur plus grande, le rendement baisse : 750 à 1 500 m/jour. Il en est de même si le sous-bois est très dense.

366.2 - Comptage - Deux exemples :

a - Equipe de 6 compteurs + 1 chef (+ 1 pointeur facultatif) soit 7 à 8 personnes.

Elle parcourt environ 4 km par jour, en effectuant des virées de 125 m de large dans des parcelles de 1 000 x 250 m. Le rendement est alors de 50 ha/jour.

b - Equipe de :

1 chef compteur
1 "topofileur"
1 pointeur
12 hommes (dont 2 botanistes)
—
15

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Utilisée dans des parcelles de 1 000 x 200 m, elle prend des virées de 200 m et compte 80 ha/jour si le nombre d'espèces relevé est faible.

c - Dans un cas comme dans l'autre, le nombre de jours de travail effectif est de 15 à 18/mois, soit : $15 \times 50 = 750$ ha ou $15 \times 80 = 1\ 200$ ha.

366.3 - Logistique

Outre les équipes de layonnage et de comptage proprement dites, il faut prévoir :

- équipe de portage (éventuellement) - travaux de campement, chasseur...,
- supervision de la prospection.
- travaux de dépouillement.

Si on y ajoute de nombreux travaux accessoires (études de routes, vérification de travaux antérieurs, reconnaissances,...) on aboutit à ce que la charge de travail soit sensiblement plus élevée que celle correspondant à la seule prospection de la superficie annuelle à exploiter ; il y aura lieu d'en tenir compte au niveau de l'organisation du chantier.

Les équipes de prospection peuvent travailler en ayant pour base arrière le campement de l'exploitation : les frais de logistique et d'encadrement sont alors réduits.

Si elles travaillent isolées, loin de tout chantier, elles nécessitent un encadrement et une logistique particuliers, donc coûteux.

367 - Matériel utilisé

Il est très simple

- machette, hache ou scie à chaîne,
- boussole,
- clisimètre (non indispensable, puisque pas de corrections de pente),
- topofil ou corde cable ou ruban de 50 m,
- ruban gradué pour mesure des circonférences des arbres.

368 - Considérations sur l'inventaire total

368.1 - Précision recherchée

Cartographie :

Nous avons vu que le layonnage comporte souvent des erreurs. Si celles-ci ne sont pas immenses, elles sont sans importance.

La carte doit représenter les layons tels qu'ils sont sur le terrain et non pas tels qu'ils devraient être. Elle joue un rôle de repérage sur le terrain, de description de la topographie et d'estimation du potentiel exploitable.

Par exemple, une parcelle figurant pour 25 ha sur la carte, mesure sur le terrain 30 ha, n'est pas une erreur importante. Cependant, la carte doit montrer d'une façon précise le nombre d'arbres ainsi que les formes réelles du relief.

Il importe peu, par exemple, qu'une parcelle figurant pour 25 ha en ait en réalité 30 : mais il faut qu'elle contienne réellement le nombre d'arbres figurés et la conformation du relief indiquée.

L'emploi, comme fond de carte, d'un agrandissement de la carte au 1/50.000 a l'avantage de permettre, au bureau, une correction des erreurs topographiques.

Estimation des volumes :

Le comptage peut comporter des erreurs :

- appréciation des arbres effectivement exploitables ("bons" ou "douteux"),
- mensuration imparfaite (inexistante) des diamètres.

C'est seulement au moment de l'abattage qu'on décidera de ce qui est exploitable ou non. L'estimation faite par l'inventaire ne correspond généralement pas complètement avec ce que réalise l'exploitation. L'inventaire est souvent plus exigeant dans l'appréciation des arbres exploitables. Il est courant d'exploiter 10 % de plus que ne prévoit l'inventaire (abattage de choix inférieurs, arbres "oubliés" par l'inventaire, etc...).

En fait, on demande à l'inventaire l'**assurance** de trouver un volume minimal justifiant la mise en place des moyens d'exploitation : on ne lui en demande pas une estimation exacte. L'inventaire doit donc se situer un peu en-dessous de la réalité (l'inverse présente des inconvénients graves). Mais il va sans dire que les erreurs doivent rester limitées.

Chapitre 3 - Connaissance de la forêt du point de vue de l'exploitant - prospection

Précision d'ensemble :

D'une façon générale, le fait de compter 100 % de la superficie permet de se contenter d'une précision dans les relevés inférieure à celle exigée dans les inventaires par sondage puisqu'il n'y a pas d'erreur statistique.

Mais à partir du moment où on parcourt le terrain, il n'est pas plus coûteux de relever le maximum de données

- topographie complète,
- relevé des difficultés particulières (rocher, ravin),
- compter les espèces d'exploitation incertaine,
- recenser les arbres jugés "mauvais" ou les arbres légèrement inférieurs au diamètre d'exploitabilité, mais qui seront récoltables à l'horizon d'une dizaine d'années.

368.2 - Nécessité de l'inventaire total

L'hétérogénéité de la forêt, le fait qu'on exploite peu d'arbres qui sont isolés oblige à réaliser l'inventaire total. En fait, celui-ci est d'autant plus indispensable que :

- la forêt est **hétérogène**,
- on exploite un petit nombre d'arbres donc que la forêt est pauvre.

Théoriquement, en forêt riche et régulière, on pourrait s'en passer : une prospection par sondage suffirait. A condition de disposer par ailleurs d'une carte donnant la topographie.

N.B. : Le dispositif présenté ci-dessus est approprié aux conditions africaines où la richesse varie entre 0,5 et 3 arbres par ha et le relief plus ou moins accidenté.

Dans des conditions de forêts montagneuses, avec un grand nombre d'arbres à l'ha et donc de volumes beaucoup plus élevés, il serait nécessaire de l'adapter.

L'exploitation forestière proprement dite

Chapitre 4

Chapitre 4

L'exploitation forestière proprement dite

Avant de décrire les techniques utilisées dans les diverses opérations d'exploitation, il nous faut préciser plusieurs points qui concernent l'ensemble des opérations :

- production au cours de l'année,
- dimensions et poids manipulés,
- matériels mis en oeuvre.

41 - Généralités sur les méthodes et les techniques

411 - Répartition de la production au cours de l'année

La production des exploitations est le plus souvent répartie sur la totalité des douze mois de l'année, mois pluvieux inclus.

Le tableau ci-après montre la répartition mensuelle dans un certain nombre de cas typiques. Le mois moyen y est égal à 100, de façon à ce que la production de chaque mois soit représentée en quelque sorte par un indice. La dernière ligne du tableau indique la pluviométrie annuelle.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Tableau 411

Répartition de la production dans l'année (mois moyen = 100)

	Côte d'Ivoire Sud-Ouest	Côte d'Ivoire Région Dalla	Nord Congo	Gabon Pieds Monts Cristal		Gabon 2ème zone Nord Ogooué
Janvier	128	114	146	91	100	97
Février	124	128	136	109	124	88
Mars	149	109	129	106	78	108
Avril	109	93	76	94	118	110
Mai	151	90	44	77	96	94
Juin	20	90	42	106	101	120
Juillet	102	104	170	90	122	110
Août	76	81	41	113	131	102
Septembre	80	93	81	119	99	76
Octobre	81	88	98	106	50	94
Novembre	79	108	79	107	82	102
Décembre	101	102	158	82	99	99
12x100	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Pluviométrie annuelle	environ 2 300 mm	environ 1 500 mm		environ > 3 000 mm		environ 1 600 mm

L'exploitation n'est pas active au même degré tout au long de l'année. Son rythme dépend étroitement des saisons sèches et pluvieuses. Dans certains pays, la saison des pluies correspond à un ralentissement considérable de l'exploitation, sinon son arrêt. Dans d'autres, l'activité est simplement diminuée.

L'abondance des précipitations gêne le travail des hommes et diminue la productivité des engins qui sont soumis à davantage d'efforts et d'usure. Dans la boue, ils ne peuvent qu'être mal utilisés.

Quand la pluie tombe les transports doivent souvent s'arrêter, car les routes en terre supportent mal le passage des camions chargés, à moins que les matériaux routiers soient d'excellente qualité.

En saison sèche, la durée effective du travail est maximale et la productivité la meilleure. Les véhicules routiers transportent les charges normales sur des routes solides.

On notera quelques particularités :

- Nord Congo : la baisse de production en avril, mai et juin correspond aux basses eaux des rivières : l'évacuation des bois est compromise. Par contre la sortie de forêt a lieu dans de bonnes conditions : on stocke le plus possible bord rivière.
- Gabon, Pied des Monts de Cristal : zones très pluvieuses et de terrain assez difficile. Pluies maximales en octobre-novembre. On notera l'irrégularité de production.

412 - Caractéristiques volumétriques des bois exploités

412.1 - Diverses catégories de volume

Ce point a déjà été abordé au § 341.4. Il n'est pas inutile d'y revenir ici puisqu'on va parler des caractéristiques de ce qui sort de forêt.

A propos d'un même arbre, on peut parler de plusieurs volumes :

- Volume brut (pour bois d'oeuvre) : volume sur écorce, des contreforts à la première grosse branche. C'est le volume de matière en forêt, y compris toutes les parties défectueuses.
- Volume commercial ou volume marchand : c'est le volume sous écorce de billes produites par les seuls arbres abattus, après tronçonnage et élimination des déchets : exprime le produit vendu.

Volume commercial = volume brut x coefficient de commercialisation.

- Volume débardé : n'intéresse que l'exploitation, c'est le volume que tirent les engins d'extraction des bois. Ce volume peut être selon les cas :
 - le volume brut (tirage du fût complet).
 - un volume commercial (tirage de billes façonnées),
 - un intermédiaire entre ces deux volumes : c'est un cas très fréquent, certains déchets sont abandonnés à la souche, d'autres au lieu de tronçonnage (bord route).

Mais l'exploitant forestier ne retient que le seul volume commercial ou marchand, qui exprime la production réelle vendue. Tous ses documents se réfèrent à cette seule notion.

412.2 - Dimensions des arbres

Ce sont les caractéristiques de la matière première (longueurs, diamètre, volumes unitaires).

a - longueur de fût des contreforts à la première grosse branche

Cette longueur varie beaucoup avec les espèces.

Tableau 412.2 - A

Essences	Longueur moyenne
Sapelli (Côte d'Ivoire)	20 à 25 m
Acajou Okoumé (2ème zone Gabon)	18 à 21 m
Limba (Côte d'Ivoire)	20 à 24 m
Niangon (Côte d'Ivoire)	18 à 20 m
Samba - Ayous (Côte d'Ivoire)	20 m
Agba (Gabon)	30 m

Tableau 412.2 B

Répartition des volumes bruts et du nombre d'arbres en fonction des diamètres au-dessus des contreforts.

Catégories diamètre des arbres au-dessus des contreforts	Ordres de grandeur volume brut par pied m ³ ¹	KOTIBE (Côte d'Ivoire)		FRAKE LIMBA		SAPELLI (Côte d'Ivoire Ouest)		SIPO (Côte d'Ivoire Ouest)		ACAJOU (Côte d'Ivoire Ouest)		OKOUME (2ème zone Gabon)	
		% volume	% nombre	% volume	% nombre	% volume	% nombre	% volume	% nombre	% volume	% nombre	% volume	% nombre
62 à 80	5,1	72,2	81,1	39,8	53,5	Non pris en compte		6	16	33	52	A compter de 70	
80 à 94,5	7,6	21,6	15,7	29,9	27,4			3	5	29	29	22	29
94,5 à 107	10,2	4,8	2,6	17,4	12,3	39	55	4	7	10	7	26	27
107 à 118,5	12,8	1,4	0,6	8,1	4,6			7	9	7	4	19	16
118,5 à 129	15,4	-	-	3,2	1,5	22	20	3	3	10	4	12	8
129 à 138	17,8	-	-	0,6	0,3			7	7	2	1	8	5
138 à 147	20,4	-	-	0,6	0,2	18	13	23	19	3	1	4	2
147	23,0	-	-	0,4	0,1	21	12	47	34	6	2	2	1
		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ - V = D - par exemple entre 80 et 94,5 cm, l'ordre de grandeur du volume brut de l'arbre est de 7,6 m³.

b - Diamètre des arbres exploitables à hauteur d'homme ou au-dessus des contreforts

Le tableau 412.2B donne quelques exemples de répartition en fonction du volume sur pied (volume brut) et du nombre de tiges. Les différents exemples retenus encadrent les divers cas possibles.

c - volumes bruts et débardés

Pour donner une appréciation de la répartition des volumes qui peuvent être débardés par pied, nous avons fait apparaître dans la seconde colonne du tableau 412.2B, un volume brut calculé par la formule simple $V = 10^D$.

Il s'agit d'une évaluation assez grossière, mais suffisante comme ordre de grandeur.

d - volumes commerciaux

On trouvera ci-dessous quelques exemples de volumes unitaires des arbres couramment exploités. Il s'agit de simples ordres de grandeurs moyens autour desquels les variations sont très importantes.

Exprimés en volumes commerciaux, ils varient avec le rendement au tronçonnage qui dépend lui-même dans une certaine mesure des exploitations.

Tableau 412.2C

Essences	Diamètre au-dessus des contreforts (cm)	Longueur utile du fût (m)	Volumes marchands extrêmes m ³ par arbre	Volumes marchands moyens m ³ par arbre.
Acajou d'Afrique	80 - 150	16 - 25	5 - 35	8 - 10
Azobé	70 - 100	15 - 20	4 - 12	4 - 8
Ilomba	65 - 90	12 - 20	3 - 10	4 - 6
Limba	60 - 90	12 - 20	3 - 10	4 - 6
Makoré-Douka	80 - 180	18 - 25	6 - 60	8 - 14
Niangon	60 - 100	10 - 14	2 - 9	4 - 5
Obeche	70 - 130	14 - 20	3 - 16	7 - 13
Okoumé	70 - 140	15 - 20	3 - 20	6 - 8
Sapelli	80 - 150	18 - 25	5 - 40	9 - 12
Sipo	80 - 180	18 - 25	5 - 60	11 - 16

Ces quelques exemples “encadrent” la plupart des cas possibles : quelques espèces ont des volumes moyens par pied inférieurs à 3 m³. Le Sipo est un bon exemple parmi les plus gros arbres.

Les diamètres d'exploitabilité effective s'échelonnent de 60 à 80 cm selon les cas.

412.3 - Dimensions des billes

Il est assez difficile de parler de volumes moyens ou de répartitions de volumes par espèce, car, si les diamètres sont fixés par la nature, la longueur des billes varie selon la volonté des exploitations.

a - longueur des billes

Elle dépend :

- de la conformation des arbres,
- des moyens de manutention,
- des impératifs de chargement sur les moyens de transport,
- des utilisations en usine et des désirs du marché.

Les moyens de manutention augmentant de puissance, la tendance a été et va encore dans le sens d'un **accroissement des longueurs** qui permet un meilleur chargement des véhicules de transport et une plus grande facilité de découpe en usine. Ceci ne veut pas dire que certaines entreprises ne restent pas adaptées à la production de billes relativement courtes.

Notions de longueurs préférentielles. Les dérouleurs imposent à leurs exploitations intégrées un éventail assez complexe de longueurs préférentielles qui permettent les meilleurs découpages en usine (pour produire les billons de déroulage).

Evolution des longueurs, un exemple typique et important, peut être cité : celui de l'**Okoumé** au Gabon.

Voici quelques lots étudiés occasionnellement.

Tableau 412.3 A

Année	Volume étudié	Longueur moyenne
1958 - 1960	32 000 m ³	5,80 m
1968 - 1970	43 000 m ³	8,60 à 8,70 m
A partir de 1975 (2ème zone)	23 000 m ³	9,90 m

Ces lots sont représentatifs : les différences correspondent à une évolution des techniques.

A partir de 1975, on avait :

- longueur minimale pratique : 5 m
- longueur maximale pratique : 15 m
- longueurs les mieux représentées : 7 m à 12 m

Une longueur de 15 m correspond à un maximum fréquent dû :

- à la forme des arbres,
- à la longueur des camions,
- aux manutentions sur navires.

Pour les autres essences, l'évolution est analogue. En Côte d'Ivoire, pour des espèces comme les Méliacées, le Samba, les longueurs moyennes avoisinaient 5,80 à 6,60 m vers 1960. En 1978, elles étaient du même ordre de grandeur que celles de l'Okoumé.

En 1982 : en RCA, les billes de Sapelli varient entre 4 et 15 m, la majorité d'entre elles mesurant 8 à 11 m, en Indonésie, la longueur moyenne des billes était de 9,8 m.

b - diamètre des billes

Nous prendrons le terme de diamètre de billes au sens de répartition de la production en fonction du diamètre de produits (qui diffère de la répartition en fonction du diamètre à la base des arbres sur pied). Le tableau 412.3 B résume un certain nombre d'exemples caractéristiques. Le Sipo est représentatif de "gros bois" et le Niangon de "petit bois".

c - volume des billes

L'éventail des longueurs et des diamètres fait que les volumes unitaires sont extrêmement variables.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Certains ordres de grandeurs moyens sont intéressants à retenir :

- une bille d'Acajou de 90 cm sur 8 m de long cube 5 m³.
- sur un parc portuaire, le volume moyen de diverses Méliacées (dont Sipo) + Samba : 6,5 m³/bille ; Bété 3 m³.
- en RCA dans la région de la Lobaye : Sapelli 6 m³/bille en moyenne ; Sipo : 10 m³/bille.
- en seconde zone, au Gabon, la bille moyenne avoisine 6m³.

Tableau 412.3B

Répartition de la production en fonction des diamètres de billes en pourcentages

Diamètres cm	Sipo Région Dalla Côte d'Ivoire	Méliacées diverses Côte d'Ivoire	Niangon Avodiré Côte d'Ivoire	Limba Congo	Samba Côte d'Ivoire	Okoumé Gabon 2ème zone
60			12	9		1
60 à 80	3	23	66	60	21	31
		88	85	87	85	94
80 à 100	10	45	19	27	39	42
100 à 120	19	20	3	3	25	21
120 à 140	28	10	-	1	11	4
	87					
140 à 160	25	2	-	-	4	1
> 160	15	-	-	-	-	-
	100	100	100	100	100	100

- mais, en première zone (estuaire), on a seulement 3,8 m³ (ou 2,3 t), parce que les bois sont de plus petit diamètre et les billes plus courtes.

- en Indonésie (East Kalimantan) : la moyenne toutes essences de :

Dipterocarpacees :	6,4 m ³ /bille
dont White Meranti :	6,83 m ³ /bille,
Red Meranti :	5,13 m ³ /bille,
Kapur :	5,63 m ³ /bille.

412.4 - Densité des bois à l'état vert

412.41 - Définitions

C'est la densité des grumes, qui varie peu entre la forêt et l'usine. Cette densité diffère complètement de la densité du bois mis en oeuvre (15 % d'humidité).

La notion de densité à l'état vert est mal définie et peut se comprendre de diverses façons

a - flottage :

En cas de mise à l'eau des bois, c'est par la nature des choses, la véritable densité qui intervient.

b - transport terrestre :

On retient alors le poids du m³ transporté.

- Le cubage est fait sous écorce.
- Le poids effectif comprend : l'écorce, des irrégularités de conformation des grumes, non cubées (bosses, cannelures, etc), des déchets (boue, terre, etc).

La densité constatée est supérieure à celle de - a -. Elle intervient, en pratique, en cas de pesées.

c - densités forfaitaires :

Les transporteurs, les ports, les manutentionnaires, les compagnies maritimes utilisent des densités forfaitaires pour calculer leurs tarifs. Pour une même essence, la densité peut varier selon l'interlocuteur.

Il faut alors considérer, en fait, la densité comme un simple coefficient permettant de calculer un tarif au m³ à partir de base à la tonne. Chacun est alors libre de choisir son coefficient.

412.42 - Densités pratiques

L'éventail des densités est très large en Afrique : de 0,6 pour l'Okoumé à 1,35 pour l'Azobé.

A l'intérieur d'une même espèce les variations sont importantes. Elles sont particulièrement à prendre en considération quand la densité avoisine 1 et que le flottage est envisagé.

Souvent pour une essence dite "flottable", il arrive que quelques billes coulent. Cela conduit à définir comme flottable toute espèce pour laquelle la presque totalité des billets flottent (et non 100 %).

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Inversement est "non flottable" une espèce pour laquelle une proportion inacceptable de billes coule : dans un port, on doit ranger dans cette catégorie une espèce pour laquelle 10 % de billes coulent (mais 90 % flottent !) si le tri de ces billes est pratiquement irréalisable.

Le tableau 412.42 résume un certain nombre de densités à l'état vert assez communes.

Tableau 412.42 - Poids à l'état vert des essences tropicales

Nom commercial	Nom botanique	Poids en grumes kg/m ³
ABURA (Bahia)	Mitragyna ciliata Mitragyna stipulosa	800 - 950
ACAJOU	Khaya ivorensis Khaya anthotheca	700 - 800
AIELE	Canarium schweinfurthii	750 - 850
AKO	Antiaris africana Antiaris welwitschii	750 - 850
ANGELIQUE	Dicorynia paraensis Dicorynia guianensis	1 000
AVODIRE	Turraeanthus africana	750 - 850
AZOBE	Lophira alata	1 200 - 1 350
BABOEN	Virola surinamensis Virola melinonii Virola sebifera	800 - 900
BETE	Mansonia altissima	900 - 1 000
BILINGA	Nauclea trillesii Nauclea diderrichii	1 000 - 1 100
BOSSE	Guarea cedrata Guarea thompsonii Guarea laurentii	850 - 950
BUBINGA	Guibourtia demeusei Guibourtia tessmannii Guibourtia pellegriniana	1 000 - 1 100
DIBETOU	Lovoa trichilioides	750 - 850
DOUSSIE	Afzelia bipindensis Afzelia pachyloba Afzelia bella Afzelia africana	1 000 - 1 200
FRAMIRE	Terminalia ivorensis	750 - 850
FROMAGER	Ceiba pentandra	850 - 950

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

ILOMBA	<i>Pycnanthus angolensis</i>	800 - 850
IROKO	<i>Chlorophora excelsa</i> <i>Chlorophora regia</i>	950 - 1050
ASAMELA	<i>Pericopsis elata</i>	1 100 - 1 200
KOSIPO	<i>Entandrophragma candollei</i>	850 - 950
LIMBA	<i>Terminalia superba</i>	700 - 900
MAKORE	<i>Dumoria heckelii</i> <i>Dumoria africana</i>	850 - 950
DOUKA	<i>Tieghemella heckelii</i> <i>Tieghemella africana</i>	900 - 1 050
MOABI	<i>Baillonella toxisperma</i>	950 - 1 100
MOVINGUI	<i>Disthermonanthus benthamianus</i>	850 - 950
MUKULUNGU	<i>Autranelia congolensis</i>	1 000 - 1 100
NIANGON	<i>Tarrieta utilis</i> <i>Tarrieta densiflora</i>	900 - 1 000
NIOVE	<i>Staudtia stipitata</i> <i>Staudtia kamerunensis</i>	900 - 1 100
OBEICHE (Ayou))	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	550 - 700
OKOUME	<i>Aucoumea klaineana</i>	550 - 650
OLON	<i>Fagara heitzii</i>	700 - 800
OZIGO	<i>Dacryodes buettneri</i>	750 - 850
PADOUK	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	950 - 1 000
SAPELLI	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	850 - 950
SIPO TCHITOLA	<i>Entandrophragma utile</i> <i>Oxystigma oxyphyllum</i>	750 - 850 850
TALI	<i>Erythrophleum ivorense</i> <i>Erythrophleum guineense</i>	1 000 - 1 100
TIAMA	<i>Entandrophragma angolense</i>	800 - 850
TOLA (Agba)	<i>Gossweilrodendron balsamiferum</i>	700 - 800
ZINGANA	<i>Microberlinia brazavillensis</i> <i>Microberlinia bisulcata</i>	1 050 - 1 150

413 - Le matériel d'exploitation forestière

Il est intéressant de décrire rapidement le matériel utilisé dans son ensemble avant d'examiner chaque opération en particulier : ce matériel montre de quel genre d'entreprise il s'agit :

Le matériel de transport ne sera abordé qu'au chapitre 5.

L'équipement des exploitations se caractérise toujours par la place primordiale qu'occupe le matériel à chenilles. Il reste la base indispensable à la pénétration de la forêt et à l'extraction de charges lourdes. Souvent les engins servent à plusieurs usages.

Le matériel à pneus est utilisé en association avec le matériel à chenilles ou, dans certains cas, simplement en complément.

413.1 - Matériel de base

Quand on visite une exploitation, on constate toujours que les matériels sont d'âges variés. Cela est d'autant plus vrai que leurs durées d'utilisation sont longues (engins lourds). Aussi pour caractériser les types de matériel, il ne nous a pas paru utile de citer les modèles les plus récents qui ne sont pas forcément représentatifs des parcs en service.

Nous nous référons donc, dans ce qui suit, aux matériels qui étaient déjà achetés vers 1987.

En effet, les marques ont proposé et, proposent sous des mêmes dénominations des engins de puissances croissantes. Prenons l'exemple classique du tracteur à chenilles du D7 Caterpillar :

- en 1958, le D7C avait une puissance de 128 ch,
- entre 1959 et 1961, le D7D procurait 140 ch,
- à partir de 1961, le D7E développait 160 ch ; il passera ensuite à 180 ch, à partir de 1966,
- en 1986, le D7G avait 200 ch,
- en 1990, le D7H atteint 215 ch.

Sous la même dénomination (D7) il s'agit donc de machines différentes. Les poids et les productivités ont évolué parallèlement.

a - tracteur à chenilles

Si on se réfère à la gamme Caterpillar, trois modèles sont utilisés :

Tableau 413.1 - A

Modèle	Puissance moteur	Poids avec équipement (bull + treuil)	Emploi le plus courant
D8 L	335 ch	39 000 kg	Génie Civil
D7 G	200 ch	22 000 kg	Tous emplois
D6 D	140 ch	17 000 kg	Débardage bois légers

Le D8 trop "gros" pour le débardage, est essentiellement utilisé pour les travaux de Génie Civil, routes en particulier.

Le D7 est utilisé à toutes fins. C'est un engin polyvalent, qui est le plus répandu dans les parcs de matériel.

Le D6 est utilisé au débardage en terrain accidenté, pour des bois légers.

Ces engins sont disponibles avec deux types de transmission :

- classique, avec boîte mécanique crabots et inverseur : "Direct Drive" (DD),
- servo commandée avec convertisseur de couple, diviseur de couple et boîte de vitesse à trains planétaires : "Power Shift" (PS).

Le second type de transmission se répand de plus en plus en raison de sa facilité de conduite.

La direction est assurée par embrayages latéraux et freins de direction.

Les chenilles sont montées sur des poutres rigides.

- treuil :

Sauf pour certains D8, les tracteurs sont toujours équipés d'un treuil forestier, même s'ils construisent de routes. Le treuil est utilisé pour des travaux annexes, construction de ponts par exemple.

- lame de bulldozer :

L'équipement avec un appareil refouleur à l'avant, c'est-à-dire une lame de bulldozer (type Génie Civil classique) est la règle. Au débardage elle est indispensable pour ouvrir le passage du tracteur, pousser les billes, etc.

- lame droite ou bulldozer :

Elle est perpendiculaire à l'axe de l'engin. C'est elle qui convient le mieux au débardage.

- lame orientable ou angledozer :

Elle diffère du bulldozer par la possibilité d'être fixée à des angles divers par rapport à l'axe longitudinal du tracteur (généralement jusqu'à 25°). Elle est conçue pour le refoulement latéral lors de la construction des routes et le creusement des fossés. Elle est montée sur un bâti en "U". Elle est plus encombrante que la lame droite : c'est un inconvénient.

- bulldozer et angledozer :

Ils peuvent être inclinés d'environ 15° vers la droite ou vers la gauche par rapport à l'horizontale : c'est très utile au terrassement. Sur les lames droites, la commande d'inclinaison est hydraulique.

Le système de commande de la lame est aujourd'hui hydraulique. Ce dispositif permet de reporter une partie du poids du tracteur sur le tranchant de la lame, d'où une meilleure pénétration.

b - niveleuses automatrices

Dès lors qu'il s'agit de construire et d'entretenir des routes, la niveleuse est un matériel de base. Sans elle, pas de bonnes routes possibles.

Les modèles les plus courants ont une puissance voisine de 120 à 130 CV.

Tableau 413.1B

Modèle	Puissance	Poids en ordre de marche	Caractéristiques
120 B	125 ch	12 000 kg	Châssis droit rigide
12 G	135 ch	13 400 kg	Châssis articulé

c - chargeurs frontaux

Les premiers chargeurs introduits en forêt étaient sur chenilles de façon à obtenir le meilleur comportement en terrain varié. Puis les chargeurs sur pneus sont apparus et ont pris la place de loin la plus importante en raison de leur souplesse d'emploi due à leur mobilité.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Les charges frontales servent :

- sur parc, aux manutentions et chargements de grumes,
- aux manutentions de matériaux routiers (en particulier latérite),
- aux manutentions de grumes sur rupture de charges (ports, points de mises à l'eau etc),
- à toutes sortes de travaux, car un chargeur frontal est un moyen de levage mobile, dès lors qu'il est sur roues.

On n'hésite pas à faire parcourir à ces machines des distances importantes si besoin est.

Les machines les plus courantes sont les suivantes :

Tableau 413.1C

Modèle	Train de roulement	Puissance	Poids de l'engin avec fourches	Capacité levage nominale avec fourches
950 B	Roues	155 ch	16 000 kg	7,5 t
966 D	Roues	200 ch	21 700 kg	10 t
980 C	Roues	270 ch	30 500 kg	16 t
963	Chenilles	150 ch	18 000 kg	10 t
973	Chenilles	210 ch	24 300 kg	14 t

Les engins utilisés pour les manutentions de grumes sont les 966, 973 et 980. Le 966 est la machine la plus répandue. Les machines de type 950 et 963 servent surtout aux manutentions de matériaux routiers, mais peu aux manutentions de grumes, car leur puissance est insuffisante.

Les engins sur pneus sont tous équipés d'un châssis articulé.

d - tracteurs de débardage sur pneus

Nous en parlerons à propos du débardage.

e - matériels divers de Génie Civil

Cela sera abordé à propos du Génie Civil. Indiquons simplement que :

- les scrapers ne sont pratiquement pas utilisés,
- le matériel de compactage se réduit généralement à des rouleaux tractés de 10 à 13 t.

413.2 - Matériel de service et de liaison

a - véhicules de service

Tous les chantiers sont équipés de camions destinés aux usages divers que nécessite la marche de toute exploitation.

- transport du personnel du campement aux lieux de travail,
- transport de matériaux routiers,
- transport de matériel et denrées diverses :
 - des campements aux lieux de travail,
 - des lieux d'approvisionnement (villes) à l'exploitation.

A cette fin sont utilisés des camions de type 4 x 2 ou 4 x 4, avec des charges utiles variant de 3 à 12 t. Ces camions sont équipés de moteur diesel.

La plupart sont équipés de bennes basculantes permettant leur emploi aux transports de matériaux routiers. Il est alors courant que ces véhicules servent aux transports de personnel le matin et le soir, et aux transports de latérite dans la journée (on utilise alors des camions de 6 à 12 t utiles, les plus lourds correspondant aux cas où les travaux routiers sont importants).

Les distances annuelles parcourues par ces véhicules sont couramment de 30 à 50 000 km.

b - véhicules de liaison

Comme leur nom l'indique, il s'agit de véhicules légers destinés aux déplacements du personnel d'encadrement et d'entretien (mécaniciens) et à tous les transports peu pondéreux. Les matériels utilisés dépendent de l'état des routes à parcourir :

- type pick up tous terrains à quatre roues motrices 4 x 4 pour routes difficiles,
- type voiture légère, berline, camionnette ou break à seul essieu moteur (exemple 405 Peugeot), utilisées sur toutes les routes en bon état.

Il est au courant qu'un chantier dispose des deux types de véhicules selon les itinéraires à parcourir le 4 x 4 (le plus coûteux) étant réservé aux seuls parcours difficiles.

Tous ces véhicules sont souvent diesel.

Les distances parcourues par unité sont importantes : souvent 30 à 40.000 km/an.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

c - transports d'engins

Les déplacements d'engins à chenilles sont fréquents. Pour cela tout chantier un peu important dispose d'une remorque "porte char" tirée souvent par un châssis de grumier réformé.

413.3 - Matériels divers

a - scies à chaîne

Nous en parlerons à propos de l'abattage et du façonnage.

b - groupes électrogènes

Deux catégories sont utilisées :

Pour l'alimentation du ou des ateliers.

Pour l'alimentation électrique des campements.

Ces deux types de groupes sont distincts, le second étant de puissance plus grande.

c - matériel d'atelier de chantier

Nous n'insisterons pas sur ce matériel qui est classique.

d - matériel de liaison radio

La liaison radio est habituelle à l'intérieur du chantier et entre le chantier et la ville où est installée la direction de l'entreprise.

413.4 - Densité de carburants

Rappelons ces données de base

Essence :	0,710
Pétrole :	0,786
Gas-oil :	0,836

413.5 - Réflexions générales

Elles découlent de ce qui précède :

a - matériel diesel

L'emploi de matériel diesel est devenu la règle : tracteurs, camions, groupes électrogènes et même beaucoup de véhicules de liaison. La consommation d'essence, en proportion est très faible (scies à chaîne, ateliers...).

b - importance des déplacements à l'intérieur des chantiers

Le faible volume exploité à l'hectare fait que les surfaces parcourues sont considérables. Les distances entre les divers points de l'exploitation (campement principal et secondaire - lieux des coupes) atteignent et dépassent couramment la vingtaine de kilomètres.

Ceci explique l'importance du roulage, des véhicules de services et de liaison, assurant des déplacements quotidiens, sinon plusieurs fois par jour.

414 - L'utilisation du matériel, méthodes de mesure, résultats généraux

Toute entreprise qui emploie du matériel doit en contrôler l'utilisation. Cela s'applique à tous les engins et véhicules utilisés en exploitation forestière.

414.1 - Unités de mesure

Pour mesurer la durée d'utilisation d'une machine, on peut employer diverses unités :

a - la journée de travail

b - le kilomètre : c'est l'unité de travail classique pour tous les véhicules.

c - l'heure de travail : c'est l'unité de travail habituelle pour tous les engins.

On peut la considérer de deux façons :

- l'heure "chrono", lue sur une montre,
- l'heure "horomètre", lue sur le compteur d'heures dont les engins sont équipés. C'est l'unité de mesure courante et la plus commode d'emploi sur les chantiers.

Nous examinerons ci-après les relations entre temps chrono et temps chronomètre.

414.2 - Durées d'utilisation

Il est intéressant de relever quelques ordres de grandeur d'emploi du matériel.

414.21 - Durée de la journée ou du poste de travail

C'est en heures et fractions d'heures chrono, le temps de présence journalier du conducteur auprès de son engin ou sur son engin. Il varie selon les exploitations. Voici quelques exemples :

Type de matériel et emploi	Moyenne h.	Minimum h.	Maximum h.
Tracteurs à chenilles au débardage			
- Côte d'Ivoire	8,9	8,3	9,3
- Gabon	8,3	6,8	9,5
- Indonésie	8,4	6,6	9,7
Tracteurs de débardage sur pneus			
- Cameroun	8,4	7,1	9,3
- Côte d'Ivoire	8,6	7,0	10,2
- Gabon	7,8	7,3	8,7
- Indonésie	8,4	-	-
Tracteurs à chenilles aux travaux routiers			
- Cameroun	8,3	7,5	10,5

Le poste de travail journalier varie donc entre 7 et 10 h, avec une moyenne légèrement supérieure à 8 h.

Evidemment, il inclut du temps de travail et une part de temps improductif : nous en reparlerons plus loin.

414.22 - Utilisation annuelle des matériels

La durée d'utilisation s'exprime ici en heures horomètre lue sur les compteurs des engins ou en kilomètres.

Ces durées sont très variables selon les exploitations et selon les machines.

Durées types d'utilisations annuelles

Pour des matériels plus ou moins récents et en bon état.

- tracteur à chenilles : 1 600 à 1 800 heures 2 000 heures exceptionnellement,
- tracteur à pneus de débardage : 1 600 à 1 800 heures
- chargeur frontal : 1 400 à 2 000 heures
- niveleuse : 1 200 à 1 600 heures
- véhicules de service et de liaison : 1 200 à 1 600 heures (25 à 40 000 km)
- camion grumiers : (cf. transport) : 25 à 80 000 km.

Les engins sont en général utilisés à un seul poste de travail.

La durée d'utilisation annuelle dépend :

- de la durée du poste de travail ou de la disponibilité mécanique des matériels,
- des besoins effectifs des chantiers : cas des chargeurs et niveleuses parfois sous employés,
- des conditions climatiques : en raison des jours de pluie, tracteurs à chenilles au terrassement des routes et camions grumiers ne sont inutilisables qu'un certain nombre de jours par an.

414.3 - répartition de l'emploi de temps des engins

Comment est employée la journée de travail ?

Où passent les 8 à 9 heures disponibles ? Nous en donnons une évaluation ci-dessous :

On trouvera au tableau 414.3 les résultats d'analyses effectuées sur bon nombre de chantiers grâce à des chronométrages. Des variations plus ou moins importantes existent autour de ces résultats, mais ils sont représentatifs d'ordres de grandeurs moyens.

La décomposition du poste de travail est donnée en temps chronomètre c'est-à-dire lu sur montre (nous parlerons plus loin de la correspondance avec le temps horomètre machine). Les temps sont exprimés en pourcentage et en temps chrono sur la base de journées de 8 à 9 heures. Les fractions d'heurs sont exprimées en centièmes d'heures.

Définitions :

- **TTP : temps de travail disponible** : temps de présence du conducteur auprès ou sur son engin.
- **TTE : temps de travail effectif** : temps réellement passé par l'engin à travailler. Il comprend des temps productifs et des temps improductifs.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- Temps productif : partie du temps de travail effectif passé à l'exécution : des travaux pour lesquels le tracteur est prévu : débardage, construction de routes proprement dites. Des travaux annexes productifs : rangement de parcs, terrassement accessoire (cas du débardage), aide à d'autres machines, etc.
 - Temps improductif : partie du temps de travail effectif passé, par exemple, à des déplacements de l'engin d'un lieu de travail à un autre.
- **THT : temps hors travail** : c'est le temps pendant lequel l'engin ne travaille pas, son conducteur étant présent. Il comporte : entretien, attentes, pauses, incidents mécaniques.

On a :

$$TTP = TTE + THT$$

TTE : temps productifs + improductifs.

Tableau 414.3

Tracteurs à chenilles utilisés au débardage : Poste de travail : 9 heures

TTP : 100 % 9 h.	TTE : 67 à 78 % 6 à 7 h.	Temps productifs : 61 à 72 % 5,5 à 6,5 h.	Débardage proprement dit : 51 à 63 % 4,6 à 5,7 h.
	THT : 22 à 33 % 2 à 3 h.	Temps improductifs : 4 à 7 % 0,4 à 0,6 h.	Autres travaux : 6 à 13 % 0,5 à 1,1 h.

Tracteurs à pneus (châssis articulés) utilisés au débardage : Poste de travail : 8 heures

TTP : 100 % 8 h.	TTE : 73 à 77 % 5,8 à 6,2 h.	Temps productifs : 71 % 5,7 h.	Débardage proprement dit : 64 à 67 % 5,1 à 5,4 h.
	THT : 23 à 27 % 1,8 à 2,2 h.	Temps improductifs : 2 à 6 % 0,1 à 0,5 h.	Autres travaux : 4 à 7 % 0,3 à 0,6 h.

Tracteurs à chenilles utilisés à la construction de routes

TTP : 100 % 8 h.	TTE : 73 à 77 % 5,8 à 6,2 h.	Temps productifs : 71 % 5,7 h.	Débardage proprement dit : 64 à 67 % 5,1 à 5,4 h.
	THT : 23 à 27 % 1,8 à 2,2 h.	Temps improductifs : 2 à 6 % 0,1 à 0,5 h.	Autres travaux : 4 à 7 % 0,3 à 0,6 h.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Observations :

a - le tableau 414.3 concerne des engins en fonctionnement "normal".

Le THT ne comprend que les petites immobilisations en cours de journée de travail normal. Il n'inclut évidemment pas les immobilisations prolongées dues à des grosses réparations ou à des révisions.

Le quotient $\frac{TTE}{TTP}$ n'est pas ce qu'on appelle un coefficient de disponibilité.

b - l'importance du THT n'est pas ce qu'on appelle un coefficient de disponibilité.

Il comprend l'entretien effectué au cours de la journée de travail, mais aussi les attentes et pauses imputables au chantier ou au personnel. Les attentes sont des temps où l'opération précédant l'intervention de l'engin n'est pas terminée.

Le total de ces deux causes de pertes de temps, a été trouvé, en débardage, sur un grand nombre d'heures analysées, égal à :

- attentes : 6 à 14 % du TTP soit 0,5 à 1,3 heure/jour.

- pauses : 2 à 8 % du TTP soit 0,2 à 0,7 heure/jour.

Total : 12 à 19 % du TTP soit 1,0 à 1,7 heure/jour.

414.4 - comparaison temps horomètre machine - TTE

Nous avons dit que le temps d'utilisation des machines peut se mesurer :

- au chronomètre ou à la montre : TTE
- par le compteur d'heure dont les engins sont équipés.

Les deux modes d'enregistrement expriment la même chose : le temps pendant lequel la machine travaille. Mais ils sont différents et le nombre d'heures constaté dans les deux cas n'est pas exactement le même.

Le chantier ne connaît et ne relève que le temps horomètre. Il n'a pas le temps de se livrer à des chronométrages.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Comment se situe donc le rapport entre les deux modes de mesures :

- un relevé effectué sur des engins utilisés au débardage a donné les résultats suivants :

	TTE Chrono Temps horomètre	Résultats
- tracteurs à chenilles	0,89	L'horomètre surévalue
- tracteurs à pneus	1,01	Erreur négligeable

Il semble qu'en assimilant TTE à temps compteur horomètre on ne commette pas, en général, une erreur supérieure à 10 %.

Comment fonctionne un horomètre ?

- ou bien c'est un compte tour enregistrant une minute pour un nombre de tours moyen du moteur. Ses indications dépendent du choix de ce nombre de tours moyens forfaitaires (fait par le constructeur).
- ou bien c'est une horloge qui fonctionne quand la pression d'huile du moteur est établie.

414.5 - Proportion du temps effectivement passé aux travaux pour lesquels les engins sont prévus.

Puisque les exploitants ont l'habitude de lire le temps de travail de leurs engins au moyen des horomètres, il est intéressant de noter la proportion du temps ainsi relevée qui est effectivement consacrée aux opérations auxquelles les engins sont affectés.

Pour cela, il suffit de connaître le rapport :

$$\text{Temps effectivement consacré} \left\{ \begin{array}{l} \text{au débardage} \\ \text{aux travaux routiers} \end{array} \right.$$

TTE

On obtient les résultats suivants à partir du tableau 414.3

Engins de débardage	<u>Temps débardage effectif</u>	
	TTE	
a - tracteurs à chenilles	$\frac{51 \text{ à } 63 \%}{67 \text{ à } 78 \%}$	= 76 à 85 %
b - tracteurs à pneus	$\frac{64 \text{ à } 67 \%}{73 \text{ à } 77 \%}$	= 87 à 88 %
Engins routiers		
c - tracteurs à chenilles	$\frac{80 \%}{86 \%}$	= 93 %

Notons que ces résultats sont peut-être un peu optimisés : ils résultent de chronométrages pendant lesquels les conducteurs se sentent surveillés.

414.6 - Utilisation des résultats pour les calculs de productivité

L'exploitant forestier n'a l'habitude de considérer que la productivité globale, c'est-à-dire le quotient :

$$\frac{\text{Production}}{\text{Nombre heures horomètres de l'engin affecté à cette production}}$$

C'est assimilable à : $\frac{\text{Production}}{\text{TTE}}$

Elle ne distingue donc pas les occupations "diverses" ni les travaux improductifs : une telle comptabilisation est impossible.

Les rapports de chantiers donnent les résultats généralement par mois, ce qui permet, à l'échelle de l'année, un calcul de prix de revient analytique.

Le chef de chantier connaît aussi une donnée simple et concrète : la production journalière.

42 - Façonnage

Le façonnage comprend les opérations suivantes :

- abattage,
- tronçonnage,
- écorçage,
- désaubiérage (éventuel),
- protection chimique,
- marquage des grumes.

On pourrait considérer aussi que le classement des bois par choix fait partie du façonnage : il s'agit en fait d'un conditionnement qui sort du cadre de cet exposé. Nous ne parlerons pas non plus ici de la protection chimique des grumes qui est hors du propos de cet ouvrage.

Choix des arbres exploitables

Parmi tous les arbres d'une forêt, l'exploitant ne se propose d'abattre que les seuls arbres dont le bois présente un intérêt économique à l'époque de l'exploitation. Il n'abat pas les arbres dont les produits se vendraient à perte (en particulier si le coût des transports est élevé) ; il est bien préférable de laisser ces arbres sur pied pour une coupe ultérieure quand les conditions économiques auront changé ! nous avons déjà abordé ce point au chapitre 1.

Seulement les arbres qui répondent aux critères de choix suivants sont utilisables :

- essence commercialisable,
- fût d'un diamètre suffisant à la base,
- fût de conformation acceptable et présentant un nombre de défauts tolérable.

Importance du façonnage

En dépense, il représente très peu de chose dans l'exploitation de bois d'oeuvre : 5 à 7 % des coûts directs du bois en position "départ chantier".

En pratique, le façonnage a une très grande importance, car c'est de lui que dépendent :

- dans une certaine mesure la quantité de bois marchand extrait de chaque arbre ou en d'autres termes le pourcentage de déchets au tronçonnage,
- la qualité de ce bois marchand, donc son choix commercial, donc son prix de vente.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Il n'est pas indifférent d'obtenir si possible d'un arbre donné, une bille de pied sans fente qu'on puisse classer en 1er choix et vendre beaucoup plus cher qu'une bille fendue qui sera dépréciée en 3ème choix. C'est l'abattage qui est ici principalement en cause. On pourrait faire une réflexion analogue pour le tronçonnage et la position des découpes des billes.

421 - Abattage

L'abattage, qui se place au début de toutes les opérations de l'exploitation forestière décide donc souvent, à lui seul et sans appel, de leur succès commercial.

421.1 - Forme des arbres, empattements et contreforts

Les bases des arbres, sous les tropiques, ont des formes originales, soit un empattement, soit des contreforts.

Lorsque les arbres ont un empattement simple, l'abatteur peut approcher de la base sans difficultés, qu'il se serve d'une hache ou d'une scie à chaîne. Avec les arbres de gros diamètres (plus de 120 cm par exemple) les différentes entailles sont longues à ouvrir.

La présence de contreforts accentués pose un problème plus complexe. Leur nombre, de 3 à 5 le plus souvent et leur forme varient suivant les espèces et, même pour une espèce déterminée, suivant l'âge, le terrain et sans doute les races locales.

Les contreforts ne sont pas des excroissances du fût. Tout se passe comme si les contreforts venaient s'accoler à un noyau suivant une facette plane, de sorte que si on enlevait les contreforts l'arbre ressemblerait à un crayon bien taillé reposant sur la pointe. La base du fût revêt la forme d'un noyau réunissant les contreforts. Ce noyau se réduit, régulièrement, jusqu'au ras du sol où la section du fût se présente comme une sorte d'étoile irrégulière.

L'abattage peut se faire

- soit au-dessus de la naissance des contreforts, c'est-à-dire à 2-3 m au-dessus du sol, avec l'aide d'un échafaudage rustique,
- soit à hauteur d'homme (entre 0,70 m et 1,30 m) au-dessus du sol, l'homme conservant les pieds au sol.

421.2 - Abattage à la hache

L'abattage de gros arbres en forêt tropicale a été exclusivement effectué à la hache jusque vers 1955-1956. Depuis, il a été progressivement remplacé par l'abattage à la scie à chaîne à un homme. Aujourd'hui il a totalement disparu, sauf au niveau artisanal.

421.21 - Niveau d'abattage à la hache

La plupart des abatteurs préfèrent opérer à un niveau où le fût a une section quasi-circulaire ; ils estiment que cette solution leur demande un moindre travail.

Avec les arbres de petit diamètre et sans empatement notable ni contreforts, cela est possible à hauteur d'homme. Mais généralement, cela impose un niveau d'abattage élevé, de 2 à 5 m au-dessus du sol, suivant les essences et le diamètre des arbres. Force est de construire un échafaudage de fortune sur lequel le bûcheron se déplace aux cours de l'abattage. Cet échafaudage se compose de quelques perches de 5 à 15 cm de diamètre reliées entre elles par des ligatures effectuées à l'aide de lianes récoltées au voisinage, sa construction demande souvent une à trois heures.

421.22 - Direction d'abattage

C'est pratiquement la direction naturelle de chute de l'arbre. Les possibilités théoriques de diriger la chute sont illusoires pour les arbres de gros diamètre.

421.23 - Technique

Sur un échafaudage toujours flexible, la hache est le seul outil utilisé. Les bûcherons opèrent par équipe de deux à cinq hommes :

- deux hommes pour des arbres de diamètre inférieur à 100 - 120 cm environ,
- trois à cinq hommes pour des arbres de diamètre supérieur à 100 - 120 cm.

L'arbre est attaqué par deux entailles opposées. La plus grande située en avant, dans la direction de la chute est, en général, peu ouverte : moins de 30°. L'entaille arrière ou section d'abattage est souvent moins profonde que l'entaille de direction. Ces deux entailles sont très souvent légèrement inclinées vers l'axe de l'arbre ce qui, comme nous le verrons, facilite les arrachements de fibres. Au lieu de chercher à donner à l'entaille de direction une arête nette perpendiculaire à la direction de chute, l'abattage ressemble souvent fâcheusement à une "carotte".

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Lorsque l'abattage d'un gros arbre (plus de 100 - 120 cm) est confié à une équipe nombreuse, un seul homme reste vers la fin du travail. Celui-ci, après chaque coup de hache, procède à une véritable auscultation du bois pour écouter les moindres craquements : "l'arbre commence à parler". Ces bruits, joints aux conseils de ses camarades d'équipe éloignés à bonne distance, déterminent l'instant de sa fuite acrobatique.

421.24 - Considérations

a - la méthode d'abattage

La hache a disparu de la quasi-totalité des exploitations, en raison

- de l'évolution de la technique et de la généralisation des scies à chaîne,
- du coût ou de la raréfaction de la main d'oeuvre d'abattage (ou des deux facteurs).

En fait, le passage à l'abattage à la scie à chaîne a souvent été motivé par une difficulté de trouver des abatteurs en nombre suffisant sur des chantiers dont la taille augmentait. Il a aussi été motivé par la nécessité de limiter la croissance des effectifs employés. Au moment de son adoption, l'abattage à la scie était souvent un peu plus onéreux que celui à la hache.

b - qualités de l'abattage

Les entailles plus ou moins bien placées ou bien effectuées ne permettent pas aux bûcherons de diriger la chute des arbres.

On constate aussi, avec des entailles trop étroites, et en l'absence de charnière, des arrachements de fibres en "mèches", provoquant un trou dans la bille et la dépréciant.

d - hauteur d'abattage - perte de bois marchand

Les abatteurs à la hache préfèrent opérer au-dessus de la naissance des contreforts.

Dans ces conditions, les entailles d'abattage peuvent se trouver effectuées dans une partie marchande du fût : un certain volume de bois est transformé en copeaux et un éboutage est nécessaire ensuite pour "rafraîchir" la coupe.

De plus des arrachements de fibres ou des fentes peuvent se produire également, rendant nécessaire un éboutage plus long, d'où une nouvelle perte de bois.

Un abattage effectué trop haut occasionne donc le rebut d'une certaine longueur de fût qui devrait être utilisé. Cette perte est d'autant plus lourde qu'elle se produit dans les diamètres les plus grands. Il est facile de concevoir qu'un volume de l'ordre du mètre soit perdu sur un arbre.

On comprend le souci de bien des chantiers d'obtenir un abattage à la partie supérieure des contreforts de façon que le rebut inévitable se place dans le bois des contreforts, non marchand.

Mieux, malgré la difficulté d'obtenir un changement à des méthodes traditionnelles, bon nombre de chantiers faisaient abattre les arbres dans les contreforts, à hauteur de poitrine de 0,70 m à 1,30 m au-dessus du sol (Samba en Côte d'Ivoire, Limba au Congo, Okoumé au Gabon). De cette façon les pertes de bois inévitable se produisent pour la plus grande part dans du bois non marchand.

421.3 - Abattage à la scie à chaîne

Il a été conditionné par le développement de la scie à un homme. Les contreforts rendaient trop difficile l'emploi de la scie à chaîne à deux hommes, apparue la première sur le marché.

L'abattage à la scie à chaîne est toujours possible même pour les arbres de très gros diamètre (150 cm et plus) et à contreforts développés.

L'emploi de la scie a permis d'échapper aux habitudes acquises pour faire évoluer la technique de l'abattage. En effet, il ne peut pratiquement pas être effectué sur un échafaudage : il a donc lieu à hauteur d'homme, c'est-à-dire dans du bois non marchand.

L'éboutage de culée peut alors respecter le bois marchand.

A cette meilleure récupération de la matière première, l'abattage à la scie ajoute d'autres avantages :

- le rendement plus élevé des équipes assure une meilleure souplesse de l'abattage pour faire face aux à-coups,
- l'abattage à la scie permet de réduire certains défauts, par exemple les fentes dans l'Okoumé. L'abattage étant rapide le bois a moins le temps de "travailler" (s'il y a un peu de vent).

421.31 - Méthode d'abattage à la scie à chaîne

On peut diviser l'ensemble des opérations élémentaires en 5 phases successives étroitement imbriquées pour des arbres de diamètre moyen ou à simple empatement, mais faciles à bien distinguer avec les arbres de gros diamètre (90 à 140 cm) surtout s'ils présentent des contreforts prononcés (Acajou - Okoumé)

- détermination de la direction de chute,
- détermination de la hauteur d'abattage,
- entaille et dégagement des contreforts,
- entaille de direction,
- section d'abattage.

421.311 - Détermination de la direction de chute

a - De ce choix dépendent toutes les opérations ultérieures. Cette décision est plus ou moins instinctive, car il y a autant de cas différents que d'arbres. Les éléments suivants sont à examiner :

- verticalité du fût,
- forme et symétrie de la cime,
- position de branches maîtresses,
- risque d'encrouage,
- voisinage d'obstacle au sol ou de troncs déjà abattus.

b - Pour faire tomber l'arbre en dehors de la direction estimée de chute naturelle, on dispose théoriquement des moyens suivants :

- orientation de l'entaille avant,
- emplacement de la charnière,
- exécution progressive de l'entaille arrière,
- utilisation d'auxiliaires : coins ou crics ?

Pour un arbre penché, un arbre de gros diamètre ou un arbre à cime dissymétrique, on ne dispose que peu de moyens d'action.

c - Pratiquement, dans les conditions actuelles de la forêt tropicale, l'abattage n'est pas dirigé : on fait tomber l'arbre dans sa direction naturelle de chute, après avoir soigneusement recherché celle-ci.

La forme des houppiers, l'encombrement de la forêt, la présence de lianes rend assez illusoire le guidage de la chute. D'autre part, ce guidage ne s'imposerait que dans quelque cas.

421.312 - Niveau d'abattage

L'abatteur doit pouvoir assurer parfaitement sa position pour conserver la liberté de ses mouvements. Dans la plupart des cas, il travaille les pieds au sol, ce qui fait situer le niveau d'abattage entre 0,80 m et 1,30 m dans les arbres à contreforts.

Les arbres ne présentant qu'un empattement plus ou moins développé peuvent être abattus beaucoup plus près du sol, pratiquement entre 40 et 80 cm pour un arbre de diamètre courant (moins de 1,20 m environ).

421.313 - Ouverture des contreforts

Compte tenu de la direction de chute et du niveau d'abattage, les divers contreforts doivent être "ouverts" pour permettre à l'abatteur de placer ses entailles principales à bon escient.

L'opérateur pourrait se contenter de pratiquer dans chaque contrefort une entaille de faible hauteur, mais cette solution a l'inconvénient de masquer l'avancement du travail ultérieur. Une fois les entailles horizontales effectuées, il est préférable de dégager les contreforts pour opérer commodément et pour ne laisser au centre qu'une masse de bois, aussi symétrique que possible, par rapport à la direction de chute. On peut distinguer trois cas types.

- avec des arbres à contreforts peu développés, c'est-à-dire en général des arbres de petit diamètre jusqu'à 80/90 suivant les essences et les cas, les contreforts peuvent être dégagés à l'aide de deux traits de scie seulement disposés en V ouvert dont la branche la plus basse est horizontale.
- les arbres de plus gros diamètre ont souvent des contreforts trop élevés pour qu'on puisse détacher un morceau triangulaire. On effectue alors trois traits de scie. Un premier trait entaille la partie haute du contrefort suivant une inclinaison de 45° environ vers l'axe du fût, jusqu'au noyau central. Le second trait vertical est exécuté en mortaisant par l'extrémité de la scie ; ce trait doit descendre jusqu'à un niveau inférieur au niveau d'entaille de direction. Le troisième trait voisin du plan horizontal achève l'ouverture du contrefort.
- lorsque les contreforts sont particulièrement développés en longueur et peuvent s'étendre à plusieurs mètres du tronc, force est de procéder de proche en proche en enlevant des morceaux successifs.

421.314 - Entaille de direction

a - L'entaille de direction a pour but de préparer la charnière de pivotement autour de laquelle l'arbre à abattre effectue son mouvement vers le sol. Cette charnière a un rôle double :

- favoriser la chute dans la direction choisie à l'avance.
- entraîner une rupture des dernières fibres, non sectionnées par flexion franche, sans détérioration du fût. L'entaille assure ce rôle double par son orientation et son angle d'ouverture. La charnière de pivotement ou arête de l'entaille de direction doit être perpendiculaire au plan vertical de chute, c'est-à-dire horizontale. Ainsi la sollicitation imposée au bois situé en arrière de la charnière est un effort dans lequel interviennent surtout des phénomènes de flexion. Si l'arête n'est pas horizontale, l'effort de flexion est accompagné de phénomènes de traction importants (générateurs d'arrachement).

b - Il est nécessaire que les efforts de flexion aient entraîné la rupture de la lame de bois de la charnière avant que les deux faces de l'entaille ne soient venues en contact. En effet, lorsque la face supérieure est venue en contact avec la face inférieure, la masse de bois située en arrière de la charnière est soumise à un effort de traction considérable (d'où arrachement si le bois n'est pas déjà rompu par flexion).

L'entaille doit être ouverte selon un angle aussi grand que possible. On n'a pas toujours la possibilité de donner à cette entaille l'angle d'ouverture désiré. Avec les arbres de petit diamètre, obtient 30 à 45 %, mais avec les arbres de grands diamètres, il est difficile dans la pratique d'obtenir en deux traits de scie une ouverture supérieure à 30°.

c - Cette entaille s'effectue si possible en deux traits de scie : l'un est horizontal et l'autre incliné ; ils dégagent un gros copeau en forme de coin. Le premier trait est ouvert horizontalement au niveau choisi jusqu'à une profondeur aussi grande que possible. Avec les arbres petits ou moyens, on peut essayer d'aller jusqu'au cœur, mais cela est mal réalisable. Avec les gros arbres, il paraît souhaitable d'atteindre 30 %, soit un tiers du bois. Dans ce cas, le second trait incliné de 30 à 45 ° sur l'horizontal est délicat à exécuter. Ce trait doit être ouvert dans un seul plan et recouper le premier trait horizontal suivant une arête perpendiculaire à la direction de chute.

Souvent la profondeur de l'entaille est moins grande (1/4 de diamètre) l'angle de son ouverture et le facteur le plus important.

d - Lorsque l'angle d'ouverture de l'entaille reste faible par suite des difficultés d'exécution, on a toujours avantage à enlever la lèvre inférieure de l'entaille par un trait incliné remontant de l'extérieur vers la charnière ; ainsi le tronc peut-il dans son mouvement de chute parcourir un secteur plus grand avant que les faces de l'entaille de direction ne viennent au contact l'une de l'autre. On a constaté dans ce cas une tendance moins marquée aux arrachements de bois au voisinage de la charnière.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Lorsqu'un contrefort se trouve placé dans l'axe de la chute, il faut le couper pour éviter qu'il puisse jouer le rôle d'un coin agissant contre la base du tronc : il n'est pas rare d'observer un véritable éclatement du tronc sur un contrefort dans des essences fragiles comme l'Acajou, le Limba, l'Okoumé.

- e - Plus un arbre est penché, plus l'entaille de direction doit être profonde pour limiter le risque de fente dans la partie arrière de la base du fût. Plus un arbre paraît droit et en équilibre, plus l'entaille de direction peut être limitée à 30 % du diamètre apparent.

421.315 - Section d'abattage

- a - Le bûcheron doit d'abord fixer le niveau exact auquel il va opérer et examiner la forme exacte du bois restant à couper, car il doit à chaque instant se rendre compte de l'avancement du travail.

La section d'abattage doit être faite à un niveau supérieur à celui de l'entaille de direction. Au cours de sa chute, le tronc doit pouvoir s'appuyer sur la partie arrière de la souche de façon à ce que le bûcheron qui opère derrière l'arbre par rapport à la direction de chute puisse travailler en toute sécurité et, le moment venu, se retirer commodément sans craindre d'être atteint par un mouvement de la base du tronc vers l'arrière.

N'oublions pas que le centre de gravité de l'arbre qui, avant abattage, est sensiblement au-dessus de la souche, va se déplacer, au cours de la chute, en s'éloignant de la souche. Ce mouvement s'accompagne par réaction, d'un effort horizontal important sur la souche. Si celle-ci ne la maintenait pas, la culée glisserait dans le sens opposé à la chute.

- b - Au voisinage immédiat de la charnière de pivotement préparée par l'abatteur, le bois est soumis à des sollicitations complexes ; on peut distinguer les efforts suivants : fendage et flexion c'est-à-dire fendage - tension et compression puisque la flexion fait intervenir à la fois traction et compression.

Le plan de fendage se situe à la limite de la masse de bois non coupée par la section d'abattage. Sa surface dépend de la différence de niveau des deux entailles principales. Dans la mesure où ce plan de fendage constitue une zone de moindre résistance, d'autres fentes auront moins de chance de se manifester dans le tronc ; aussi la différence entre les deux niveaux de coupe doit-elle être limitée.

- c - Pratiquement, les meilleurs résultats sont obtenus avec les différences de niveau suivant entre le fond de l'entaille de direction et la section d'abattage :

- le minimum paraît devoir être au moins égal à 15 cm,
- le maximum paraît être de 30 cm environ,
- avec un arbre penché, ne pas augmenter la différence de niveau des deux sections, mais effectuer une entaille de direction profonde,

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- avec un arbre bien équilibré, on peut augmenter la différence de niveau et effectuer une entaille de direction moins profonde.
- d - Au cas où la préparation de l'abattage aurait laissé des parties d'aubier non sectionnées au voisinage de la charnière, ce qui se produit souvent avec des arbres petits ou moyens, la première opération à faire consiste à effectuer de chaque côté de la charnière un trait de scie peu profond. Cet aubier, parce qu'il s'agit de bois encore vivant et parce qu'il se situe à la périphérie de l'arbre, présente une souplesse plus grande que le reste du bois ce qui favorise l'apparition de fentes.
- e - La section d'abattage doit progresser de telle façon que la masse de bois non coupée reste symétrique par rapport à la direction de chute. Après avoir progressé alternativement à droite et à gauche de l'arbre, le bûcheron s'efforce de couper le bois parallèlement à la charnière pour maintenir à peu près la symétrie recherchée.
- f - L'emploi de coins pour forcer la chute dans une direction choisie n'est possible qu'avec des arbres de diamètre moyen (80 cm et moins). Cette technique n'est pas utilisée en forêt tropicale.
- g - Il est facile de glisser quelques brindilles dans la fente de la section d'abattage. Dès que l'arbre amorce son mouvement de chute, la section commence à s'ouvrir de façon imperceptible, la brindille rend le déplacement du fût très apparent au bûcheron.

421.32 - Défauts d'abattage

Les défauts à éviter sont

- les arrachements qui apparaissent sous forme de mèches de bois plus ou moins longues qui restent attachées à la souche et correspondent à des trous dans la culée et la bille de pied. Ils sont consécutifs à un mauvais fonctionnement de la charnière d'abattage d'où résultent des efforts de traction considérables suivis de rupture du bois,
- les fentes qui apparaissent sur la culée et se prolongent plus ou moins loin dans le fût. Leurs origines sont diverses, allant du fonctionnement de la charnière d'abattage, aux conditions de chute de l'arbre.

421.4 - Organisation et résultats

421.41 - Personnel

Les travaux d'abattage sont toujours exécutés par des spécialistes.

Les abatteurs à la hache travaillent le plus souvent par équipées de deux, plus rarement trois ou quatre, suivant le diamètre des arbres à abattre.

Les équipes d'abattage avec scie à chaîne sont composées de deux ou trois hommes, soit un scieur assisté de un ou deux aides. Le scieur seul se sert de la machine. Les aides dégagent l'aire de travail autour de l'arbre, transportent la scie, le carburant, les ingrédients, les chaînes de rechange et les accessoires.

Le caractère artisanal et traditionnel de l'abattage à la hache a fait que les tentatives de formation professionnelle se sont heurtées à des obstacles psychologiques considérables. On retrouve beaucoup moins ces obstacles chez les abatteurs à la scie à chaîne.

421.42 - Productivité

a - abattage à la hache

Avec la hache, le travail était toujours exécuté sous la forme d'une tâche journalière. Cette tâche variait suivant les régions, les essences, la dureté du bois et la complexité des contreforts. Pour une même essence, elle dépend du diamètre des arbres à la base ou au-dessus des contreforts.

La "tâche" était le plus souvent décomptée en arbres par homme ou par équipe. Elle était exprimée quelquefois en longueurs circonférences cumulées par homme. L'écimage peut être compris dans les travaux d'abattage donnés à tâche.

Avec l'abattage à la hache, la tâche commencée vers 7 H 30 ou 8 H et pouvait se terminer vers 10 H 30 ou midi. Au début de l'après-midi, l'action des vents peut être gênante sur les arbres profondément entaillée à la base.

Résultats types par jour

Hache :	Un Azobé	ø 80/100	pour 2 hommes
	Un Acajou	ø 100	pour 1 homme
	Un Limba	ø 70	pour 2 hommes
	Un Sapelli	ø 90/100	pour 1 homme
	Un Okoumé	ø 70	pour 1 homme
	Un Okoumé	ø 90/110	pour 3 hommes

ces tâches correspondent à 6 à 9 m³ marchand abattus par homme/jour.

b - abattage à la scie à chaîne

La production est estimée par équipe-scie et par jour :

- Okoumé : 1 abatteur + 2 aides abattent et étêtent de l'ordre de 10 arbres/jour ou 40 t ou 65 m³ de bois marchand.
- Méliacées : abatteur seul : généralement 65 m³ marchand par jour soit 5 arbres de grosse taille (Sipo, par exemple),
- Abattage + étêtage : 45 m³/jour.

Des variations très importantes sont possibles autour de ces chiffres, dépendant des conditions de travail.

Il faut rappeler que la qualité de l'abattage vaut beaucoup plus que la quantité.

La durée de fonctionnement effectif de la scie est de l'ordre de 1 H 30 seulement par jour. Beaucoup de temps est passé en déplacement, préparation des coupes, entretien courant...

La durée de l'opération abattage seule représente

- moins de 10 minutes pour un arbre à simple empattement de 80 à 100 cm de diamètre,
- 20 à 40 minutes pour un arbre de gros diamètre à contreforts.

421.43 - Sécurité

Quelques règles

L'abattage de gros arbres est toujours une opération délicate et dangereuse, si on ne prend pas certaines précautions.

- port d'un casque et de chaussures de protection au minimum. Les vêtements de sécurité, protège-oreilles et visière sont généralement mal supportés par les abatteurs car non adaptés aux conditions tropicales, en particulière la température.
- repérage avant de commencer le travail des branches mortes et des lianes.
- nettoyage des environs immédiats de l'arbre des broussailles ou branches basses pour évoluer à l'aise sur l'aire de travail et éviter que la scie en marche n'entre en contact fortuit avec des obstacles qui provoqueront de faux mouvements.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- préparation avant abattage d'un ou deux sentiers de dégagement permettant aux abatteurs de s'éloigner rapidement au moment de la chute de l'arbre. L'abatteur et ses aides doivent s'éloigner à 25-30 m du pied de l'arbre et à 15-20 m de l'aplomb de la couronne.
- examen de l'arbre à abattre, son inclinaison, la position et l'état des grosses branches ou les pans d'écorce branlants.
- si plusieurs équipes d'abattage travaillent en même temps, elles doivent être éloignées les unes des autres de façon que les arbres abattus par l'une ne risquent pas de constituer un danger pour les autres.
- ne jamais porter la scie en marche pour traverser une zone broussailleuse, une branche ou une brindille peut agir sur la manette des gaz et mettre la chaîne en mouvement.

421.44 - Importance du vent

Le vent rend l'abattage très dangereux car l'arbre a toutes les chances de ne pas tomber dans la direction prévue, ni au moment voulu.

Il peut en outre en résulter des dégâts importants dans le bois, fentes notamment, qui déprécient les billes.

L'abattage ne doit donc pas avoir lieu quand il y a du vent.

Le temps est généralement plus calme le matin que l'après-midi d'où l'intérêt de terminer l'abattage de bonne heure.

Cela est plus important pour l'abattage à la hache, qui est lent, que pour l'abattage à la scie, qui dure beaucoup moins de temps.

Pour abattre à la hache, il y a donc intérêt, pour terminer la tâche plus tôt, à prévoir des équipes importantes sur les gros arbres.

La moindre influence du vent sur l'abattage à la scie peut expliquer la diminution de certaines fentes : le bois a moins de temps de "travailler".

421.45 - Epoque d'abattage

La croyance en l'influence de la lune est restée vivace chez certains exploitants. Les opinions en la matière peuvent d'ailleurs être contradictoires. Il faut noter que rien n'a jamais pu être prouvé.

422 - Tronçonnage

422.1 - *Ecimage ou étêtage*

Le houppier dont le diamètre peut atteindre 10 à 25 m est toujours détaché du tronc sur les lieux d'abattage, c'est l'opération dite "écimage" ou "étêtage". C'est une découpe sous première grosse branche.

L'écimage a été effectué par le passé à la hache ou au passe-partout selon les habitudes locales.

Il s'agit d'une opération annexe de l'abattage, souvent incluse dans la tâche d'abattage.

Certains exploitants préfèrent ne pratiquer l'écimage que plusieurs jours après l'abattage. L'évaporation due aux feuilles contribuerait à diminuer l'humidité du bois et il se produirait une certaine "égalisation des tensions internes". Ce délai entre abattage et tronçonnage est le plus souvent de 1 à 4 mois.

On ignore en fait, l'influence réelle de l'existence et de la longueur d'un repos entre abattage et tronçonnage sur la diminution des fentes observées sur les billes.

Sur les chantiers importants, cette pratique a disparu en raison des cadences de travail obligatoires et de la surface considérable sur laquelle les arbres abattus seraient dispersés.

Avec les essences fragiles, il faut aller vite pour fournir des bois de coupe aussi fraîche que possible.

422.2 - *Coupe de la culée*

Elle est effectuée sur le lieu d'abattage quand l'abattage dans les contreforts va de pair avec l'existence d'une culée trop encombrante au débardage.

422.3 - *Lieu de tronçonnage*

Le tronçonnage peut avoir lieu en plusieurs endroits

- à la souche,
- sur parc de débardage, bord route,
- dans le cas de débardage en deux phases, sur parc intermédiaire en forêt après débardage par tracteurs à chenilles et avant débardage par tracteurs à pneus.

Tronçonnage à la souche :

- Il évite le débardage en une seule fois des gros bois trop lourds pour le tracteur.
- Mais il oblige à tronçonner dans de mauvaises conditions :
 - la surveillance est difficile,
 - le choix des découpes, sur des arbres dispersés est souvent laissé à du personnel peu qualifié, les défauts, dont il faut tenir compte, peuvent être peu visibles. Les erreurs de découpe compromettent la qualité des produits,
 - Il y a un risque accru de fentes dues aux porte-faux des bois : le calage qui l'éviterait est souvent difficile à réaliser,
 - enfin, le travail est plus dangereux car effectué dans des conditions incommodes.
- Chaque fois que cela est possible, il faut préférer le tronçonnage sur parc.

Tronçonnage sur parc :

Ce peut être un parc bord de route ou bord de piste de débardage par tracteur à pneus si le débardage est fait en deux phases.

Il a lieu sur une aire prévue à cet effet où toutes les opérations sont facilitées et leur surveillance aisée.

L'appréciation des défauts des fûts se fait au mieux : le marquage des découpes peut être effectué par du personnel qualifié ; le rendement en quantité et en qualité des produits en est amélioré.

Le calage des fûts avant découpe se fait au mieux pour éviter les fentes.

Le tronçonnage sur parc oblige au débardage des fûts entiers : les tracteurs tirent un peu plus de bois, dont une partie sera mise au rebut. Mais cela change peu leur productivité. Au contraire, le débardage en une seule fois un fût entier évite souvent de faire deux ou plusieurs voyages pour des billes séparées.

Si les fûts sont trop lourds pour être sortis en une fois par les engins, un "prétronçonnage", c'est-à-dire un tronçonnage partiel, à la souche est une bonne solution.

422.4 - Mode opératoire

C'est la qualité du tronçonnage que dépendra le rendement en matière et en qualité (donc financier) des arbres abattus. Le tronçonnage coûtant peu cher par lui-même, c'est sa qualité qui importe et non sa vitesse.

Il doit répondre à deux conditions

- obtenir le volume le plus élevé possible de billes du meilleur aspect,
- limiter les risques de fentes.

422.41 - Matériel

- le tronçonnage à la hache et au passe-partout ont totalement disparu. Ils avaient la réputation de limiter le risque de fentes.
- la scie à chaîne est évidemment le matériel courant.

422.42 - Précautions opératoires

Les fentes d'extrémités constituent un élément essentiel du classement d'aspect des grumes tropicales. Bien que le phénomène des fentes soit intrinsèquement lié à la nature du matériau bois, les fentes doivent être évitées dans la mesure où l'on peut conserver une action sur leur développement.

a - calage ou étayage

Un fût à tronçonner ne repose jamais parfaitement sur le sol sur toute sa longueur. Là où une découpe est prévue, il y a toujours une partie de la section où le bois est en tension et l'autre en compression. Il faut bien distinguer ces deux parties.

Là où il y a compression, le trait a tendance à se refermer sur la scie, qui coince. Inversement, là où le bois est tendu, le trait s'ouvre.

Pour éviter les efforts au niveau de la découpe et le coincement de la scie, on pratique souvent un calage ou étayage préalable. Comme il s'agit de billes lourdes, le poids seul de la bille suffit à provoquer des fentes graves avant la fin du tronçonnage. Il est donc essentiel de bien caler les bois. Tandis que le tronçonnage peut être obtenu en 1 à 3 minutes avec les scies à chaîne, le calage préalable peut demander 10 à 20 minutes, quelquefois plus sur un terrain inégal ou en pente.

Le calage peut être obtenu en enfonçant de bois, taillés en sifflet sous les grumes. Mieux, on peut recommander l'emploi de Crics type Monkey qui, utilisés par paire (1 de chaque côté de la grume), permettent de "soutenir" au mieux le point de découpe. Placés le long du roulant, ces crics lèvent la bille au moyen de griffes qui pénètrent légèrement dans les bois.

b - travail à la scie à chaîne

On attaque les bois d'abord du côté comprimé sur environ 1/2 du diamètre puis on continue en tronçonnant le côté tendu à partir de l'extérieur.

En cas de tronçonnage au milieu d'une bille reposant sur ses extrémités, il faut attaquer le trait à la partie supérieure sur 1/4 du diamètre, puis reprendre la découpe vers le milieu de la section en mortaisant (voir figures).

Pour éviter que la scie à chaîne ne se coince dans le trait, on peut placer un coin au-dessus de la scie. Il faut se garder de forcer ce coin dans l'ouverture du trait car il provoque la formation des fentes.

Il faut dégager le sol à l'aplomb du trait de façon à éviter de faire pénétrer la chaîne dans la terre où les grains de silice ou de latérite la désaffûtent.

c - opérations annexes

La pose d'esses en feuillards d'acier sur les fentes a un effet illusoire sur leur évolution ultérieure. Mais certains acheteurs les exigent...

Il est utile par contre de protéger de la dessiccation les sections des billes par des produits "anti-fentes", c'est-à-dire anti gerces.

422.5 - Règles de découpe

C'est à un agent très qualifié qu'il appartient de définir l'emplacement des découpes.

La valeur commerciale des grumes tropicales est fonction de leur classement. Ce classement technologique et commercial est basé sur l'aspect, c'est-à-dire la nature et l'importance des anomalies visibles, (cf méthode simplifiée ATIBT de classement des rondins africains destinés à l'exportation. Annexe au chapitre 2).

Les longueurs des billes sont souvent choisies uniquement en fonction des défauts à purger, des impératifs de transport ou des préférences éventuelles des acheteurs. Mais dans le cas de livraisons aux circuits commerciaux les considérations d'utilisation ultérieure en usine ne peuvent pas intervenir.

Par contre, si l'exploitation approvisionne directement une usine, celle-ci peut imposer un éventail de longueurs fixes. C'est le cas des usines de contreplaqué : on recherche des multiples longueurs de billons de déroulage (combinaisons de longueurs de 1 m 35 et 2 m 65).

Objectif des découpes :

Le but est d'obtenir des troncs abattus, le meilleur rendement en valeur, c'est-à-dire la somme des produits : volumes des billes x valeurs.

Procédé :

On effectue intuitivement les opérations successives suivantes

- repérer les défauts graves qui diminuent le classement ou le rendement-matière,
- rechercher les longueurs les plus grandes possibles qui se vendent mieux,
- éviter les "coursons" qui se vendent mal ou pas du tout (=rebut),
- se limiter à une longueur inférieure au maximum admis pour les wagons de chemin de fer ou les navires (15 m),
- ne pas dépasser le volume ou le poids limite des engins de manutention,
- obtenir le meilleur aspect extérieur par élimination des défauts de structure graves et localisés, par exemple : noeuds pourris, coeur pourri, qui déprécieraient beaucoup le classement,
- conserver une grande longueur lorsqu'il y a des défauts localisés acceptables (grain d'orge, chenillage, coeur mou, fentes diamétrales) qui déprécient peu le classement,
- s'efforcer de "redresser" les billes obtenues à partir d'un fût flexueux : s'il y a coupe, rechercher la découpe au niveau de ce coude de façon à obtenir de part et d'autre des billes aussi droites que possible,
- apprécier dans leur ensemble les différents facteurs d'ordre technologique, commercial et économique qui sont d'ailleurs quelquefois contradictoires est une tâche délicate qui requiert chez l'exécutant des qualités d'expérience, de jugement et d'habileté professionnelle.

Il est souvent des cas où il vaut mieux accepter de perdre un peu de bois pour obtenir des produits de valeur plus élevée. On doit, nous l'avons dit, maximiser le produit : volume x valeur. Si en diminuant un peu le volume, on augmente beaucoup la valeur, le produit peut être supérieur en acceptant une certaine perte de bois².

2

Voici un exemple calculé avec des prix certainement périmés, mais dont le principe reste valable : soit un fût d'Okoumé donnant une bille longue de 15 m, ayant des diamètres de 110 cm au gros bout et de 90 cm au fin bout. Une telle bille cubant 11,8 m³ présente, à mi-longueur, certains défauts qui feront qu'elle sera classée en choix économique et vaudra 389 000 F CFA au prix de 33 000 F CFA/m³ environ. Une élimination grossière de ces défauts permettra de présenter deux

Théoriquement, un calcul économique succinct est à effectuer dans chaque cas.

422.6 - Organisation du parc

Sur le parc de tronçonnage, qui est souvent aussi le parc de chargement, bord route, sont effectués le tronçonnage et plusieurs opérations annexes.

a - Personnel employé au tronçonnage et opérations annexes, pour une production annuelle de 20.000 à 25.000 m³ de grumes :

- 1 tronçonneur - scieur,
- 1 ou 2 aides,
- 1 ou 2 hommes pour appliquer les produits de préservation, inscrire les numéros et marques des grumes au marteau etc...
- 1 chef d'équipe (éventuellement traceur) + 1 cubeur et 1 second pointeur.

b - opérations successives

De nombreuses opérations sont effectuées sur le parc :

- arrivée et dépôt de fûts à tronçonner,
- marquage des découpes,
- tronçonnage,
- opérations d'ordre (numéros-marteau),
- écorçage (éventuellement),
- traitement de préservation

billes l'une de 7,5 m de long et d'un volume de 6,5 m³, l'autre de 6 m et d'un volume de 4,25 m³, ces deux billes étant classées en choix industriel, à 44 000 F CFA/m³, leur valeur sera de 473 000 F CFA environ. En affinant le tronçonnage, c'est-à-dire en éliminant un peu plus les défauts, on peut obtenir une bille de 7 m soit 6 m³ classée qualité seconde à 52 700 FCFA/m³, la seconde bille restant en l'état, dans ce cas la valeur totale des billes provenant du fût sera de 503 000 F CFA.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- évacuation des déchets = éboutages et fausses coupes,
- rangement des grumes avant chargement.

Les dimensions du parc doivent permettre :

- la circulation des tracteurs de débardage débardant les grumes, et des chargeurs frontaux,
- la circulation éventuelle des camions arrivant pour charger les grumes ; en général, ils restent sur la plate-forme de la route.

422.7 - Productivité du tronçonnage

Chaque découpe peut demander au total entre 2 et 20 minutes suivant l'adresse des opérateurs et les incidents éventuels qui dépendent surtout de la position des grumes.

Pour une scie à chaîne à 1 homme, on peut retenir une production de 85 m³/jour.

Cette dernière peut considérablement varier, dépendant en particulier des besoins du parc. L'ordre de grandeur ci-dessus peut être largement dépassé.

423 - Matériel d'abattage et de tronçonnage

423.1 - Outillage manuel

a - machette (pour mémoire)

b - hache : des études de travail ont montré que le poids optimum se situe entre 3,5 et 4,5 livres. Le manche est souvent façonné par le bûcheron lui-même dans une tige de bois dur refendu avec une extrémité légèrement recourbée et élargie pour mieux tenir l'outil en main. La hache est affûtée par l'abatteur lui-même à l'aide d'une lime.

c - passe-partout (pour mémoire) : cet outil bien connu se compose d'une bande en tôle d'acier trempé et poli épaisse de 2 mm environ, large de 20 cm environ et longue de 2 à 3 m. Le passe-partout n'a pas été utilisé pour l'abattage. Au tronçonnage, il a été utilisé dans le passé par un certain nombre de chantiers. Il correspondait à l'emploi d'une main d'oeuvre abondante.

423.2 - Outillage mécanique

423.21 - Scie à chaîne à 2 hommes (pour mémoire)

Ce type de scie à chaîne à essence ou électrique a été le premier modèle mis en service. Les premières machines sont arrivées dans l'Ouest africain à partir de 1945.

Cette scie n'a jamais été utilisée pour l'abattage : dans des arbres à contreforts, son emploi, ne serait guère possible. Son domaine a été le tronçonnage.

Un guide-chaîne ou "lame" de 2 m et plus était généralement utilisé.

L'expérience a montré que les scies électriques avaient un rendement sur parc et une robustesse supérieure aux scies à essence. La sujétion du groupe électrogène et du câble d'alimentation était peu gênante. Les machines étaient lourdes, en particulier celles utilisant le courant industriel classique (40 kg). Le perfectionnement de la scie à hommes les a fait disparaître.

423.22. - Scies à chaîne à 1 homme (à essence)

Elle est apparue sur les chantiers à partir de 1957 et s'est développée à partir de 1959.

La scie à essence à un homme est pratiquement le seul matériel utilisé sur les chantiers pour l'abattage et le tronçonnage³.

Elle est équipée de chaînes à dents-gouges et d'un carburateur toutes positions, qui permet aux moteurs de fonctionner, quelle que soit la position de la machine.

Caractéristiques des modèles les plus répandus :

- Poids 13 à 15 kg, toutes équipées.
- Cylindrée : 100 à 140 cm³, les modèles les plus puissants étant généralement utilisés au tronçonnage.
- Longueur guide-lame :
 - pour scies 100 cm³ : 63 à 90 cm correspondant aux besoins les plus courants de l'abattage,
 - pour scies 140 cm³ : 105 à 150 cm. Les lames les plus longues sont utilisées au tronçonnage.

³La scie à un homme électrique en raison des problèmes de poids n'existe que pour des petites puissances insuffisantes ici.

424 - Ecorçage

L'écorçage consiste à enlever systématiquement toute l'écorce d'une bille ou rondin.

424.1- Pratique de l'écorçage

L'écorçage peut se faire de diverses façons. Citons

- en martelant la surface de l'écorce : cas de l'Acajou frais - l'écorce part très facilement, en arrachant au besoin des lambeaux à la main :
- avec un écorceur : cas du Samba/Ayous - l'écorçage est plus difficile car l'écorce adhère davantage.

L'opération a généralement lieu sur parc de tronçonnage en forêt.

Quelle que soit son utilité, réelle dans un certain nombre de cas (voir plus loin), son exécution résulte en fait plutôt d'habitudes commerciales. L'écorçage se pratique de moins en moins par souci d'économie de main d'oeuvre.

En pratique, les billes vendues avec écorce arrivent toujours chez l'utilisateur avec une partie importante de l'écorce manquante. Elle est arrachée, surtout si elle adhère peu, au cours du débardage et des manutentions.

424.2 - Rôle protecteur de l'écorce

- a - Contre les champignons (échauffure) l'écorce assure une protection quasi absolue à condition qu'elle soit intacte, c'est-à-dire ni écrasée, ni lacérée, ni arrachée par places. L'infestation de l'aubier par les champignons ne peut se produire qu'à la faveur d'une ouverture mécanique à travers l'écorce. Il arrive cependant qu'après un délai de plusieurs semaines les spores trouvent entre écorce et aubier une atmosphère chaude et humide favorable à leur développement.
- b - Contre les piqûres d'insectes, l'écorce assure une protection limitée et variable : quand elle est intacte elle retarde l'attaque et en ralentit le rythme. Cette action varie selon les essences.
- c - La boue ou la terre mise en contact intime avec le bois au cours et après débardage constitue un milieu très favorable aux contaminations par les champignons.

424.3 - Ecorçage et traitements de préservation

- En forêt sur le lieu même de l'abattage et tant que la grume n'a été l'objet d'aucun déplacement, l'écorce est intacte ou n'a été que peu endommagée. Elle protège efficacement le bois contre piqûres et échauffures souvent pendant plusieurs semaines.
- Après débardage, sur les billes placées au soleil sur parc, en forêt, sur wagon de chemin de fer, sur camion ou sur parc portuaire, l'écorce en partie endommagée ou arrachée n'assure plus qu'un rôle de protection partielle et incertaine quand elle se décolle plus ou moins. Pour les espèces fragiles, l'écorçage devient très recommandable, mais il doit être combiné avec un traitement de préservation immédiat.
- Que le traitement ait lieu sur des billes écorcées ou non, il doit être effectué le plus tôt possible c'est-à-dire immédiatement après le tronçonnage qui doit suivre tout de suite le débardage.
- Sur parc d'usine ou parc portuaire, les grumes doivent recevoir un traitement de rappel antifongicide et insecticide.
- Les grumes d'espèces sensibles destinées à un transport par flottage doivent être écorcées et recevoir un traitement de préservation à base de produit non délavable avant la mise à l'eau. Le contact prolongé de l'écorce et de l'eau tend à provoquer une sorte de rouissage qui entraîne la séparation de l'écorce immergée et du bois.

425 - Désaubiérage

Chez certaines essences la présence d'un aubier épais et inutilisable grève de façon sensible les frais de transport. On pratique alors l'enlèvement de l'aubier sur les rondins. Cela concerne des essences comme l'Iroko, le Doussié, le Keva-zingo, le Wengé.

D'une façon générale cette opération, coûteuse, se pratique de moins en moins.

L'opération suppose que soient réalisées les quatre conditions suivantes :

- aubier altérable et sans valeur,
- bois parfait de valeur élevée. Toutefois, ce n'est pas le cas de l'Iroko.
- aubier facile à distinguer du bois parfait par sa couleur,
- aubier assez épais (4 à 10 cm).

Elle est faite manuellement, sur parc, en forêt.

Le désaubiérage manuel comporte trois phases successives :

- ouverture de sillons transversaux,

- enlèvement de l'aubier,

- finition ou "dressage".

a - L'ouvrier ouvre à travers l'aubier des sillons dont la profondeur est égale à l'épaisseur de l'aubier : ce travail est facilité par les différences de teintes aubier/bois de coeur. Ces sillons sont régulièrement espacés de 20 à 30 cm environ. Le travail est exécuté à la hache ou à la scie.

b - La hache est ensuite utilisée à la manière d'un coin. L'ouvrier engage sa hache entre l'aubier et le bois de coeur normal et fait sauter l'aubier par fendage. Il extrait ainsi de gros morceaux. A la fin de cette deuxième phase, le roulant de la bille a un aspect irrégulier.

c - Le but de la troisième phase est double

- enlever toutes les traces d'aubier,

- préparer un roulant sans aspérités, aussi lisse et régulier que possible. Cette opération commencée à la hache est souvent terminée à l'herminette. L'ouvrier s'efforce de donner à la bille une forme aussi régulière, cylindrique et flatteuse que possible même si la bille avant travail a une forme défectueuse.

Le désaubiérage manuel avance à la cadence de 0,75 à 1,25 m³, de rondin terminé, par homme et par jour.

426 - Mesures d'ordre - Marquage des billes

Un certain nombre de marques doivent être apposées après l'abattage à la fois sur les souches et sur les billes ; des indications doivent être portées au carnet de chantier.

Leur rôle est de faciliter la reconnaissance et le contrôle ultérieur aussi bien par l'Administration que par l'exploitant lui-même.

Nous n'insisterons pas sur le marquage des souches.

Sur les billes doivent figurer (peinture ou marteau)

- le numéro de l'arbre,
- le marteau de l'exploitant,
- le numéro de la bille dans l'arbre 1.. 2.. 3 ou A.. B..C
- le numéro du chantier d'origine.

Carnet de chantier

Il est généralement imposé par l'Administration. Pour l'exploitant, il constitue (sous sa forme officielle ou sous toute autre forme) un moyen de contrôle. Il comporte :

- numéro des arbres,
- essence,
- date d'abattage,
- diamètre de l'arbre (et sa longueur, mais cette indication a souvent une valeur théorique),
- numéros et dimensions des billes produites (longueur - diamètre - volume),
- date d'évacuation,
- mention des raisons de l'abandon d'un arbre ou d'une bille.

Il est commode de noter sur un document analogue au carnet de chantier, ou sur celui-ci les indications permettant de "suivre" l'arbre au cours des diverses opérations, c'est-à-dire, en particulier les dates d'abattage, de débardage des fûts, d'évacuation des billes.

Cette notation systématique permet d'éviter les oublis d'arbres ou de billes en forêt et de s'assurer que les délais entre opérations restent acceptables.

D'une façon générale, les diverses inscriptions permettent en outre :

- de comparer prospection et exploitation,
- d'observer le rendement volume billes/volume fût,
- de vérifier les cadences d'abattage - tronçonnage - évacuation,
- d'estimer le stock de bois disponible à chaque stade, en forêt, à la gare, etc...,
- d'apprécier la productivité des équipes.

Le carnet de chantier, ou le document équivalent, est obtenu à partir des carnets d'abattage, de débardage, de tronçonnage, des bordereaux d'évacuation, établis par les chefs d'équipe, pointeurs et cubeurs.

427 - Protection des grumes d'espèces fragiles

Il y a deux règles à appliquer pour éviter les détériorations par insectes ou champignons des grumes d'essences fragiles

- Evacuer rapidement les grumes après abattage. Cela suppose souvent de n'abattre que lorsqu'on sait quand on transportera. En d'autres termes, le temps entre forêt et utilisation en usine doit être le plus court possible.
- Protéger chimiquement en sachant que cette seconde mesure ne remplace pas la première.

Examinons comment se pratique cette opération

- Qualité à attendre des produits :

Les produits utilisés doivent être efficaces à la fois contre les insectes et contre les champignons.

Les propriétés de fixation requises des produits de protection des grumes sont très spéciales. Ces produits sont, en effet, appliqués en couche mince sur du bois frais et des écorces, et doivent protéger temporairement les grumes, quelques semaines à quelques mois, dans des conditions de délavage très sévères : l'insolation complète succède souvent très rapidement à des précipitations violentes et inversement.

Ce sont en fait ces qualités de fixation qui font la valeur des produits employés, les produits insecticides et fongicides entrant dans leur composition étant en général tout à fait classiques.

- Qualité des opérations de traitement

Nous en avons déjà dit un mot à propos de l'écorçage.

On ne saurait envisager pour les grumes que des traitements de surface, formant entre le bois et l'extérieur une barrière toxique continue et infranchissable.

Pour que le traitement soit efficace à coup sûr, il doit être appliqué en forêt, immédiatement après le tronçonnage. Faute de cette précaution en effet, on risque que l'infestation, qui peut se faire sans aucun délai, soit déjà effective à l'intérieur du bois, là où les produits ne peuvent l'atteindre.

Le caractère de continuité de la couche de protection est également primordial. En effet, si le traitement laisse des lacunes non protégées, les agents d'altération pourront pénétrer dans la grume par ces lacunes et se développer librement. Un traitement mal fait est pire que l'absence de traitement, car il donne une impression illusoire de sécurité.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Le traitement doit être fait, au pulvérisateur, sur toute la surface de la grume : sections et roulants. On insistera particulièrement au niveau des fentes et des arrachements d'écorce, que l'on rafraîchira préalablement à la hache ou à la machette, pour ne laisser aucune écorce partiellement décollée. Ces zones sont en effet, celles par lesquelles les altérations pénètrent le plus facilement.

Un traitement de rappel doit intervenir quand la grume fait l'objet d'un stockage un certain temps après des manutentions et un transport (traitement lors du stockage dans un port ou sur un parc usine).

43 - Débardage

431 - Définitions

De la souche au parc de l'usine de transformation s'échelonnent les différentes phases du transport des bois en grumes. Le débardage en constitue la première phase.

On peut schématiser l'évacuation des bois comme suit:

	Débusquage	Débardage	Transport
Lieu	Près souche	Sur parterre de la coupe	Sur routes forestières et publiques
Méthode	Treuillage	Traînage au sol	Roulage
Moyen	Treuil-câble	Tracteur ou câble	Camion grumier
Distance	< 50 m	100 à 2 500 m	5 à 500 km

Le débusquage : ou première phase de débardage consiste à déplacer les grumes du point de chute de l'arbre (souche) jusqu'à l'endroit où elles sont dégagées de la végétation environnante et où les tracteurs peuvent avancer en tirant leur charge.

Il est, en général, effectué au moyen du treuil du tracteur, sur une distance très courte de l'ordre de une ou deux dizaines de mètres, éventuellement davantage en terrain difficile.

Le débardage consiste à amener les grumes du voisinage du lieu de chute jusqu'à un point de rupture de charge dit "parc à grumes" ou parc de chargement.

Le débardage proprement dit est effectué par traînage des bois sur le sol d'une piste à peine frayée sur une distance dont la longueur dépend du type d'engin employé.

La distance économique de débardage est la distance au-delà de laquelle il est plus économique de construire une route (secondaire) pour transport routier, et de remplacer le traînage au sol par le transport sur un camion.

432 - Généralités

Un sol forestier :

- est humide parce que situé sous le couvert forestier,
- comporte une couche plus ou moins dense de végétaux vivants ou en cours de décomposition,
- est encombré de rémanents et de souches en place et quelquefois de rochers,
- est situé sur terrain plat ou en pente (pouvant dépasser 60 %).

Ces conditions ne facilitent pas la circulation des engins. De plus, le débardage se fait pratiquement toute l'année : c'est une différence importante du travail forestier avec le travail agricole. Le tracteur agricole ne va pas dans un champ quand les conditions y sont défavorables. Le tracteur forestier travaille au contraire presque tout le temps (sauf conditions particulièrement difficiles). Mais le sol forestier n'est pas labouré chaque année : S'il n'a pas été trop bouleversé, le tracteur bénéficie de la structure du sol et du lacis de racines qui lui procurent une certaine cohésion.

432.1 - Organes de contact des engins avec le sol

Ce sont la chenille et le pneu.

Ils se caractérisent par des pressions au sol suivantes :

- Tracteurs à chenilles

Engin type	Surface contact au sol (patins de chenilles standard)	Pression kg/cm ²
D6 D	2,16 m ²	0,67
D7 G	2,76 m ²	0,73
D8 L	3,59 m ²	1,01

- Engins à pneus

La surface S de l'aire de contact du pneu est définie par :

$$S = 0,9 \times \frac{\text{charge sur le pneu}}{\text{pression de gonflage (p)}}$$

$$\text{c'est-à-dire que : } \frac{\text{charge pneu}}{S} = p \times 1,1$$

$$= \text{pression de gonflage} \times \text{pression de raideur}$$

La pression de raideur traduit l'influence de la carcasse du pneu.

On doit adapter la pression du pneu au pouvoir porteur du terrain. L'autre facteur, la charge à supporter, entraîne le choix du pneu.

Le diamètre des roues intervient aussi beaucoup ; de grandes roues, indispensables en terrain moyen et difficile, augmentent la surface de contact au sol et facilitent le franchissement sans effort des petites dénivelées qu'il y a partout.

Les pressions de gonflage couramment utilisées sont résumées ci-dessous. Il est intéressant de les comparer pour les divers matériels :

- pneus "forestiers" sur tracteurs débardeurs, à châssis articulés, 1,4 à 1,7 kg/cm²,
- pneus engins de Génie Civil : 2,4 à 6,0 kg/cm²,
- camions routiers : 5 à 8,0 kg/cm².

432.2 - Caractéristiques des pneus

Qu'il s'agisse de pneus de débardage, de Génie Civil, de camions ou de voitures légères, les caractéristiques des pneus sont définies par un certain nombre de chiffres et de lettres.

- Dimensions

Elles sont données par deux chiffres exprimés en pouces ¹. Le premier indique la largeur approximative du boudin de pneu et le second le diamètre de la jante.

Par exemple : 21.00 x 25 signifie : - largeur du boudin 21 pouces. - diamètre de jante 25 pouces.

- Carcasse

Deux types de carcasses sont courants :

- diagonale ou croisée : nappes placées de biais obliquement superposées et entrecroisées,
- radiale (type X Michelin) : une nappe est disposée en arceaux radiaux droits.
Sous le roulant du pneu se trouve une autre nappe de fils longitudinaux et entrecroisés.

- Résistance et capacité de charge : "Ply Rating" (PR suivi d'un nombre)

Pour une même dimension, il est possible de réaliser plusieurs confections autorisant des limites de charge différentes. Ces confections sont repérées par le terme de "Ply Rating" ou PR qui constitue ainsi un indice de résistance du pneumatique. A l'origine, cet indice correspondait au nombre de nappes coton qui entraient dans la confection des pneus croisés.

- Type de bande de roulement (sculpture et gomme)

Il est indiqué par chaque fabricant dans un langage conventionnel.

Exemples :

- Michelin - Génie Civil

XR excellente adhérence :

Type A : bande de roulement résistant aux chocs et coupures

Type B : gomme résistant à l'échauffement pour roulage rapide

XK sculpture adaptée pour roulage sur rochers :

Type A : bande de roulement résistant aux coupures, chocs et arrachements

Type B : pour roulage relativement rapide

etc.....

¹ - 1 pouce = 25,4 mm
- pour les véhicules légers on utilise aussi les mesures en système métrique.

- Michelin Poids Lourds

XB radial :

B signifie utilisation mixte, route - chantier

XL radial :

L signifie sols boueux et herbeux.

etc...

432.3 - Comportement des engins sur sol forestier

- Les limites du matériel à pneus

On utilise en exploitation forestière beaucoup d'engins à pneus conçus à l'origine pour le Génie Civil (chargeurs frontaux surtout). Mais ils sont employés sur routes ou sur parcs de tronçonnage bord route.

Les essais d'utilisation en forêt pour débardage d'engins lourds, équipés de pneus se rapprochant des pneus de Génie Civil se sont soldés par des échecs dès que les conditions de sol devenaient défavorables :

Par exemple, l'introduction au Gabon de gros tracteurs débardeurs à pneus lourds et équipés de pneus de Génie Civil a été sans suite ("Arche Letourneau" et l'"Arche Wagner" poids 17 t - 220 CV).

Ces matériels intéressants en saison sèche, étaient rapidement inutilisables en saison des pluies, sur le sol argileux mouillé.

- Les engins adaptés au sol forestier

La circulation en forêt est du domaine de la chenille ou du pneu de type "forestier" utilisé sur engins spécialement conçus.

Les tracteurs forestiers à pneus ont les caractéristiques suivantes

- très grand diamètre des roues,
- pneus à basse pression (1,4 à 2,0 kg/cm²),
- pneus à carcasse textile croisée, spécialement conçue pour résister aux chocs et aux blessures,
- sculpture des pneus offrant une excellente adhérence,
- garde au sol élevée (résultant des grandes roues),
- conception des tracteurs, en particulier leur système de direction, par châssis articulé (mais cela existait et est la règle pour les engins "lourds" ou de Génie Civil).

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Les tracteurs de débardage à pneus sont d'un poids relativement faible eu égard à leurs pneus et au diamètre de leurs roues.

Pour tous types d'engins, la capacité d'évolution sur sol forestier est d'autant meilleure que les tracteurs sont plus légers : ceci est valable pour le pneu comme pour la chenille. En sol difficile une masse importante est un handicap ; le sol a tendance à céder sous elle par manque de fondation. De plus la pression au sol s'accroît quand la taille de l'engin augmente (comparaison D6, D7 et D8 au § 432.2).

432.4 - Ordres de grandeur des facteurs affectant l'utilisation des matériels

On trouvera ci-dessous un certain nombre de données chiffrées qui expliquent le comportement des matériels.

a - Pouvoir porteur du sol (en kg/cm²)

Marais	0,2	Sable mouillé	4	Argile molle	1
Alluvions	0,5	Gravier fin	5	Argile ½ sèche	2
Sable sec	2	Gravier comprimé	8	Argile sèche	4

Un sol très sableux porte mieux quand il est humide ; un sol très argileux quand il est sec. Cela est bien connu.

b - Résistance au roulement

La résistance au roulement peut être définie comme l'effort qu'il faut vaincre pour faire progresser une roue chargée, sur le sol horizontal. Elle varie en fonction de la nature du sol et de la charge du véhicule.

Nature du sol	Coefficient (Kg/tonne)	
	Pneus	Chenilles
Revêtement routier dur (béton et revêtement bitumineux)	20	-
Sol compact (macadam, empierrement)	20 à 25	-
Sol ferme avec pénétration des pneus de 2 à 3 cm	35 à 40	-
Sol avec pénétration des pneus de 5 à 6 cm	40 à 50	-
Sol mou, sable humide, avec pénétration des pneus de 10 à 15 cm	75 - 80	20
Sol boueux ou sable meuble	100 à 150	40
Sol avec ornières profondes ou sol spongieux	150 à 200	60

Source : Moniteur des Travaux Publics.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

La complexité des phénomènes en jeu fait que la réalité varie plus ou moins largement autour des ordres de grandeur ci-dessus ; en conditions très difficiles, le coefficient peut atteindre et dépasser 300 kg/tonne pour des roues à pneus.

c -Résistance au glissement

C'est : "la force R_g (en kg) parallèle au sol nécessaire pour déplacer une tonne de charge traînée".

Elle dépend de l'état des surfaces en contact : nature et humidité du sol, grumes écorcées ou non.

Elle dépend aussi de la forme et de la position des surfaces en contact : diamètre des grumes, grumes soulevées à l'avant ou non.

En sol argileux ou argilo sableux R_g diminue de 15 à 25 % sur sol détrempe.

Avec les grumes écorcées R_g diminue de 20 à 40 %.

Quand le diamètre double R_g diminue de 15 %.

Quand l'avant de la grue est soulevé R_g diminue de 20 à 25 %.

Exemples concrets

- grumes de 50 cm de diamètre, avec l'avant soulevé, non écorcées, sur humus non sableux détrempe $R_g = 400$ kg/tonne
- grumes traînées au sol sur sol argile sableux sec $R_g = 750$ kg/tonne.

L'action des obstacles tels que racines, souches, rochers n'intervient pas dans les exemples ci-dessus.

d - Coefficient d'adhérence

L'adhérence des organes de propulsion sur le sol permet de développer un effort de traction qui s'exprime en effort à la barre ou à la jante. Cet effort est effectué par:

- le poids reposant sur les roues motrices ou les chaînes de roulement,
- la nature du contact entre les éléments moteurs et le sol,
- l'état du sol.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Le coefficient d'adhérence est le rapport entre l'effort maximal de traction que peut développer un engin et le poids total reposant sur les organes de propulsion.

On a :

Effort de traction = poids adhérent x coefficient d'adhérence.

Pour les chenilles, l'adhérence est due à la fois :

- aux frottements de contact sol/chenille,
- à la résistance au cisaillement du sol sous les arêtes de patins.

Quelques valeurs du coefficient d'adhérence

Nature du sol	Pneumatiques	Chenilles
Béton	0,90	0,45
Argile sèche	0,55	0,85
Argile humide	0,45	0,70
Argile avec ornières	0,40	0,70
Sable sec	0,20	0,30
Sable humide	0,40	0,50
Gravier compacté	0,40	0,60
Gravier non compacté	0,35	0,55
Terre ferme	0,55	0,90
Terre meuble	0,45	0,60

Coefficient d'adhérence des pneumatiques de tracteurs

Sur sols cohérents, lorsque le pneu peut se nettoyer, on constate suivant les terrains :
 $f = 0,35$ à $0,7$.

$0,35$ correspond aux terrains où la teneur en eau est telle que le sol est à la limite de liquidité.

Lorsque la pression au sol est élevée, les efforts de cisaillement détruisent la cohésion du sol et l'adhérence diminue.

Un sol cohérent qui permet une bonne adhérence entraîne un coefficient de résistance au roulement élevé.

433 - Techniques diverses de débardage des bois d'oeuvre tropicaux

Passons en revue les techniques diverses utilisées, certaines par le passé, d'autres actuellement, pour l'exploitation des bois d'oeuvre tropicaux en Afrique et ailleurs. Nous réserverons pour un autre paragraphe, l'examen du débardage par tracteurs à chenilles et à pneus, qui est la règle actuellement dans la plupart des pays.

433.1 - Débardage manuel

Il est encore utilisé dans certains pays (débardage du Ramin en forêt marécageuse à Kalimantan), pour le traînage des bois de petites dimensions (diamètre inférieur à 60 cm). Les grumes sont alors souvent hâlées sur un chemin équipé de rondins formant traverses sur lesquelles le glissement est facilité.

433.2 - Traction animale

Elle est inconnue en Afrique occidentale et centrale. Son absence a pesé lourd dans l'évolution passée des techniques : il n'y a pas eu d'alternative à l'emploi de l'énergie mécanique.

En Afrique du Sud, on utilise des mules pour des exploitations de pins. En Extrême Orient, on connaît l'emploi de l'éléphant (Thaïlande) et des buffles (Malaisie).

433.3 - Tracteurs agricoles

Sous la forme de tracteurs de forte puissance, équipés d'un treuil à bêche d'ancrage, ce moyen de débardage n'a jamais eu qu'une importance minime. Il ne s'adapte qu'à des conditions très faciles.

433.4 - Tracteurs à pneus et triqueballe

Cette méthode a été beaucoup utilisée en France avec le tracteur spécialisé à 4 roues motrices (type latil TL 20). Le triqueballe n'est autre qu'un essieu enjambeur, muni d'une flèche d'attelage, permettant de soulever la grume à débarder sur toute sa longueur. Il n'y a aucun traînage.

Les manutentions avec le triqueballe sont lentes ; la maniabilité médiocre et le terrain doit être facile.

Le débardage au triqueballe n'a eu par le passé qu'un développement minime en Afrique.

433.5 - Camions tous terrains débardeurs

Le camion tous chemins, à adhérence totale (4 x 4 ou 6 x 6) dont les modèles originaux furent le GMC et autres surplus de la deuxième guerre mondiale peut être utilisé comme engin de traction et de chargement sous réserve de quelques modifications mécaniques: il est équipé d'un treuil et d'un portique formant arche pour lever l'avant des grumes positionnés derrière la cabine. Un bouclier arrière protège le châssis. Il reproduisait le dispositif qui équipe les tracteurs à pneus actuels, avec ses avantages, mais sans obliger à recourir à l'investissement que constitue l'achat d'un engin spécialisé.

Ce type de matériel ne s'adapte qu'à des conditions de terrain facile : il a été utilisé longtemps en Côte d'Ivoire et en RCA.

433.6 - Débardage et transport sans rupture de charge

Le camion grumier (porteur classique) va directement jusqu'au pied de l'arbre, en empruntant une piste ouverte en forêt, en général à la main, de la souche jusqu'à une route.

Cette méthode s'adapte :

- à un terrain facile,
- à un bon sol de saison sèche.

Les camions utilisés à cette fin sont de type classique à adhérence totale (4 x 4 ou 6 x 6). Ils sont équipés soit en porteurs solo (charge utile limitée à ce que le camion seul peut porter), soit en semi-remorque avec dispositif grumier classique. Les grumes reposent toujours sur deux traverses. Le chargement est effectué, soit au monte-grumes, soit au moyen d'un autre camion équipé en chargeur grâce à un portique arrière et à un treuil.

Cette méthode ne convient qu'à une production artisanale, en forêt claire. Elle a été très utilisée jusque vers 1955, mais est totalement tombée en désuétude.

433.7 - Débardage par câbles

Le débardage par câble n'est pas utilisé actuellement en Afrique tropicale.

Le téléphérique fût utilisé pendant quelque temps au Gabon, dans les Monts de Cristal. Le câble assurait une sorte de débardage second : des tracteurs à chenilles allaient au pied de l'arbre et amenaient les bois jusqu'à la station supérieure d'un téléphérique. Le câble permettait le franchissement d'une pente abrupte jusqu'à une route.

La mise en place des téléphériques était très longue, parce que le matériel à mettre en place (câble surtout) était très lourd.

Dès l'apparition de tracteurs forestiers à pneus de puissance suffisante, le téléphérique a été abandonné.

Le véritable débardage par câble est, par contre, largement utilisé dans le Sud Est asiatique, aux Philippines, en relief montagneux et dans les zones à pluviosité élevée. Les techniques employées sont celles de l'Ouest de l'Amérique du Nord.

Elles s'adaptent aux Philippines parce que le volume coupé à l'hectare est très élevé.

434 - Débardage par tracteurs

Cette méthode est très largement la plus utilisée dans toutes les forêts denses tropicales de la planète. Sa mise en oeuvre dépend des conditions de chaque région, sinon de chaque chantier.

Les facteurs qui interviennent sont

- la dimension des grumes (efforts à mettre en jeu),
- le volume exploitable à l'hectare,
- la topographie et la nature du sol,
- la densité du réseau routier souhaitable.

Le degré de qualification de la main-d'oeuvre, l'importance des investissements et le niveau de production de l'entreprise peuvent également à contribuer à déterminer le choix de chaque solution technique.

L'éventail des charges à débarder peut être très large

- diamètre de 40 à 140 cm et plus,
 - longueurs de 5 à 25 m,
- } d'où volume de 0,6 m³ à 30 m³ et plus.

Les tracteurs à chenilles et les tracteurs à pneus se partagent les travaux ; mais les premiers constituent le parc le plus important.

L'introduction, sur une grande échelle, du pneu date de l'arrivée du tracteur moderne à châssis articulé (1966).

Auparavant, des tracteurs à 4 roues motrices à châssis rigide, ont été utilisés dans quelques cas ; mais très souvent leur puissance et leur capacité étaient insuffisantes ce qui a compromis leur développement.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Les tracteurs à chenilles développent des efforts de traction supérieurs à ceux des tracteurs à pneus, même à poids et puissance égales. C'est pourquoi la chenille choisie chaque fois qu'il est plus important de disposer de gros efforts de traction que d'une vitesse de déplacement élevée.

Autre facteur : **la pénétration en forêt** jusqu'à la souche. Dans un milieu souvent très encombré le tracteur à chenilles est bien adapté alors que l'engin à pneus a des difficultés à ouvrir son passage.

434.1- Tracteurs à chenilles

Deux types d'engins sont principalement utilisés au débardage :

modèle dans la gamme Caterpillar	Puissance moteur	Poids avec équipement (pelle et treuil)
D7 G	200 ch	22 000 kg
D6 D	140 ch	17 000 kg

On a vu que les puissances ont beaucoup évolué avec le temps : en 1956, le D7 ne développait que 125 ch. pour un poids de 18 t.

Le D7 a toujours été et reste l'engin de base des chantiers. Le D6 est surtout utilisé (Gabon par exemple) au débardage de bois légers en terrain accidenté.

Les chenillardes sont disponibles avec deux types de transmission :

- classique avec boîte mécanique à crabots et inverseur (Direct Drive : D D),
- servo commandée avec convertisseur de couple, diviseur de couple et boîte de vitesse à trains planétaires (Power Shift : P S).

Le second type de transmission est de plus en plus répandu en raison de sa facilité de conduite.

434.11 - Adaptation au travail en forêt

Les tracteurs à chenilles sont conçus pour les travaux publics, c'est-à-dire le terrassement ; leur emploi en forêt suppose diverses adaptations spécifiques.

a - lame de Bulldozer

Nous avons déjà dit l'importance de cet équipement.

Il est indispensable au débardage, de préférence sous forme de lame droite (mieux adaptée et moins encombrante que l'angledozer). La lame sert à ouvrir le passage en forêt à travers la végétation (on ne touche alors qu'à de petits arbres), à déplacer de la terre quand nécessaire, à pousser et manutentionner les fûts et les billes, à la souche d'abord (pour préparer la mise en place du câble et le débusquage) puis sur parc...

b - Le treuil forestier

C'est l'équipement par lequel le tracteur travaille, grâce à son câble qui le relie à la charge qu'il traîne. Il sert aussi bien au débusquage qu'au débardage et à des manutentions diverses, etc...

Le treuil forestier est fixé sur la face arrière du carter du tracteur. La puissance du moteur est transmise depuis la prise de force jusqu'au tambour grâce à des embrayages multidisques à bain d'huile. Les commandes sont hydrauliques grâce à un levier unique synchronisant la marche et l'action du frein.

Le treuil a une seule vitesse en avant comme en arrière. La vitesse du câble varie de 25 à 50 mètres/minute.

L'effort maximum de halage sur brin direct, tambour vide varie de

- boîte D D : 20 t (D6) à 30 t (D7),
- boîte P S : 35 t (D6) à 50 t (D7).

En fait, il est souvent limité par l'adhérence du tracteur, sinon par la résistance à la rupture du câble.

c - Equipements assurant la protection du tracteur

La calandre formant protège radiateur est une plaque d'acier perforée pour permettre le passage de l'air, boulonnée à l'avant du tracteur.

Un protège carter inférieur évite les chocs des obstacles bas (pierres, souches, tiges se relevant violemment...). Il est en tôle d'environ 10 mm d'épaisseur, et se boulonne sous le châssis.

d - La sécurité du conducteur, est essentielle. Les tracteurs sont donc équipés de cabines de protection protégeant le conducteur de la chute de branches, de lianes, de la rupture du câble du treuil etc... Les armatures de la cabine sont faites de tubes d'acier de 75-100 mm de diamètre ; le toit est en tôle épaisse (6 mm environ). A l'arrière une grille en métal déployé protège du câble.

434.12 - L'arche de débardage

Cet engin résulte d'une évolution du triqueballe porteur traîné par des animaux, lorsque ceux-ci (boeufs ou chevaux) ont été remplacés par le tracteur à chenilles dans l'Ouest des USA.

L'arche permet de soulever l'avant de la grume sans faire supporter la charge par le tracteur à chenilles dont la répartition des masses ne permet d'être qu'un mauvais engin porteur. Elle donne le moyen de :

- diminuer le frottement des grumes sur le sol et d'éviter le labourage du sol par l'avant de ces grumes,
- remplacer une partie des frottements sur le sol par un roulement.

a - Construction de l'arche

Une arche se compose essentiellement d'une flèche s'appuyant sur un bâti équipé d'un train de roulement.

La flèche est terminée en haut par une tête d'arche ou "fairlead", équipée de 4 rouleaux qui peut "avalier" à la suite, câble de treuil, crochet d'extrémité et élingues.

Le train de roulement fut d'abord équipé de chenilles. Celles-ci ont disparu au profit de pneus type Génie Civil (21 x 25 par exemple). Ici les pneus ne jouent qu'un rôle porteur, les problèmes d'adhérence ne se posent pas.

Les pneus sont beaucoup moins onéreux que les chenilles et s'usent moins vite. Leur résistance aux blessures par les souches s'avère excellente.

Dimensions d'une arche pour D7 :

- largeur hors tout : 3,20 m
- longueur de l'attelage sur le tracteur à l'essieu des roues : 3,20 m,
- hauteur guide câble au-dessus du sol : 3,35 m.

b - Avantages

- Diminue la résistance au glissement des grumes.
- Permet au câble du tracteur d'exercer un effort à partir d'un point haut.
- Conserve la possibilité d'effectuer toutes les manoeuvres de traction au treuil, en particulier le halage.

c - Inconvénients

- Représente un poids mort de 4 t sans bénéfice pour l'adhérence.
- Complique les manoeuvres du tracteur.
- Se renverse en cas de traction latérale trop énergétique (mais peut être facilement relevée).

d - Emploi pratique

L'arche est un accessoire encombrant diminuant la maniabilité du tracteur les chauffeurs n'aiment pas s'en servir.

Elle est inutilisable en terrain accidenté, (pente \geq 20%) car les risques de renversement sont trop grands et son poids gênant.

L'arche a surtout été employée dans les pays (Côte d'Ivoire) où il fallait utiliser à plein la capacité des tracteurs avec de gros arbres. Mais son emploi s'est réduit avec l'accroissement de la puissance des engins qui la rend moins indispensable.

Note : Arche intégrale sur le tracteur

Ce type d'arche, portée sur le treuil du tracteur, a été essayé, mais ne s'est pas répandu.

- Elle permet de conserver la maniabilité du tracteur.
- Elle entraîne une forte tendance au cabrage et pour cette raison ne permet pas la traction de charges lourdes. le tracteur ne peut utiliser l'arche pour effectuer des efforts importants.
- Elle est inutilisable en terrain accidenté.

434.2 - Caractéristiques des tracteurs à pneus

Tous les tracteurs forestiers à pneus actuellement construits sont conçus sur le principe du châssis articulé : le tracteur est constitué de deux demi-châssis :

- avant, comprenant : essieu AV
 - moteur et transmission
 - poste de conduite
 - lame de bulldozer
- arrière, comprenant : essieu AR
 - treuil
 - arche intégrée
 - bouclier arrière de protection.

L'articulation entre les châssis peut être de deux types :

- autour d'un seul axe vertical. Dans ce cas l'essieu AV est oscillant, l'essieu AR est fixe sur le châssis ;
- autour d'un axe vertical et d'un axe longitudinal (Franklin - Caterpillar) les deux essieux étant fixes.

La direction est obtenue par orientation des demi-châssis, l'un par rapport à l'autre, grâce à un ou deux vérins.

La conception du châssis articulé (qui est celle également des chargeurs frontaux, des bulldozers sur pneus, des scrapers automoteurs ...) s'est imposée en raison des avantages suivants :

- simplification des essieux (non orientables),
- possibilités **d'utiliser des roues de grands diamètres** et des pneus basse pression puisque le problème de leur orientation par rapport au châssis n'existe plus,
- dans les passages difficiles, utilisation de l'orientation des châssis l'un par rapport à l'autre (marche en "crabe"), de façon que les roues n'attaquent pas le sol toujours au même endroit (comme c'est le cas avec les roues orientables, sur châssis rigide).

434.21 - Conception et équipement forestier

Contrairement aux tracteurs à chenilles qui sont des matériels de travaux publics qu'on adapte à l'utilisation forestière, les tracteurs articulés sont spécialement conçus pour la forêt.

- **Répartition du poids** (à vide) du tracteur : de l'ordre de 2/3 sur essieu AV et 1/3 sur essieu AR.
- **Transmission** : elle peut être de type "Direct Drive" ou "Power Shift". Ce second type tend à devenir la règle.
- **Essieux** : sont équipés de différentiels autoblocables à l'avant et l'arrière.
- **Freins** : les tracteurs sont équipés de freins à disque sur transmission. Certains modèles (Caterpillar) possèdent en outre des freins à disque sur essieu avant.
- **Lame de bull** : équipe tous les tracteurs. Comme pour les tracteurs à chenilles, elle est indispensable au travail en forêt pour ouvrir le passage du tracteur, nettoyer des pistes, déplacer des billes, etc... Elle n'est pas utilisable au déforestation ni au terrassement, parce que trop faible et le tracteur n'est pas adapté à cet usage.
- **Arche et bouclier arrière** : équipent tous les tracteurs. La forme du bouclier est importante en forêt tropicale, car elle peut limiter le diamètre de bille à débarder
- **Treuil** : il s'agit d'un treuil à commande hydraulique synchronisant embrayage et action du frein. L'entraînement est mécanique.
- **La cabine de protection** est de règle.
- Le dessous du tracteur est toujours blindé. La garde au sol sous les essieux dépasse généralement 50 cm.

434.22 - Puissances utilisées

On peut les classer en trois catégories

- 90-100 cv (Timberjack 240) : utilisable pour des bois de petites dimensions et légers (Okoumé en 1ère zone au Gabon).

Ce tracteur léger se comporte particulièrement bien en terrain difficile. Ce fut le premier modèle introduit en Afrique (Gabon notamment). mais ces tracteurs de la première génération ont désormais cédé la place aux modèles plus puissants.

- 120-130 cv (Timberjack 450, Caterpillar 518, Franklin 170, etc).

Le tracteur de 90 cv s'étant révélé trop "faible" pour la majorité des emplois, les engins de 130 cv furent introduits pour le débardage des bois de petite dimension.

- 160-185 cv (Caterpillar 528, Timberjack 550).

Ces tracteurs d'implantation plus récente, correspondent à bon nombre de tâches pour lesquelles les engins de 130 cv sont insuffisants. Ils constituent une part croissante du parc des exploitations.

434.3 - Câbles de débardage pour tracteurs à pneus et à chenilles

Tout tracteur de débardage travaille par l'intermédiaire de son câble : c'est la seule liaison avec la grume à débarder.

- Composition des câbles en acier

Un câble est un ensemble constitué d'une âme entourée de torons composés de fils d'acier.

Les fils d'acier se définissent par leur diamètre et la qualité de l'acier employé. Le diamètre des fils dépend du diamètre du câble et de l'emploi prévu pour celui-ci.

Pour un câble de même diamètre, les fils gros et peu nombreux donnent une meilleure résistance à l'usure ; les fils fins et nombreux donnent une souplesse plus grande.

La cohésion et la flexibilité du câble sont apportées par la disposition des fils en torons, ensemble composé de plusieurs fils disposés en hélice.

Dans les **torons ordinaires**, tous les fils ont le même diamètre, chaque couche comporte 6 fils de plus que la précédente, mais les fils de deux couches successives forment un angle entre eux d'où des indentations et des risques de rupture. Il ne sont pas utilisés en forêt.

Pour éviter cet effet nuisible, ont été créés les torons à fils parallèles ou "Seale Lay", dans lesquels les deux couches extérieures de fils ont le même nombre de fils de diamètres différents et sont toronnés au même pas.

La disposition des torons ou câblage varie suivant l'emploi prévu pour le câble. On distingue

- Le **câblage croisé** : toronnage à gauche, câblage à droite, Cette opposition dans sens d'enroulement permet au câble d'être "antigiratoire": sous l'effort il a moins tendance à tourner sur lui-même.
- le **câblage Lang** : toronnage à droite, câblage à droite. C'est la situation inverse ; ce câblage est intéressant quand le câble est fixé par ses deux extrémités (exemple téléphérique), car sa surface plus "lisse" a une meilleure résistance à l'usure.
- **L'âme du câble** est métallique sous forme d'un toron de constitution spéciale (il existe aussi des âmes en chanvre inutilisées en forêt car le câble a alors une résistance insuffisante à l'écrasement sur les treuils).
- **Le préformage** consiste à donner aux torons avant câblage la forme d'hélice qu'ils auront après leur mise en place dans le câble. Ce traitement évite le détoronnage d'un câble à son extrémité, facilite sa pose et accroît sa résistance à la flexion.

- Caractéristiques des câbles de treuils d'engins de débardage

Ils doivent :

- résister à des efforts violents d'où l'emploi d'acier de haute qualité résistance (résistance à la rupture de 180-200 ou 220 kg/mm²),
- résister à l'écrasement d'où âme métallique et fils parallèles (toronnage Seale Lay),
- résister à l'usure d'où fils extérieurs de gros diamètre,
- mais conserver une souplesse suffisante d'où fils de diamètre limité. Cette obligation est contraire à la précédente,
- être "antigiratoires" d'où câblage croisé,
- être de montage facile sur les tambours et poulies d'où la préformation,
- la galvanisation est inutile : les câbles sont graissés à l'origine et leur durée de vie est courte.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- Spécification des câbles de débardage

- Diamètre 7/8" à 1.1/8 pouce, et même 1"1/4 soit 22,2 mm à 28,5 mm ou 31,7 mm.
- Acier clair (c'est-à-dire non galvanisé) de 180 à 220 kg/mm².
- Câblage croisé Seale - préformé.
- Composition : 6 x 19 soit 6 torons de 19 fils chacun (1 + 6 + 12)
 - ou 6 x 25 soit 6 torons de 25 fils chacun (1 + 6.6 + 12)
 - ou 6 x 36 soit 6 torons de 36 fils chacun (1 + 7 + 7.7 + 14).

Les chiffres entre parenthèses indiquent la composition des différentes couches de fils :

1 + 6.6 + 12 veut dire : 1 fil (au centre)
6 fils intermédiaires + 6 fils de remplissage
12 fils extérieurs

Les compositions sont d'autant plus complexes que les câbles sont plus gros.

- Ame métallique câblée de 1 + 6 torons de 1 + 6 fils.
- Poids au mètre courant : 22 mm : 2,2 kg
25 mm : 2,8 kg
28 mm : 3,5 kg

- Conditions d'emploi, elles sont très sévères en fonction :

- des efforts,
- des flexions,
- de l'enroulement, dans de mauvaises conditions (croisement), sur des tambours de treuil de faible diamètre : 30 cm sur D7 pour des câbles de 28 mm.

Le rapport $\frac{\text{limite de rupture}}{\text{effort}}$ descend couramment à 2 ou 1,5 (sinon moins).

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Les câbles sont utilisés en longueurs de 30 à 50 m. (30 m en terrain facile ; 50 m en terrain accidenté où le treuillage se fait sur plus grande distance). Il y a intérêt à utiliser les câbles les plus courts possibles pour éviter l'usure à l'enroulement sur le tambour du treuil ; enroulement toujours mauvais.

Durée de vie d'une longueur de câble : variable selon le terrain et les dimensions des bois, elle évolue de 400 à 3 000 m³ sur les tracteurs à chenilles.

- Accessoires pour câbles

Généralement, on trouve

Côté treuil : un mandrin ou ferrule soudé sur le câble au zinc électrolytique. Ce mandrin vient se placer dans le tambour du treuil à l'intérieur d'un évidement prévu à cet effet.

Côté grume : un crochet plus éventuellement des élingues. Bien souvent on emploie un crochet seul qui, logiquement, devrait être fixé par manille et épissure mais pratiquement lest seulement par un noeud. Le noeud qui est utilisé de façon classique, a l'immense avantage de permettre la réparation en forêt, après rupture.

Le crochet est d'un type spécial en acier à haute résistance, indispensable pour allier résistance à légèreté ; les lourds crochets industriels seraient inutilisables.

Elingues : (ou "chokers") : sont composées d'une longueur de câble d'environ (5 m) se refermant grâce à un crochet coulissant du type "Bardon". Elles sont terminées à une extrémité par une ferrule s'engageant dans le crochet Bardon et à l'autre extrémité par une ferrule à oeil s'enfilant sur le crochet d'extrémité du câble du treuil. Elles ne sont utiles que dans la mesure où on tire plusieurs grumes à la fois.

434.4 - Schémas de débardage

L'équipage d'un tracteur comprend:

- 1 conducteur,
- 1 (quelquefois 2) élingueurs ou aides.

Selon la nature du terrain, la richesse de la forêt, les dimensions des arbres, deux schémas existent :

- en une seule phase, directement de la souche à un parc bord de route camion,
- en deux phases avec rupture de charge sur un parc intermédiaire en forêt.

434.41 - Débardage en une phase

Ce schéma correspond à :

- un terrain facile : routes bon marché, donc réseau dense, allant de pair avec un débardage court,
- une forêt de richesse moyenne ou élevée, permettant un amortissement des routes dans de bonnes conditions.

Dans ce cas le tracteur pénètre en forêt :

- soit en ouvrant sa piste,
- soit en utilisant des pistes préalablement ouvertes.

Les réseaux de débardage ont un aspect ramifié. Un tronc commun aboutit à la route. Les tracteurs utilisent au maximum les pistes existantes. Mais pour aller à chaque nouveau pied, un tronçon nouveau doit être ouvert :

- soit à la main ("coupé bas" de Côte d'Ivoire) ; cette méthode a aujourd'hui disparu,
- soit par le tracteur lui-même,
- soit par un tracteur à chenilles au profit d'un tracteur à pneus.

En bon sol et en saison sèche, la piste de débardage s'améliore progressivement au cours des passages successifs.

En mauvais sol et en saison des pluies, la piste peut se dégrader rapidement et devoir être abandonnée au profit d'une nouvelle, parallèle.

Le débusquage, au treuil, à la souche, est effectué sur des distances courtes variables selon les difficultés. Un "coup de pelle" est souvent nécessaire pour "préparer" la grume avant accrochage.

Sur parc bord route, un autre coup de pelle s'impose pour ranger la grume.

En cours de rotation de débardage, il est fréquent que le tracteur en difficulté relâche son câble, laissant la grume en place, pour avancer seul. Dès qu'il a déroulé 10 à 20 m de câble il s'arrête et, freins serrés, il hale la grume au treuil. Cette manoeuvre est souvent répétée.

Le débardage en une phase est effectué, le plus souvent par des tracteurs à chenilles, quelquefois lorsque cela est possible par des tracteurs à pneus. Les chenillards opèrent seuls, les tracteurs à pneus généralement en association avec des tracteurs à chenilles, c'est-à-dire que ceux-ci sortent les bois les plus gros et les engins à pneus les bois les plus légers en profitant des pistes ouvertes.

434.42 - Débardage en deux phases, avec rupture de charge en forêt

- Première phase, ou débardage premier : de la souche à un parc intermédiaire, un tracteur à chenilles est utilisé. Son activité est analogue à celle décrite ci-dessus (débardage en une phase).
- Deuxième phase, ou débardage second : du parc intermédiaire forêt à la route : en principe des tracteurs à pneus sont utilisés ; ils circulent uniquement sur pistes ouvertes et, chaque fois qu'il le faut, terrassés au bulldozer. Chaque piste supporte un grand nombre de voyages : elle s'apparente à une véritable voie secondaire.

Le débardage en deux phases est utilisé :

- En terrain difficile (accidenté) où on veut débarder sur grande distance pour économiser des routes coûteuses. C'est la règle au Gabon. Il permet en même temps de limiter le débardage par chenilles, plus coûteux.
- Il est utilisé aussi en forêt pauvre, pour ouvrir le minimum de routes.

Les rôles respectifs de la chenille et du pneu sont alors bien définis

- Le tracteur à chenilles va au pied de l'arbre car
 - lui seul peut circuler en terrain accidenté, sur des pentes éventuellement fortes, en y ouvrant et, s'il le faut, terrassant sa propre piste. En pratique, il travaille sur des pentes atteignant 60 % localement, mais il est arrêté par les affleurements rocheux, s'il y en a,
 - lui seul peut exercer les efforts élevés nécessaires au débusquage des fûts dans des positions difficiles,
 - Au Gabon, le débardage premier est souvent effectué par des D6, engins suffisants pour l'Okoumé, bois de faible densité, et engins légers mieux adaptés aux terrains difficiles. Dans les autres pays, le D7 est la règle.
- Le tracteur à pneus effectue un transport à vitesse élevée, sur piste aménagée à cet effet.

Note :

Les tracteurs à chenilles utilisent une fois par jour la ou les pistes de débardage second pour aller se ravitailler bord route : en même temps, ils débardent les bois trop lourds pour les engins à pneus et nettoient la piste.

434.43 - Parcs à grumes - tronçonnage

Toute rupture de charge entre les phases de transport des bois nécessite un stockage tampon. Il a généralement lieu sur des parcs ouverts dans la forêt simplement bord route ou bord piste.

- **Débardage en une phase** : les parcs sont situés bord route camion et servent au tronçonnage et au stockage des bois ainsi qu'au chargement des grumiers.

Sauf exceptions, correspondant à la nécessité de fractionner des arbres trop lourds ou à un choix technique de certains chantiers, le tronçonnage n'a pas lieu au pied de l'arbre où les conditions de travail sont mauvaises et la surveillance difficile.

Les tracteurs débardent donc le plus souvent des fûts complets ou purgés de gros défauts à une extrémité.

- **Débardage en deux phases** : 2 types de parcs sont ouverts :

- Entre débardage premier et second, bord piste tracteurs à pneus. C'est là en général qu'a lieu le tronçonnage. Les tracteurs à chenilles débardent alors des fûts complets et les tracteurs à pneus des billes façonnées ; leur charge est ainsi limitée.
- Bord route : existe un parc tampon servant au chargement des camions. Quelques réfections sur les billes y sont toutefois effectuées.

434.5 - Production des tracteurs

Nous distinguerons d'une part :

- Terrain de caractéristiques faciles ou moyennes (ex. : Côte d'Ivoire - Est Cameroun) et
Terrains accidentés (ex. : Gabon, 2ème zone),

d'autre part :

- Tracteurs à chenilles et Tracteurs à pneus,

enfin :

- Débardage en une et deux phases : cette distinction résulte des précédentes.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

La production des tracteurs sera donnée

- à l'heure chrono effectivement consacrée au débardage,
- à l'heure horomètre des compteurs des engins telle que les chantiers la relèvent,
- à la journée de travail.

Ces productions seront fournies en tonnes de façon à leur donner un caractère général indépendant de la densité des bois.

Nous distinguerons quand ce sera nécessaire

- les tonnages bruts effectivement débardés par les engins,
- les tonnages marchands des billes après tronçonnage.

Il est, en effet, évident que les tracteurs débardent des volumes marchands plus un pourcentage de rebuts abandonnés sur parc lors du tronçonnage.

Les résultats qu'on trouvera ci-après résultent de chronométrages plus ou moins étendus, qui ont fait l'objet d'un dépouillement statistique² donnant, dans chaque cas, le temps de rotation du tracteur en fonction de sa charge utile et de la distance de débardage. La production horaire en a été déduite.

434.51 - Débardage en une phase en terrain facile ou moyen (cas de la Côte d'Ivoire par exemple)

La référence à la Côte d'Ivoire ne doit pas être considérée comme la référence à un pays, mais à un type de terrain qu'on rencontre fréquemment ailleurs. La même réflexion pourra être faite pour les relevés effectués dans d'autres contrées.

A - Tracteurs à chenilles

Les conditions étudiées correspondent à des densités de réseaux routiers de l'ordre de 8 à 10 km de routes pour 1 000 ha de forêt desservie.

² Calculs de régression multiple donnant le temps de rotation en fonction de la distance et de la charge.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Matériel utilisé

La dimension courante des arbres et le type de terrain font que le tracteur type D7 est généralement utilisé.

Rotation du tracteur

- Distance moyenne : 370 mètres. 90 % des rotations sont effectuées sur moins de 750 m.

- Exemple de décomposition de la rotation (pour la distance moyenne)

Aller à vide :	5,3 minutes
Ouverture de piste :	2,0 "
Mise en place du tracteur pour débusquage :	3,7 "
Elingage et débusquage :	5,3 "
Trajet en charge :	7,9 "
Désélingage et rangement bille sur parc :	2,9 "
Incidents :	0,2 "
	<hr/>
	27,3 minutes

Charges utiles des tracteurs

Elles dépendent essentiellement de la composition de la forêt, en effet les tracteurs emportent le plus souvent un arbre par rotation, c'est la taille de cet arbre qui conditionne la charge utile.

Les résultats ci-dessous sont exprimés :

- en tonnage brut effectivement débardé : les arbres complets sont transformés sur parcs en billes marchandes.

Le rapport $\frac{\text{Tonnage (ou vol.) marchand : billes}}{\text{Tonnage (ou vol.) effectivement débardé}}$ varie considérablement.

On peut retenir un ordre de grandeur de 0,7 à 0,75 comme fréquent.

Charges utiles moyennes :

Engins étudiés	Tonnage brut moyen effectivement débardé	Tonnage marchand si coefficient 0,7
D7 de 200 ch.	12,7 tonnes	8,9 tonnes
D8 H de 300 ch.	15,2 tonnes	10,6 tonnes

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Les charges les plus courantes s'échelonnent de 4 à 25 tonnes.

Production des tracteurs - voir tableau 434.51 a

Les relevés de terrain ont conduit au calcul du tonnage brut débardé à l'heure chrono effectivement consacrée au débardage (ligne 2). On en a déduit, par application de coefficients réalistes, les résultats des lignes 4 et 5, seuls utilisables en pratique et qui correspondent à ce qu'enregistrent les rapports de chantier. On retrouve d'ailleurs des résultats comparables dans de tels rapports. Mais des écarts importants sont aussi possibles. en particulier si les coefficients sont différents ou si les conditions de travail sont plus difficiles.

La ligne 5 correspond à 7,1 h horomètre de fonctionnement journalier au tracteur, soit environ 6 h20' chrono.

Tableau 434.51a - Production D7 - 200 ch au débardage. Terrain facile ou moyen

Distance débardage	350 m			500 m	
	8 t	10 t	12,5 t	10 t	12,5 t
Tonnage brut par voyage	8 t	10 t	12,5 t	10 t	12,5 t
Tonnage marchand (x 0,7)	5,6 t	7 t	8,8 t	7 t	8,8 t
1 - Durée de la rotation en minutes	25	27	32,5	35	36
2 - Production : tonnage brut débardé à l'heure de débardage effectif	19 t	22 t	26 t	17 t	17 t
3 - Tonnage marchand à l'heure de débardage effectif coeff. : $\frac{\text{marchand}}{\text{brut}} = 0,7$	13 t	16 t	18 t	12 t	14 t
4 - Tonnage marchand à l'heure horomètre global (de rapport de chantier). coeff. : $\frac{\text{temps débard. eff.}}{\text{temps}} \text{ global} = 0,7$	9 t	11 t	13 t	8 t	10 t
5 - Production journalière (tonnage marchand) sur la base de 5 h de débardage effectif : (5) = (3) x 5 arrondi	65 t	80 t	90 t	60 t	70 t

Note 1

Equation, obtenue par régression, utilisée pour les calculs :

$$z \text{ (temps de rotation en minutes)} = - 1,04 + 1,27 x + 0,05 y - 0,026 x^2$$

x = charge utile brute (tonnes)

y = distance débardage (mètres)

A - Tracteurs à pneus

Les conditions étudiées correspondent à des réseaux routiers identiques à ceux mentionnés pour les tracteurs à chenilles : 8 à 10 km pour 1 000 ha.

Les conditions de terrain sont voisines de celles qu'on rencontre en Côte d'Ivoire.

Matériel utilisé

- Tracteurs de 120 - 130 ch, pesant 8 - 9 t.
- Tracteurs de 180 ch, pesant 12 t.

Rotations moyennes des tracteurs

Il faut distinguer deux cas :

- Les tracteurs empruntent à chaque voyage les pistes existantes et à partir de celles-ci vont jusqu'au pied des arbres à débarder en ouvrant eux-mêmes leur chemin à travers la forêt. C'est le débardage avec ouverture de pistes par des tracteurs à pneus (OP)
- Les tracteurs ne circulent que sur des pistes déjà ouvertes : à partir des pistes existantes jusqu'au pied à débarder, un tracteur à chenilles prépare le passage des tracteurs à pneus, en même temps qu'il effectue son propre travail de débardage. C'est le débardage sur pistes ouvertes (O).

Le tableau ci-après résume un certain nombre de moyennes observées.

Types d'engin (ch)	Avec ouverture pistes		Pistes ouvertes	
	130	180	120	180
Distance moyenne étudiée (mètres)	320	290	563	300
- trajet à vide	5,9	2,2	10,01	2,8
- ouverture de piste	3,2	7,5	-	-
- mise en place pour débusquage	1,2	5,9	1,7	2,1
- élingage	5,5	2,8	3,4	1,9
- débusquage	3,5	0,9	2,4	1,1
- trajet de charge	11,5	4,9	11,2	3,6
- désélingage et rangement billes sur parc	2,9	2,0	1,3	2,2
- incidents	-	0,4	-	0,4
TOTAL	33,7	26,0	30,0	14,1³

³ Un tracteur à chenilles ouvrait les pistes, mais en même temps effectuait une préparation de pieds à débarder.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Les distances de débardage les plus courantes se situent entre 100 et 600 m. 90 % des rotations ont lieu sur moins de 1 150 m.

Charges utiles des tracteurs

Les charges moyennes constatées sont exprimées en tonnage brut effectivement débardé (supérieur au tonnage marchand, sauf s'il y a tronçonnage à la souche).

Tracteurs	Tonnage brut	
	Moyenne	Eventail le plus fréquent
Tracteurs 130 ch	4,7 à 4,8 t	2 à 10 t
Tracteurs 180 ch	8,4 à 10,4 t	4 à 13 t

Production des tracteurs

Des résultats assez caractéristiques ont été réunis dans le tableau ci-après.

$$\text{On a pris un rapport } \frac{\text{Volume marchand}}{\text{Volume débardé}} = 0,7.$$

Ce rapport est très variable en pratique.

Nous avons admis aussi que le tracteur débardait effectivement pendant 80 % de son temps de fonctionnement.

Ce qu'un rapport de chantier enregistre (production marchande à l'heure horomètre) correspond à la ligne 4 du tableau.

Ligne 5 : 5,25 h de débardage effectif correspondant à 6,5 h horomètre de travail journalier (toutes occupations réunies).

**Tableau 434.51b - Production des tracteurs à pneus au débardage en une phase
Terrain facile ou moyen**

Type de tracteur	130 ch		180 ch			
Distance débardage (m)	350		350		500	
Type de piste :						
Ouverture de pistes par le tracteur à pneus.	OP	-	OP	-	OP	-
Piste ouverte par chenillard	-	O	-	O	-	O
Charge utile brute en tonnes	4,5	4,5	9	9	9	9
1 - durée de la rotation en minutes	33	24	27	15	35	19
2 - production : tonnage brut à l'heure de débardage effectif	8	11	20	35	15	29
3 - tonnage marchand à l'heure chrono de débardage effectif Coeff.: $\frac{\text{marchand}}{\text{brut}} = 0,7$	6	8	14	25	11	20
4 - tonnage marchand à l'heure horomètre global (de rapport de chantier). Coeff.: $\frac{\text{chrono débard eff.}}{\text{horomètre global}} = 0,8$	4,5	6,5	11	20	9	16
5 - production journalière (tonnage marchand) sur la base de 5,25 h chrono de débardage effectif (5) = (3) x 5,25	30	40	75	100	55	105

Note : Equations, obtenues par régression, utilisées pour les calculs

z = Temps de rotation (mn) x = Charge utile brute (t) y = distance débardage (m.)

Tracteurs 130 ch

Avec OP : $z = 10 + 0,05 y + 0,3 x^2$ Pistes ouvertes (O) : $z = 11,26 - 2,10^{-6} y^2 + 8,5 \cdot 10^{-3} xy$

Tracteurs 180 ch

Avec OP : $z = 16,15 - 0,014 x^2 + 4,10^{-5} y^2 + 2,10^{-3} xy$

Pistes ouvertes (O) : $z = 1,37 + 1,13 x + 0,012 y - 0,027 x^2 + 8 \cdot 10^{-6} y^2 + 2,6 \cdot 10^{-4} xy$

434.52 - Débardage en deux phases en terrain accidenté (cas du Gabon)

La densité du réseau routier varie de 4 à 6 km pour 1 000 ha ; il est prolongé en forêt par un réseau de pistes pour tracteurs à pneus. Les tracteurs à chenilles sont utilisés de la souche aux pistes pour tracteurs à pneus (ou directement jusqu'à la route dans les zones proches de celle-ci). Ces derniers ne circulent donc que sur ces pistes, ouvertes au bulldozer, plus ou moins sommairement.

A - Tracteurs à chenilles au débardage premier

L'étude effectuée résulte du chronométrage et de l'analyse de plus de 1 000 rotations de tracteur.

Matériel utilisé :

Au Gabon, la taille des arbres et leur densité (Okoumé $d = 0,6$) font que des engins type D6 C et D7 sont utilisés. Le D6 a pour lui l'avantage de sa "légèreté".

Rotation du tracteur

- distance moyenne : 300 à 400 m,
- éventail des distances : 50 à 1 000 m (et plus),
- décomposition de la rotation.

Aller à vide :	5 à 7	minutes
Ouverture de pistes :	2 à 3,5	"
Mise en place pour débusquage :	2 à 8,8	"
Elingage :	1 à 4,5	"
Débusquage :	13 à 6	"
Trajet en charge :	9 à 13,8	"
Désélingage et rangement sur parc :	2 à 3,4	"
Incidents :	0,2 à 1,3	"
	<hr/>	
TOTAL	30 à 40	minutes

Charges utiles des tracteurs

	Tonnage brut effect. débardé	Tonnage marchand
D6 (140 ch) Moyennes Fourchette	4,5 à 6,5 tonnes 1,2 à 15 tonnes	3,2 à 4,8 tonnes
D7 (modèles de 160 à 200 ch) Moyennes Fourchette	4,9 à 6,5 tonnes 1,2 à 18 tonnes	3,2 à 5 tonnes

Il est évident que ces tonnages sont conditionnés par la dimension des arbres existant en forêt qui, ici, sont relativement légers (densité 0,6 pour l'Okoumé qui représente la grande majorité de la production).

Le rapport : $\frac{\text{Tonnage marchand}}{\text{Tonnage brut débardé}}$ se situe entre 0,7 et 0,75

dans tous les cas, où on tire des arbres complets ou presque, avant tronçonnage.

Production des tracteurs

Les résultats les plus caractéristiques sont résumés dans le tableau qui suit ; Il se lit de la même façon que les tableaux analogues qui précèdent.

Mais ici plus qu'ailleurs, en raison des difficultés très variables du terrain, le tableau n'a valeur que d'ordre de grandeur moyen, autour duquel les variations concrètes sont importantes.

L'exemple retenu concerne le D6 de 140 ch. Un D7 ne donnerait pas une production très sensiblement différente.

Comme dans les autres tableaux, ce sont les lignes 4 et 5 qui sont les plus utiles : la ligne 4 correspond à ce qu'enregistrent les chantiers.

La ligne 5 correspond à 6,5 h de fonctionnement journalier du tracteur.

**Tableau 434.52a - Débardage en deux phases. Production tracteurs à chenilles
140 ch au débardage premier. Terrain accidenté**

Distance débardage	200 m		350 m				500 m	
	Tonnage brut par voyage	4 t	6 t	3 t	4 t	6 t	8 t	4 t
Tonnage marchand (x 0,7)	3 t	4,5 t	2 t	3 t	4,5 t	5,5 t	3 t	4,5 t
1 - Durée de la rotation en minutes.	27	31	32,5	34	38	42	41	45
2 - Production : tonnage brut débardé à l'heure de débardage effectif.	9	12	5,5	7	9,5	11,5	6	8
3 - Tonnage marchand à l'heure de débardage effectif. marchand coeff. : $\frac{\text{marchand}}{\text{brut}} = 0,7$	6	8	4	5	6,5	8	4	5,5
4 - Tonnage marchand à l'heure horomètre global (de rapport de chantier) coeff. : $\frac{\text{temps débard. eff.}}{\text{temps global}} = 0,7$	4,5	6	3	3,5	4,5	5,5	3	4
5 - Production journalière (tonnage marchand) sur la base de 5 h de débardage effectif : (5) = (3) x 5	30	40	20	25	30 à 35	40	20	25 à 30

N.B. Equation utilisée obtenue par calcul de régression

z = Temps de rotation (en minutes)

x : charge utile brute (tonnes)

y : distance débardage (mètres).

$$z = 8,3 + 2,2 x + 5,56.10^{-2} y - 6,1.10^{-2} x^2 - 19,1.10^{-6} y^2 + 0,96.10^{-3} xy$$

Les productions précédents peuvent se traduire pour le chronogramme suivant.

B - Tracteurs à pneus au débardage second

L'exemple étudié est toujours celui du Gabon, bien que le débardage second se pratique dans d'autres pays. Il s'agit de terrain accidenté.

Matériel utilisé

Les trois catégories de tracteurs dont nous avons parlé précédemment, sont utilisées au débardage second.

- 100 ch type : Timberjack 240,
- 120-130 ch type : Caterpillar 518, Franklin 170,
- 170 ch type : Caterpillar 528, Timberjack 550.

Nous donnerons ci-dessous les résultats d'études effectuées sur des engins de 100 ch et de 130 ch.

Rappelons que le débardage second est exclusivement **effectué sur pistes déforestées et terrassées**.

Rotation des tracteurs

Des chronométrages ont donné les résultats moyens suivants

. Distances de débardage

Elles atteignent et dépassent 2 000 m. Mais, en moyenne, elles restent inférieures à 1 500 m.

Exemple de décomposition de rotations moyennes.

Engin Distance moyenne	100 ch 1 380 m	130 ch 900 m
Trajet à vide	8'	6'
Vitesse apparente	10,4 km/h	8,5 km/h
Mise en place pour débusquage	0'25"	2'
Elingage	4'40"	5'
Trajet en charge	10'	9'
Vitesse apparente	8,2 km/h	6,3 km/h
Désélingage et rangement sur parc	2'30"	2'
Incidents	0'25"	PM
TOTAL	26'	24'

Charges utiles des tracteurs, débardage en majorité d'Okoumé de densité 0,6.

Tracteurs	100 ch	130ch
Charges moyennes constatées	2,9 t	3,5 à 4,8 t
Charge maximale correspondant aux caractéristiques du tracteur	5 t	6,5 à 7 t

En principe, ces tonnages sont des tonnages marchands, puisque le tronçonnage a lieu entre le débardage premier et le débardage second.

En fait, il faut tenir compte d'une légère réfaction pour élimination de quelques rebuts bord route.

Production des tracteurs

Les résultats les plus caractéristiques, résultant de chronométrages, sont résumés dans les tableaux suivants. Mais la réalité de chaque chantier peut varier considérablement, notamment selon les difficultés.

Nous avons distingué, pour les engins de 130 ch deux types d'état des pistes : mouillé et sec.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Pour les engins de 130 ch, si on veut retenir des ordres de grandeur moyens, on peut noter les productions suivantes :

Distance débardage	Tonnage à l'heure de débardage effectif	Tonnage à l'heure horomètre	Tonnage par journée de 5,25 h de débardage effectif
(m)	(t)	(t)	(t)
500	11 à 12	9 à 10	60 à 65
750	9 à 11	7 à 9	50 à 55
1 000	8 à 10	6,5 à 8,5	40 à 50
1 250	7 à 9	6 à 8	35 à 45
1 500	6 à 8	5 à 6,5	30 à 40
2 000	5 à 7	4 à 5,5	25 à 35

Production des tracteurs à pneus au débardage second

Type d'engin	100 ch		130 ch			130 ch	
Etat du sol	Sol mouillé ou détrempé		Sol mouillé			Sol sec	
Charge utile en tonne	3 t		3 t	4 t		4 t	
Distance	500 m	1 250 m	1 250 m	500 m	1 250 m	500 m	1 250 m
1 - Durée de rotation en minutes	15	24	34	23	38	20	25
2 - Production : tonnage à l'heure de débardage effectif.	12	8	5	11	6	12	10
3 - Tonnage à l'heure horomètre globale (de rapport de chantier) à : temps débardage coeff. $\frac{\text{temps débardage}}{\text{temps global}} = 0,8$	10	6	4	9	5	10	8
4 - Production journalière sur la base de 5,25 h de travail effectif. (4) = (2) x 5,25	65	40	30	55	35	65	50

N.B. : Equations utilisées obtenues par calculs de régression :

z = temps rotation (minutes) x = charge utile brute (tonnes) y = distance débardage (mètres)

$$100 \text{ ch} : z = 8,86 + 0,01 y$$

$$130 \text{ ch sol mouillé} : z = 0,63 + 3 x + 1,9 \cdot 10^{-2} y + 1,5 \cdot 10^{-4} xy$$

$$130 \text{ ch sol sec} : z = 17,5 + 2 \cdot 10^{-6} y^2 + 0,8 \cdot 10^{-3} xy$$

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

On remarquera que nous avons confondu tonnage débardé et tonnage marchand.

Un tracteur de 100 ch peut donner des résultats supérieurs à ceux d'un engin de 130 ch utilisé dans des conditions plus difficiles. Il n'en reste pas moins que le 130 ch a l'avantage d'une réserve de puissance indispensable s'il y a une certaine proportion de grosses billes.

Sur sol sec, le temps par rotation varie peu avec la charge utile ; en conséquence, la production croît vite si cette charge augmente (avec 5 t de charge sur 500 m, la production atteint 12 tonnes/heure horomètre).

434.53 - Exemple relevé au Cameroun

Sur une piste de débardage second sans relief notable, en saison sèche, nous avons relevé l'emploi de tracteurs de 130 ch avec des charges utiles élevées, de l'ordre de 6,5 t en moyenne. La production horaire constatée est très élevée, cela vient illustrer ce qui a été dit à la fin du paragraphe précédent.

Sur une distance de 1 250 m pour 6,5 t de charge :

- temps de rotation : 23 minutes,
- production à l'heure horomètre : 13,5 tonnes.

434.6 - Tracteurs à chenilles ou tracteurs à pneus ?

Le problème se pose différemment selon qu'il s'agit de débardage en une ou deux phases.

Débardage en deux phases

En terrain difficile, où cette méthode s'impose, il n'y a pas concurrence entre les deux types de matériels : chacun a sa place à laquelle il est mieux adapté que l'autre.

La comparaison de productions dans les tableaux précédents montre qu'il faut couramment deux tracteurs à chenilles pour alimenter un tracteur à pneus circulant sur piste⁴. Ceci est d'autant plus vrai que, bord route camion, les tracteurs à pneus n'ont, assez souvent, pas à intervenir : le débardage à chenilles est direct (une phase).

⁴ Exemple : D6 sur 350 m avec charge brutale de 6 tonnes (4,5 utile) : 4,5/heure horomètre.
Tracteur à pneus sur 500 m avec charge 4 tonnes : 9 t/heure horomètre sur sol mouille et 10 t/heure sur sol sec.

Débardage en une phase

C'est là que se manifeste la concurrence entre chenilles et pneus. Quand on examine les tableaux du paragraphe 434.51 on voit que le tracteur à pneus de 180 ch débarde autant et souvent plus qu'un D7 à charges et distances égales.

L'association entre les engins est la meilleure formule

- Tracteurs à chenilles effectuant toute la pénétration en forêt en même temps qu'il débarde. (débardant tous les bois les plus gros).
- Engin à pneus débardant tous les bois les plus petits.

Dans ce schéma la chenille conserve une place primordiale, confirmée par sa polyvalence, qui est très importante. Le pneu apporte un appoint substantiel.

Le pneu est intéressant sur chantiers assez gros pour qu'il y ait place pour les deux types d'engins. Sinon on utilisera le chenillard seul. En effet le plein emploi du tracteur à pneus (à raison de 15 t/heure horomètre, par exemple) suppose qu'on ait au moins une production de 15 à 20 000 tonnes à lui affecter par an.

434.7- Charges utiles maximales des tracteurs

L'expérience montre ce qui suit

Tracteurs à pneus : pour les engins de 100 à 170 ch, la charge maximale pratique est égale au poids des engins, par souci de ne pas user prématurément les matériels, soit :

- Tracteur 100 ch : 5 - 7 tonnes
- Tracteur 120 - 130 ch : 8 - 10 tonnes
- Tracteur 180 ch : 11 à 13 tonnes

Tracteur à chenilles : ces engins sont beaucoup plus robustes et peuvent tirer des billes très lourdes. On peut admettre aussi qu'ils débardent leur propre poids, avec peine en terrain accidenté, couramment en terrain facile (surtout avec arche).

44 - Manutentions et chargement des véhicules de transport

Les grumes étant façonnées en billes marchandes sur parc bord route, il faut les charger sur camion pour les transporter. Avant cela, des manutentions sont nécessaires sur le parc pour faciliter le tronçonnage, ranger les grumes, les trier, les stocker.

Des manutentions sont également nécessaires entre phases successives de transport :

- entre deux transports routiers,
- entre transport routier et transport ferroviaire,
- entre transport routier et transport par eau.

Enfin des manutentions ont lieu au point d'aboutissement du transport : parc de scierie, port, etc...

441- Manutentions sur parc en forêt - Généralités

Elles ont lieu sur un sol déforesté, sommairement nivelé, en général non compacté (si ce n'est par le passage des engins) et non amélioré.

Elles doivent répondre à un certain nombre de conditions plus ou moins contradictoires :

- Masses unitaires importantes (moyennes : Okoumé 3,5 t, Méliacées : 5 t, mais en fait maxima moyens beaucoup plus élevés : Okoumé 7 à 8 t, Méliacées : 12 à 15 t).
- Emplacements de chargement en terrain plus ou moins inégal, souvent humide.
- Emplacements de chargement dispersés (donc matériel mobile) : un parc correspond de 300 à 2 000t.
- Nécessité de charger rapidement des camions de 20 à 35 t de charge utile.
- Cadences mensuelles donc journalières limitées. Les chantiers sont de toutes tailles mais sur un même parc la production varie de quelques milliers de mètres cubes par mois à au plus 10 000 m³.

Il peut être difficile de trouver du matériel satisfaisant à toutes ces conditions ; c'est souvent le cas pour des niveaux de production inférieures à 3000 m³/mois. Au-dessus la solution du problème est plus aisée.

Ces difficultés expliquent le grand nombre de procédés de chargement qui ont vu le jour par le passé. Mais depuis que la taille des chantiers s'est accrue, le nombre de procédés de manutention mis en oeuvre a diminué.

Nous procéderons d'abord à un rappel des procédés de manutention développés par le passé et parlerons ensuite de ceux qui sont actuellement utilisés.

442 - Méthodes de manutentions diverses utilisées par le passé en forêt

On peut les classer en trois catégories

- chargement par engin de levage,
- chargement par le côté du camion, en faisant rouler les grumes.
- préchargement.

442.1 - Manutentions et chargement par engins de levage

Les engins mobiles de levage sont de plus en plus utilisés à mesure que croît la production des chantiers.

442.11 - Chargeurs réalisés à partir de camions

En Afrique, ce matériel a été utilisé sur certains chantiers même importants. Il ne l'est pratiquement plus. Dans d'autres régions du monde, il est encore d'emploi courant.

Un camion de type "surplus" (G M C - Diamond ...) est équipé à l'arrière d'une flèche verticale coudée à son extrémité. Un treuil actionne un câble passant sur cette flèche.

On dispose ainsi d'un engin de levage (type "Karry Crane") utilisable de façon analogue à un chargeur. Il se déplace avec sa charge. Si celle-ci est trop lourde, ou que l'espace de manoeuvre manque, c'est le camion grumier qui manoeuvre et vient se placer en face de la grume levée.

Le camion chargeur est peu maniable et lent. Le positionnement des grumes se fait souvent mal et les manoeuvres sont longues.

C'est un matériel relativement peu onéreux et réalisable par les moyens d'un bon atelier : c'est la raison de son succès relatif.

442.12 - Câble aérien et treuil

Ce matériel, dérivé des dispositifs de débardage par câbles américains (High lead), s'est développé dans les pays anglophones de l'Afrique tropicale.

Le crochet de levage est placé à la jonction de deux câbles montés en va-et-vient entre deux poulies : une poulie haute accrochée à un mât ou mieux un arbre hauban-né (à 20 m de haut environ), et une poulie basse accrochée à une souche de l'autre côté du parc de chargement (soit à 100 m de distance environ). Le câble est mis en mouvement à l'aide d'un treuil puissant à deux tambours placé sur patins en bois équarris et ancré au sol. En agissant simultanément sur les deux tambours (traction sur le câble haut, freinage du câble de retour), on déplace le crochet dans un plan vertical.

Caractéristiques :

- Procédé très puissant : (grumes de 10 à 12 t) et très robuste.
- L'installation demande une journée.
- Action très rapide (2mn par grume), jusqu'à 80 m³/heure.
- Convient à un parc assez stable : au moins 8 jours d'activité.
- Convient à un chantier important.
- Exige un personnel peu nombreux 4 hommes (1 treuilliste, 1 chef d'équipe, 2 aides).
- Investissement d'importance moyenne : treuil et agrès.

Les grumes doivent être amenées sous le câble par un tracteur.

Ce procédé suppose un personnel entraîné à l'emploi d'un dispositif à câble. Par sa nature, ce matériel pêche par manque de mobilité. Il faut des parcs importants, donc une forêt riche ou un débardage relativement long pour rassembler les bois.

Treuils et câbles aériens mobiles

Sous une version moins puissante, le principe ci-dessus a été utilisé à partir d'un matériel léger de débardage par câble ("Logger's dream" construit dans le Sud Est des USA).

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

L'ensemble est monté sur un châssis de camion et conçu comme suit :

- flèche d'environ 10 m non orientable montée sur le châssis de camion,
- stabilité assurée par ancrage de l'avant du châssis et haubanage de la flèche sur des souches,
- crochet monté sur câble va-et-vient animé par un treuil à double tambour monté sur le châssis, comme dans le procédé ci-dessus.

Caractéristiques :

- Matériel plus mobile que le précédent puisque tout l'équipement est sur châssis de camion.
- Puissance limitée (grumes de 3 à 5 t, au maximum 8 t).
- Engin assez lent parce que peu puissant.
- Limité à de petits chargements, car la hauteur de levage est faible et matériel trop peu puissant pour des billes longues et lourdes.

442.2 - Préchargement

Le principe du préchargement consiste à préparer la charge de chaque camion au sol et à la lever en une fois.

Il comporte deux phases successives distinctes :

- le rassemblement préalable au sol des différentes billes composant la charge, hors de la présence du véhicule transporteur,
- la mise à bord du véhicule de l'ensemble de la charge par un appareil de levage puissant, mais lent parce que très démultiplié. Lorsque la charge est levée, le camion vide recule dessous.

Cette méthode n'immobilise le véhicule que pour une durée réduite. Elle exige dans tous les cas l'aide préalable d'un tracteur pour rassembler au même point les différentes grumes entrant dans la composition de la charge.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Elle a été mise en oeuvre dans les dispositifs suivants.

442.21 - La chèvre

Le levage est ici manuel, effectué à l'aide d'un palan à main.

La chèvre est constituée par trois perches de 6 à 8 m liées à leur sommet par une élingue en câble soutenant un palan à chaînes.

Caractéristiques :

- Capacité de 8/10 tonnes.
- Convient à une main d'oeuvre peu qualifiée, mais abondante et bon marché.
- Convient aux camions petits porteurs.
- Convient à un chantier peu important.
- Investissement peu coûteux en équipement.
- Chargement lent.

Ce procédé a été utilisé dans les années cinquante.

442.22 - Mat ou bigue en A

L'appareil est constitué par une ou deux perches de 8 m x 30 cm maintenues inclinées par un câble reliant la tête des perches à un arbre utilisé comme point fixe.

Il a été utilisé manuellement avec un palan avec les mêmes limitations de charge que ci-dessus.

La bigue a été réalisée sous une forme plus puissante avec un treuil à moteur agissant sur un mouflage.

Caractéristiques :

- Capacité de 20 à 25 tonnes.
- Convient à une main d'oeuvre peu qualifiée.
- Convient aux billes lourdes.
- ne convient qu'à un parc assez stable.

L'intervention d'un tracteur est nécessaire entre chaque chargement pour mettre en place les grumes sous la bigue.

442.23 - "Grue à béquilles" ou chèvre mobile motorisée

Elle se comporte comme une chèvre dont l'un des trois montants est constitué par une flèche de 6 à 8 m placée en porte-à-faux à l'arrière d'un camion (type grumier réformé). Les autres montants de la chèvre dits "béquilles" sont des perches ou des tubes métalliques mobiles, accrochés en haut de la flèche.

Le camion sert à entraîner le treuil de levage et à déplacer la chèvre : les "béquilles" sont alors ramenées le long de la flèche.

Caractéristiques :

- Capacité 15 à 25 tonnes.
- Convient à une main d'oeuvre peu qualifiée.
- Très mobile, action rapide.
- Peut convenir aux chantiers importants.
- Investissement modéré.

Un tracteur prépare au sol, disséminés sur le parc, les chargements de camions. La grue se déplace pour lever chaque charge ; le camion grumier recule dessous.

442.24 - Considérations générales

Les conditions d'emploi sont les suivantes :

	Puissance	Durée de chargement (mn)	Rendement journalier (t)	Heures de tracteur	Equipe
Chèvre	8/10 t	40/60	20	1	7 ouvriers
Mat et Bigue	20/25 t	25/25	150	4	6 ouvriers
Grue à béquilles	15/25 t	25/35	200	5	7 ouvriers

Tous les procédés de préchargement sont exigeants en présence de tracteurs pour préparer les charges. La mise à bord de camions n'est jamais aussi simple qu'il peut y paraître, car la charge ne se place pas toujours exactement où on le désirerait.

Les méthodes de préchargement ont pratiquement disparu maintenant.

442.3 - Chargement sur le côté

Cette méthode comporte les transferts successifs de chaque bille depuis le sol jusque sur les traverses du train-grumier en les faisant rouler ou glisser parallèlement à l'axe du grumier.

Elle suppose la réalisation de rampes d'accès aux traverses des camions au moyen de perches réalisées en rondins prélevés en forêt.

442.31 - Chargement à la main. Pour mémoire

A condition de disposer d'un quai, de préférence en légère pente vers le véhicule à charger, le roulage manuel, grâce à des leviers réalisés en rondins, de grumes légères a été utilisé par le passé.

442.32 - Chargement au bulldozer (voir au paragraphe 443.2)

442.33 - *Chargement au câble*

Les grumes étant placées parallèlement au camion par un tracteur, on les fait rouler sur celui-ci grâce à un ou des câbles mûs par un treuil. Dans tous les cas, le ou les câbles partent du treuil, passent autour de la bille et viennent s'accrocher au camion à charger. Plusieurs systèmes ont été utilisés :

a - Un seul câble en Y

On dispose d'un treuil à un seul tambour. On passe autour de la grume une élingue en V de façon à guider celle-ci correctement. Les manoeuvres sont longues et délicates, car le guidage est imparfait. Le treuil est monté sur un tracteur (agricole, ou un tracteur type 4 x 4, etc...) équipé d'une bêche d'ancrage.

b - Deux câbles mûs indépendamment

Le dispositif est réalisé soit par deux tracteurs équipés chacun d'un treuil, soit par un tracteur équipé d'un treuil à deux tambours indépendants. Le contrôle de la grume est alors très bon.

c - Monte-grumes sur camion grumier

Nous en parlons ci-dessous.

Le monte-grumes peut être manuel grâce à un tambour avec cliquet, mû par un levier (ou manivelle). Un tambour équipe chaque traverse du grumier. Dispositif simple et peu onéreux, il ne convient qu'à de petites grumes et à de petites productions. Le chargement est très lent.

443 - Méthodes de manutention actuelles en forêt

Trois matériels sont les plus fréquemment utilisés :

- le monte-grumes mécanique,
- le bulldozer,
- le chargeur frontal.

Ils ont éliminé les procédés dont il a été question au paragraphe précédent. Parmi les méthodes ci-dessus, le chargeur frontal prend de plus en plus d'importance, car c'est lui qui donne la meilleure productivité.

Bien que ce procédé ne soit guère utilisé en forêt africaine, nous parlerons aussi du chargement à la grue.

443.1 - Monte-grumes mécanique

Il s'agit de l'adaptation aux conditions tropicales du monte-grumes mécanique qui a été très utilisé en Europe, en France en particulier.

Un treuil à deux tambours, à entraînement et à freinage indépendants, est situé derrière la cabine du camion. L'énergie est fournie par le moteur du camion, via la prise de force sur boîte de vitesse. Chaque tambour entraîne un câble, qui, par des poulies de renvoi, aboutit au sommet d'un rancher. On a donc deux commandes de levage indépendantes, pour la traverse à grumes du tracteur routier et pour la remorque : on obtient le meilleur guidage de la grume à charger.

a - Avantages

- Faible investissement par camion.
- Indépendance du camion qui se charge lui-même où et quand il veut. Facilite la récupération de billes isolées.
- Le chargement étant effectué par roulage de grumes demande (théoriquement) peu d'efforts.
- Les câbles servent au brêlage du chargement.
- Le monte-grumes permet au camion de se décharger lui-même.

b - Inconvénients

- Procédé relativement lent car il faut mettre en place les câbles pour chaque bille. D'autre part, les billes ne se placent pas toujours bien : des manoeuvres supplémentaires s'imposent alors. Sur de gros porteurs, le temps de chargement devient très long.
- Les billes ne sont généralement pas placées sur le parc de façon idéale. Le camion doit se déplacer en cours de chargement ... à moins d'être servi par un tracteur qui positionne les bois.
- Le procédé convient mal aux grosses billes, car les efforts à fournir deviennent excessifs.
- Si un chantier dispose d'une flotte de camions importante, effectuant peu de rotations (grande distance de roulage), l'investissement, sous la forme d'un monte-grumes par véhicule devient important. Chaque monte-grumes sert peu.
- Le poids mort de l'équipement monte-grumes n'est pas négligeable : plus de 1 tonne sur un gros grumier si on compte treuil, faux châssis, prise de force, câble, poulie, renforcement de ranchers, etc....

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- La préparation des billes à charger et leur disposition sur le terrain exige l'emploi d'un "tracteur de service" qui assure les manutentions, mais cette préparation peut être exécutée quand le camion n'est pas là.

c - Encombrement des ranchers

Cet aspect est important.

Les camions équipés de monte-grumes sont souvent munis de ranchers d'un seul côté. En effet, ceux-ci occupent de l'ordre de 15 cm, à l'intérieur du gabarit du camion : les grumes étant grosses, cette perte de largeur utile gêne la constitution du chargement. On limite donc les inconvénients en n'ayant des ranchers que d'un côté et en utilisant des cales de l'autre (ces cales permettent même de laisser des grumes déborder hors du gabarit).

L'encombrement d'un rancher n'est pas gênant sur des camions dont la largeur dépasse 2,50 m (jusqu'à 3,50 m au Gabon). Sinon la présence de ranchers devient un inconvénient grave au point d'empêcher le chargement normal des véhicules, si on a de grosses grumes.

Les ranchers doivent être fixes (soudés aux traverses) pour être d'une solidité suffisante : ceci impose aussi de n'en avoir que d'un côté.

d - Domaine d'emploi du monte-grumes

Il est pratiquement inconnu dans les pays où :

- les distances de transport sont grandes et les poids roulant limités,
- le gabarit de 2,50 m doit être utilisé dans toute sa largeur (sinon au delà),

Le monte-grumes s'est répandu au Gabon, parce que :

- les grumes sont relativement légères (Okoumé),
- le gabarit en largeur atteint couramment 3,50 m,
- les distances de transport par route ont été longtemps limitées,
- mais l'accroissement des distances, des productions unitaires, de la taille des grumiers, ont rendu le chargeur frontal préférable,
- sur des véhicules portant 30 t (soit 50 m³ en Okoumé), il est courant que le chargement au monte-grumes demande plus de 2 heures.

Le meilleur domaine d'emploi du monte-grumes est le chantier petit ou moyen, le camions de taille petite ou moyenne, de gabarit élargi, utilisé sur courte distance de roulage, avec des grumes légères.

443.2 - Chargement au bulldozer

Le principe est simple : le camion à charger se trouvant au bord d'un quai ou dans une "fosse", un bulldozer, avec sa pelle, pousse les grumes à charger, une par une sur les traverses.

Pour les 2 et 3ème rangées de grumes, des rampes en rondins sont utilisées.

Un procédé beaucoup moins fréquent (Indonésie) consiste à pousser sur le grumier (dans le sens de la longueur de ce dernier) des grumes préalablement disposées par le tracteur sur une rampe constituée de terre et de billes en corps mort.

a - Avantages

- Moyen de chargement puissant : peut charger n'importe quelle bille.
- Emploi d'un matériel existant : mais seuls les tracteurs à chenilles sont utilisables, les engins à pneus sont trop faibles ou ne "poussent" pas assez loin.

b - Inconvénients

- Présence indispensable d'un bulldozer en même temps que le camion pour chaque chargement : consomme beaucoup d'heures de tracteur.
- Procédé lent si les billes à charger sont nombreuses. La mise en place ne se fait souvent pas immédiatement comme on le veut : les manoeuvres nécessaires sont nombreuses.
- Chargement assez agressif pour le camion.

c - Domaine d'emploi

- Le chargement au bull convient aux petites cadences de production avec billes lourdes, puisqu'il met en oeuvre le matériel déjà existant.
- Pour des grumes de plus de 15 t (à moins de disposer d'un chargeur frontal très puissant) le chargement à la fosse est le seul praticable. Un bull (ou chargeur) pousse la bille.

d - Productivité

Toutes les manutentions sont effectuées par le bulldozer (ou le treuil) d'un engin type D7, en général. L'ensemble des opérations de tri, de stockage, de chargement proprement dit et de nettoyage du parc nécessite un nombre d'heures important. Un engin peut être affecté à plein temps, si la production est importante (pourquoi alors ne pas le remplacer par un changeur frontal).

Pour l'ensemble, la productivité à l'heure horomètre se situe aux environs de 20 m³/heure (soit 15 à 17 tonnes).

Ce résultat s'entend pour le chargement de grumes de l'ordre de 5 m³ en moyenne.

Le chargement au bull coûte donc le prix d'un débardage court.

443.3 - Chargeur frontal

C'est le procédé de manutention le plus moderne.

Les chargeurs frontaux employés en forêt sont tous des machines de travaux publics adaptées au travail forestier. Sur pneus, ils ont tous un châssis articulé.

Ils sont équipés d'une fourche à grumes éventuellement avec bras supérieur ("top clamp"), utile si on doit prendre plusieurs grumes à la fois, ou pour tenir la grume comme avec une main.

Des contrepoids sont placés à l'arrière pour obtenir la capacité de levage maximale.

Les premiers chargeurs frontaux introduits en forêt étaient sur chenilles (type 977 Caterpillar), car on estimait indispensable l'adhérence de ces dernières.

Puis les engins à pneus ont démontré leur capacité d'évoluer sur parcs bord route dans la majorité des cas. Ils présentent l'énorme avantage de la mobilité : achetés pour les manutentions de grumes, ils servent accessoirement à de nombreuses tâches :

- manutentions de matériaux routiers (avec le godet),
- manutentions de grumes ailleurs que sur parc en forêt,
- levages divers.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

On n'hésite pas à faire parcourir à ces engins plusieurs dizaines de km si besoin est.

S'il le faut, ils peuvent servir plusieurs parcs en même temps, en passant de l'un à l'autre à la demande.

a - Modèles utilisés : en se référant à la gamme Caterpillar, ce sont les suivants :

	Train roulement	Puissance	Poids engin nu	Capacité opérationnelle avec contrepoids ⁵
966 D	roues	200 ch	21 t	10 t
980 C	roues	270 ch	31 t	16 t
973	chenilles	210 ch	24 t	14,5 t

L'engin le plus répandu est le type 966 qui correspond aux conditions de beaucoup de chantiers (de même pour le type 973). Le 980 est une machine lourde correspondant aux besoins de l'exploitation de bois particulièrement pesants (exemple : Moabi, Azobé).

b - Capacité opérationnelle

Bien souvent la charge limite du chargeur est celle qui amène ses roues arrière à décoller du sol. Dans des conditions limites, il se déplace à vitesse rampante avec la grume à peine levée du sol, par mesure de sécurité.

La phase de chargement a lieu avec l'engin quasi immobile, ce qui améliore la stabilité.

Pour un levage entre 2 et 4 m de hauteur, la puissance des verins peut être le facteur limitant.

La capacité d'un chargeur dépend de beaucoup des facteurs :

- équipement (contrepoids - lestage des pneus à l'eau),
- diamètre des grumes (plus elles sont grosses, plus le centre de gravité de la charge est éloigné),
- hauteur de levage en cours de transport,
- position des fourches : horizontales ou basculées vers l'arrière,
- état du sol.

⁵Sol horizontal dur 70 % de la charge de basculement avec fourches redressées vers l'arrière et braquage maximum du demi-châssis arrière par rapport; au demi-châssis avant (position défavorable)..

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Ce dernier facteur influe beaucoup. Toute pente en direction de l'avant de l'engin diminue sa capacité de levage. En mauvais terrain, l'engin a tendance à s'enfoncer de l'avant, ce qui revient au même.

c - Avantages du chargeur frontal

- Mobilité.
- Rapidité de travail : les chargements sont non seulement plus rapides mais mieux faits (grumes mieux placées et éventuellement charges élevées),
- Effectue toutes les opérations sur parc mieux que les tracteurs : Il est conçu pour cela.
- C'est le procédé de chargement convenant aux chantiers importants. Il permet de charger sur grumiers un grand nombre de billes en un temps acceptable (par exemple 10 billes d'Okoumé pour obtenir un chargement de 35 t).

d - Inconvénients

- Nécessite de la place pour évoluer en charge.
- Puissance limitée : on n'achète jamais un chargeur frontal en fonction des quelques très grosses billes, mais en fonction d'un maximum moyen. Pour les billes exceptionnelles, on peut recourir au quai, en roulant la bille, ou encore au levage en deux manoeuvres (avec un chauffeur adroit !).

Il n'y a donc pas là d'inconvénient réel.

- Investissement : les chargeurs sont des machines coûteuses. Si on compare au prix d'un D7 (avec équipement forestier).

- . Un 966 C vaut environ 80 % du prix d'un D7.
- . Un 980 B vaut environ 120 % du prix d'un D7.

e - Choix du chargement au chargeur frontal

Les choses se présentent de la façon suivante :

- Choix par rapport au chargement au bulldozer

Le chargement au bull nécessite environ 1 h de D7 pour 20 m³ de production. Sur un chantier produisant 35 000 m³/an, 1 750 h de D7 seront nécessaires sur parc, soit l'équivalent d'un tracteur à plein temps. Pour un investissement comparable, il est préférable de le remplacer par

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

une machine spécialisée, plus efficace, mobile et qui est utile en outre pour des tâches annexes.

- Choix par rapport au chargement au monte-grumes

L'expérience montre que le chargeur est compétitif au delà de 30.000 m³/an sur un chantier.

f - Production sur parc en forêt

Les chiffres incluent le chargement, le tri et le stockage des grumes et toutes les opérations accessoires confiées au chargeur.

$$\text{Productivité horaire} = \frac{\text{Volume transite sur parc pendant une période}}{\text{heures horomètre totales pendant même période}}$$

Ils concernent le 966, engin le plus répandu (on aurait sensiblement la même chose avec le 973)

- Côte d'Ivoire : 27 à 33 m³ par heure soit 20 à 30 t/h (grumes de l'ordre de 5 m³).
- Gabon : 20 t/h (Okoumé, soit 30 à 33 m³/h) pour des grumes de 3,0 à 3,4 t ou 5 à 5,5 m³.
- Le temps de chargement proprement dit d'un camion est très inférieur aux temps ci-dessus : 20 à 30 minutes par véhicule.

443.4 - Grue en forêt

Dans les pays africains francophones, la grue a été utilisée localement ; elle ne l'est pratiquement plus.

- La mobilité exigerait l'emploi de machines sur porteur type camion, donc chères.
- Une grue ne travaille que "sous" sa flèche, ou à proximité. Elle exige un tracteur pour les opérations qu'elle ne peut effectuer.
- Elle est d'emploi moins diversifié qu'un chargeur frontal.

Avantages

- Très rapide au chargement, plus qu'un chargeur frontal.
- Très robuste.
- Peut opérer sur un espace réduit, ce qui est avantageux en terrain accidenté.

La grue est moins bien adaptée aux problèmes tropicaux de bois d'oeuvre que le chargeur, en particulier, à cause de la nécessité de travailler sur la surface d'un parc et de se déplacer beaucoup.

Elle est très utilisée en Amérique du Nord-Ouest et aux Philippines.

Equipement - Flèche à Talon

- Une grue peut être équipée avec une flèche classique : le levage se fait alors au moyen de deux élingues avec guidage manuel.
- L'équipement américain (et philippin) consiste en une flèche "à talon" ("heel boom") permettant une manutention dans de bien meilleures conditions.

La grue se situe sur la route, derrière le camion à charger. Par le procédé qu'on va décrire, la grume à charger est levée dans l'axe de la flèche.

- C'est une flèche basse, coudée, blindée à sa partie inférieure. La bille à soulever est accrochée en deçà de son centre de gravité par rapport à la grue. Son extrémité située côté grue se soulève donc la première et vient s'appuyer contre le dessous de la flèche. La bille se soulève ensuite entièrement en se trouvant liée à la flèche en deux points (câble et talon de la flèche) : elle peut être dirigée exactement comme on le désire sans le secours d'aucun élingueur. La flèche peut, elle-même, être levée ou abaissée, grâce à un mouflage spécial, tout comme une flèche ordinaire.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Pour déposer la grume on la laisse descendre, en relâchant le câble. Ainsi, l'extrémité la plus éloignée de la grue vient d'abord se poser sur la traverse du camion à l'endroit précis qui a été choisi par le machiniste en orientant sa grue et en levant ou baissant sa flèche.

En une seconde manoeuvre, en continuant à relâcher le câble, le machiniste place la seconde extrémité de la grume sur la traverse de la remorque. Le machiniste est également maître de choisir ce second emplacement en agissant sur la direction de sa grue.

L'accrochage de la grume peut être soit manuel, avec une pince à grumes, soit commandé par le grutier, avec un grappin.

Le centre de gravité de la grume est assez éloigné de l'axe de rotation de la grue, ce qui exige des machines puissantes.

La grue se plaçant derrière le camion, occupe peu de place. Etant sur la route, elle est sur un sol stable. Les grumes, elles sont bord de route, sur un terrain éventuellement non préparé. C'est très appréciable en montagne où la place manque.

La manutention par flèche à talon est très efficace et rapide. Elle se développe pour toutes les opérations sur bois longs qu'il s'agisse de bois d'oeuvre ou autres. Elle s'est répandue en France, avec du matériel hydraulique : le principe est le même.

444 - Déchargement des camions

Diverses méthodes ont été et sont encore utilisées.

444.1 - Déchargement au cric

A été beaucoup utilisé et l'est encore parfois. Le principe consiste, après enlèvement des cales d'un côté du camion et debrêlage, à déséquilibrer le chargement avec un cric puissant, à longue tige, reposant sur le sol ou sur une cale.

On utilise :

- un cric à manivelle,
- un cric type "MONKEY" particulièrement bien adapté aux travaux sur grumes.

Ce procédé de déchargement

- est relativement dangereux,
- est agressif pour le camion (sur un chargement de 3 billes, chute de la bille supérieure sur les traverses - risque de détériorer la flèche de l'attelage),
- ne convient bien qu'à des chargements constitués par un petit nombre de billes.

444.2 - Déchargement au monte-grumes

Après débrêlage, on passe les deux câbles du monte-grumes sous le chargement et on provoque sa chute.

Note :

Certains équipements sont pourvus de fausses traverses destinées à déséquilibrer la charge en la levant d'un côté par action des câbles. Ce système ne résiste pas aux grumes tropicales.

444.3 - Déchargement au chargeur frontal

On opère :

- soit en poussant la charge pour la faire tomber,
- soit en prenant les grumes une à une ou plusieurs à la fois : ce système offre toute garantie de sécurité.

444.4 - Déchargement à la bigue

Principe :

Une bigue en A, inclinée, haubanée, formée de deux poteaux de 10 m x 40 cm supporte un mouflage à 2 ou 4 brins. En face de la bigue, un quai arrive à peu près à la hauteur des traverses de camion. L'ensemble est actionné par un treuil type treuil de tracteur.

Fonctionnement

- Le camion à décharger vient se placer le long du quai, en face de la bigue.
- Sous le chargement, on passe deux câbles attachés en permanence au quai. Leur autre extrémité est accrochée au crochet du moufle.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

- Le chargement est débrêlé.
- Le treuil tend les câbles, ceux-ci soulèvent et déséquilibrent la charge qui est évacuée sur le quai. Celui-ci doit se prolonger par une rampe inclinée pour faciliter l'évacuation des grumes par gravité. Cette rampe aboutit :
 - . à l'eau, s'il s'agit d'une mise à l'eau de bois flottables,
 - . à un terre-plein où les bois sont repris par d'autres engins.
- L'extrémité supérieure de la bigue, c'est-à-dire le crochet du moufle doit se trouver au-dessus de l'axe du camion : on évite que la charge soit déséquilibrée avant d'être soulevée et que des billes tombent sur les traverses du camion.
- L'ensemble bigue, treuil et quai peut reposer sur un cadre en rondin, enterré, qui supporte le passage des camions. Ce cadre a l'avantage de solidariser l'ensemble.
- Le rebord du quai formé par une grosse bille doit toujours être solidement ancré. par des câbles passant autour de billes enterrées.
- Le déchargement à la bigue est très rapide, mais assez agressif pour les billes. Il est couramment utilisé au Gabon pour les mises à l'eau.

445 - Manutentions sur parcs d'usine, parcs de rupture de charge, parcs d'exportateurs, en gare, sur terre-plein de ports, etc ...

Nous parlons ici d'opérations qui n'ont pas lieu en forêt, mais souvent sur des points de rassemblement des bois.

445.1 - Chargeurs frontaux

C'est le matériel de base, le plus couramment utilisé :

a - Engins type Caterpillar 966, 980 (et 988)

Les modèles utilisés dépendent beaucoup de l'importance des parcs et bien entendu aussi du poids des grumes.

Sur des parcs où transite un gros volume, il faut s'équiper de machines suffisantes pour les gros bois, capables de porter couramment plusieurs billes. D'où l'intérêt de matériel puissant (250 à 300 ch.) avec fourches à "top clamp".

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

Ces engins peuvent effectuer toutes les opérations, ils sont particulièrement bien adaptés au tri.

Ce sont les matériels les plus répandus.

b - Log stackers

Des ports ont utilisé des machines plus puissantes capables de prendre tout le chargement d'un camion en une fois (Log Stacker Letourneau de 80 000 livres ou 35 tonnes de capacité).

Ces engins permettent un déchargement rapide de camions nombreux ou de wagons de chemin de fer.

Ils permettent en même temps une mise à l'eau également rapide de chargements complets ou, après tri, de non flottables.

Par contre, ces engins conviennent mal au tri des billes : leur puissance est alors inutile et ils sont trop encombrants.

c - Chariots élévateurs - Type Hyster

Avec des capacités de 9 t, puis de 15 pour un certain nombre d'unités, ces matériels ont été longuement utilisés pour les manutentions de grumes.

Ils ont souvent été remplacés par des chargeurs frontaux car leur robustesse est insuffisante pour la manutention intensive de grumes.

Par ailleurs, ils n'ont qu'un seul pont moteur et nécessitent un bon sol. Mais ils sont bon marché à l'achat.

445.2 - Portiques roulants - Ponts roulants - Derricks

- Utilisations portuaires

Portiques et derricks sont utilisés dans certains ports : ils conviennent au seul transfert des bois non flottables sur plates, mais on peut leur préférer les grues.

Ils ont très mal adaptés au tri des grumes à cadence élevée ; on ne les emploie plus à cette fin, ils sont trop lents.

- Parcs de scierie - Portiques - Ponts roulants

Ces engins sont utilisés en Europe sur parcs d'usines. Ils correspondent souvent à un équipement antérieur à l'apparition des chargeurs frontaux ou de chariots élévateurs de puissance suffisante ; ils répondent aussi au souci d'utiliser une superficie réduite pour un volume de stockage donné.

Un certain nombre d'installations tropicales ont repris le même type d'équipement, bien que les contraintes européennes n'y existent souvent pas.

445.3 - Grues

- Parcs de type portuaire de stockage et de tri

Des grues à flèche classique y sont utilisées. Elles ont l'inconvénient important de ne travailler que "sous leur flèche" : un moyen de brouettage est nécessaire.

Elles ont l'avantage de permettre un volume de stockage plus important à l'unité de surface et de faciliter la reprise au tas : il est en effet beaucoup plus facile, avec une grue (qu'avec un chargeur frontal) de choisir une bille donnée dans un tas important. Le chargeur oblige à dépiler un nombre de billes plus ou moins grand.

- Manutentions sur quai de batelage

Pour le transfert de billes déjà triées (acheminées sous flèche par chargeur frontal), de quai à plates, ou barge, la grue mobile (sur rails, ou sur pneus) est un engin très apprécié, souple d'emploi.

445.4 - Câble aérien de type "Blondin"

Le câble aérien a été utilisé et l'est encore comme moyen de manutention sur parc de scierie ou parc de rupture de charge (route - fer ou route - rivière).

Un câble porteur est installé entre mâts distants de 150 à 250 m. Deux câbles tracteurs assurent le va-et-vient du chariot. Un câble de levage permet la manutention proprement dite.

L'installation est assez lourde. Les moyens de manutention mobiles (chargeurs frontaux, grues) sont maintenant préférés.

Chapitre 4 - L'exploitation forestière proprement dite

446 - Ordres de grandeur concernant les manutentions portuaires de grumes

Les ordres de grandeur cités ici proviennent principalement de l'expérience passée des ports d'Abidjan et de San Pedro.

a - Stockage et manutention des bois sur terre-plein

Capacité à prévoir : un hectare pour 5.000 m³ (comprenant lieux d'empilage et voies de circulation).

Non compris : aires destinées à des emplois particuliers, par exemple stockage sous grue des bois prêts à embarquer.

b - Stockage et manutention en parc flottant

Capacité à retenir : un hectare pour 3.000 m³. Ceci ne comprend pas les voies de circulation desservant les parcs, mais uniquement la superficie occupée par les billes et les quelques vides indispensables dans les parcs. Largeur maximale des parcs accolés à un quai, à la terre ... etc : 150 m, ceci afin que l'ensemble de la superficie du parc reste d'un accès commode.

c - Capacité de stockage à prévoir

S'il y a stockage pour réception des grumes, classement, tri, aréage, la capacité à prévoir est de 1/10 du trafic annuel.

S'il y a stockage tampon avant l'arrivée au port, les bois arrivant spécifiés, prêts à embarquer la capacité de stockage à prévoir avoisine 1/15 du trafic annuel.

Ce dernier cas suppose l'existence de parcs tampon de stockage et de tri. D'autre part, une telle rupture de charge supplémentaire est coûteuse.

d - Quais de batelage, pour bois non flottables, destinés au chargement de plates

Il faut prévoir 100 m de quai pour 100 000 m³ (ou tonnes) de trafic annuel.

447 - Productivité d'engins type 966 utilisés sur parcs de rupture de charge ou parc d'exportateurs

Nous donnons ici quelques résultats :

a - Volume de transit annuel sur les parcs étudiés : 100 à 200 000 m³.

b - Productivité globale

Parc exportateur : 56 m³/heure

Parc rupture de charge : 63 m³/heure ou 40 t Okoumé et bois divers.

c - Chaque bille subit plusieurs manutentions. Si on apprécie le nombre de manutentions et qu'on calcule une productivité globale par manutention, on trouve : 125 à 135 m³/heure (80 t/heure en Okoumé + bois divers).

Volumes billes : de 3 à 6,5 m³ selon les cas.

d - Temps apparent par rotation, c'est-à-dire par manutention, obtenu à partir de c) après estimation du volume par bille : 2,8 à 2,9 minutes

Il s'agit d'un temps "apparent" : chaque manoeuvre chronométrée donnerait un temps plus court ; mais on inclut ici une part de travaux "divers"(nettoyage de parc, par exemple ...).

Note :

La production de 40 t/heure notée en b) est à comparer à celle de 20 t/heure retenue pour les manutentions en forêt. Tous les intermédiaires entre ces deux productivités existent en fonction de la nature des travaux effectués.

448 - Accessoires de manutentions

a - Elingues

- Classiques.
- Avec crochets de bout de grumes, permettant une fixation rapide. Il faut alors pouvoir faire varier la longueur des élingues en fonction de celle des grumes.

b - Pincés à grumes

Utilisées sur grues à flèche "Heel boom". En acier spécial, fonctionnent selon le principe du ciseau.

c - Crics type "Monkey"

Crics robustes, de grande puissance, spécialement adaptés à la manutention des grumes.

Sont très utiles aussi au tronçonnage pour caler les grumes pendant l'action de la scie (utilisation de deux crics en même temps de chaque côté de la grume).

Les transports

Chapitre 5

Chapitre 5

Les transports

Les transports sont un poste de dépenses très important.

Au Gabon, par exemple, pour un chantier situé à 180 km en amont du réseau fluvial, le transport (non compris le coût des routes) jusqu'au port représente 40 à 45 % du prix de revient FOB des grumes. Ce pourcentage est dépassé dans d'autres régions.

Les transports peuvent être effectués :

- par route,
- par eau,
- par chemin de fer.

Dans l'évaluation des coûts, il ne faut jamais oublier les ruptures de charges entre moyens de transport.

La situation géographique du chantier détermine le rôle dévolu à chaque système de transport : flottage, route et voie ferrée.

Lorsque le flottage est possible, il est utilisé en raison de son coût peu élevé pour de grandes distances (250 km et plus).

Mais l'incidence du coût des manutentions à la mise à l'eau et surtout à la reprise fait écarter le recours au flottage sur des petites distances.

Le transport par voie ferrée publique peut être préféré à un allongement du transport routier, mais à condition que le service fourni par le chemin de fer soit excellent, ce qui est loin d'être toujours le cas. Ici aussi, le coût des ruptures de charge ne doit pas être oublié.

Chapitre 5 - Les transports

Le transport routier a pour lui d'énormes avantages : sa souplesse et son efficacité. Il ne dépend que de l'exploitant de l'organiser comme il l'entend. Cela fait pencher le choix en sa faveur (aux dépens d'un transport par fer), dès lors qu'il existe de bonnes routes.

Les transports forestiers débutent toujours par une phase de transport routier.

Les options à étudier pour chaque chantier sont les suivantes :

- Type de grumier : petit, moyen ou gros porteur,
grumiers de type code ou hors-code.

- Transport routier direct : forêt-usine ou forêt-port,
routier avec rupture de charge à la sortie du chantier,
routier combiné avec voie ferrée ou flottage.

51 - Transports routiers

511 - Les billes à transporter

Nous avons déjà examiné ce point.

Rappelons l'allongement considérable des longueurs moyennes des billes : cela a permis un accroissement des charges utiles des camions sans modification du gabarit en largeur. Des transports bon marché vont de pair avec des camions gros porteurs, c'est-à-dire, en général, avec des billes longues. Pour transporter LOURD, il faut transporter LONG.

512 - Types de véhicules - Attelages

Les types d'attelages utilisés sont les suivants :

512.1 - Camion porteur solo

Il a été utilisé et peut l'être toujours en certains cas.

Le châssis utilisé doit être du type "long". La longueur disponible derrière cabine est alors de 6,50 à 7 m. C'est-à-dire que le chargement ne peut être fait que de billes de 7 ou 8 m au maximum.

Elles sont supportées par 2 ou plusieurs traverses fixes placées sur un faux châssis.

Le camion solo ne permet pas l'emploi de la puissance du matériel : un camion 6 x 4 de 230 ch n'a en solo qu'une capacité de 17 à 18 t, à moins de surcharges.

512.2 - Camion porteur + remorque 2 essieux

Le même type de camion que ci-dessus peut être utilisé avec une remorque. Elle est munie de 2 traverses fixes.

Cet attelage, permet le plein emploi de la puissance du matériel, par transport de 2 piles de billes

Chapitre 5 - Les transports

de 7 ou 8 m de longueur maximale.

Sa capacité est la même que celle des trains grumiers articulés, mais l'attelage est moins maniable.

512.3 - Attelages "grumiers" articulés

C'est le matériel classique constitué d'un tracteur routier et d'une semi-remorque.

Le tracteur porte une traverse à grumes et la semi-remorque une autre. Le chargement repose sur ces deux seules traverses.

La remorque est constituée d'un châssis simplifié destiné à porter la traverse ; une flèche (tube) la relie au tracteur.

512.4 - Semi-remorque plateau

Elle est utilisée au transport des grumes courtes, placées bout à bout sur le plateau équipé de traverses. Les charges sont les mêmes que celles des attelages "grumiers" spécialisés.

513 - Attelages grumiers articulés

Ils conviennent pratiquement au transport de toutes les grumes. La distance entre tracteur et remorque peut être réglée à volonté pour s'adapter à la longueur des grumes (sauf les plus courtes). Sur un ou des lits inférieurs de grumes longues, on peut placer bout à bout des billes courtes ; c'est une pratique courante.

513.1 - Nombre d'essieux

Les types de trains routiers sont les suivants

Nombre d'essieux	Tracteur routier		Semi-remorque
	AV	AR	
Train à 3 essieux	1	1	
Train à 4 essieux	1	1	2
Train à 5 essieux	1	2	2

S'il y a deux essieux à l'arrière du tracteur ou sous la remorque, ils sont toujours jumelés en tandem.

513.2 - Essieux moteurs du tracteur

Selon les cas, et les besoins, on a 1, 2 ou 3 essieux moteurs, comme suit :

Type de tracteur	Essieux moteurs du tracteur routier		Appellation
	AV	AR	
2 essieux	0	1	4 x 2
2 essieux	1	1	4 x 4
3 essieux	0	2	6 x 4
3 essieux	1	2	6 x 6

Les tracteurs type 4 x 2 sont les meilleurs marchés. Ils correspondent aux meilleures conditions de roulage : terrain facile, routes revêtues ou en bonne latérite.

Les tracteurs 4 x 4 sont très appréciés sur les routes difficiles ; en particulier pour le roulage sur distances limitées, routes de chantier, régions à forte pluviométrie. L'adhérence totale sur deux essieux est une excellente solution.

Le tracteur 6 x 6 concilie l'adhérence totale avec les avantages du 5 essieux. Mais il est cher.

Le tracteur 6 x 4 est de loin le plus courant.

Quand il y a deux essieux à l'arrière d'un tracteur routier, ces deux essieux sont toujours moteurs.

513.3 - Caractéristiques de puissance et de poids

PM = Poids mort du train routier avec son équipement complet.

CU = Charge utile.

PTR = Poids total roulant : PM + CU

Train routier	Puissance moteur (ch)	PM (tonnes)	CU (tonnes)	PTR (tonnes)
3 essieux	130/170	10-11	12-15	22-26
	200	12-13	19	31-32
4 essieux	240/280	13-14	22-25	35-39
5 essieux	240/280	15-16	30-35	45-51

Les caractéristiques de poids correspondent à ce qui se pratique actuellement en Afrique. Le matériel mis en oeuvre est classique, c'est-à-dire que les tracteurs routiers employés sont directement dérivés du matériel classique utilisé en Europe.

Les moteurs (toujours diesel), sur les gros porteurs à 4 ou 5 essieux, correspondent aux puissances rencontrées en Europe.

On notera que les PTR cités ci-dessus ne sont pas conformes aux codes routiers. Nous reviendrons sur ce point. Nous mentionnons ici ce qui correspond à l'utilisation normale des capacités du matériel, s'il n'existe pas de restriction de fait ou si la circulation a lieu sur route privée.

513.4 - Répartition des charges par essieu

Les répartitions ci-dessous n'ont qu'une valeur entièrement indicative : selon le positionnement des grumes sur les véhicules, des différences très sensibles peuvent exister.

Train	Tracteur routier		Semi-remorque	Total
	AV	AR		
Train 3 essieux		1 essieu	1 essieu	
PM	5	4,5	3	12,5
CU	1	6,5	11,5 60 % de CU	19
PTR	<u>6</u>	<u>11</u>	<u>14,5</u>	<u>31,5</u>
Train 4 essieux		1 essieu	2 essieux	
PM	5	4,5	4,5	14
CU	1	8,5	13,5 60 % de CU	23
PTR	<u>6</u>	<u>13</u>	<u>18</u> 9 9	<u>37</u>
Train 5 essieux		1 essieu	1 essieu	
PM	5	6,5	4,5	16
CU	1	13,5	17,5 55 % de CU	32
PTR	<u>6</u>	<u>20</u> 10 10	<u>22</u> 11 11	<u>48</u>

Charge utile sur la semi-remorque

Les grumes sont de longueurs plus ou moins inégales. Si l'une est plus longue que les autres, c'est du côté remorque qu'elle doit dépasser ; côté tracteur, la cabine limite les possibilités.

Il arrive couramment que la semi-remorque supporte plus de 60 % de la charge.

Chapitre 5 - Les transports

Sur les gros porteurs, l'ensemble du chargement est long, d'où meilleure répartition (nous avons, dans ce cas, retenu 55 % sur la remorque).

513.5 - Répartition des charges et choix des trains routiers

Le poids de 13 t sous un essieu isolé constitue un maximum technique et réglementaire pour certains codes. D'autres codes n'acceptent pas une charge aussi élevée.

On constate souvent des charges exagérées sous l'essieu unique de la remorque d'un train à trois essieux : d'où l'emploi de trains à 4 essieux. Il a l'avantage de concilier des charges déjà importantes avec un matériel relativement bon marché.

A son tour, le train 4 essieux aboutit à des surcharges sous l'essieu arrière du tracteur :

- si ce dernier supporte plus de 40 % de la charge,
- si la charge s'élève,

on aboutit alors à un essieu chargé à 15 t et plus.

La seule façon d'éviter alors les surcharges est de passer à 5 essieux, mais le matériel est plus cher et doit être rentabilisé par des charges plus élevées.

Prix du transport

Pour transporter bon marché, il faut transporter lourd. Ceci explique la tendance qui s'est développée, à mesure que l'importance des transports s'est accrue (en tonnage et en distance), vers le choix de trains à 4 et 5 essieux.

Actuellement ces types de grumiers sont la règle dans les régions de production importante.

Codes routiers

Sur routes forestières construites et entretenues par l'exploitant, aucun code particulier ne s'applique.

Sur routes publiques, le souci des travaux publics est de limiter les dégradations aux chaussées en limitant les poids. Ces dégradations sont coûteuses surtout sur routes revêtues.

Chapitre 5 - Les transports

Ce que nous avons dit à propos des PTR, de la répartition des charges (et des surcharges) sur les essieux, montre la difficulté d'entente entre transporteurs forestiers et Administrations des Travaux Publics. Les codes restrictifs s'appliquent mal.

Certains sont du type 13 t. Par essieu simple, 21 t. Sous essieux tandem et 35 t. D. Cela signifie train à 4 essieux qui, surchargé, comporte un essieu très agressif pour les chaussées. Cette règle est donc mauvaise.

D'autres codes, et c'est la tendance générale, sont du type 10 t, avec 16 t sous essieux tandem, avec dérogations de 10 %, et 38 t de PTR maxi.

D'autres acceptent 42 t. sur 5 essieux ce qui apparaît une bonne façon de pousser à l'emploi de ce matériel.

L'expérience montre en effet d'une façon générale que le contrôle des charges est difficile sinon illusoire. Alors en fonction de ce qui a été dit ci-dessus, le meilleur terrain d'entente entre forestiers et Administration est le train à 5 essieux, mais en laissant la possibilité de le charger suffisamment pour qu'il donne un prix de transport compétitif.

514 - Equipements

514.1 - Tracteurs routiers

Les châssis-cabines sont souvent dérivés de châssis-bennes en raison de leur adaptation à des travaux de chantier assez durs. Des camions routiers ordinaires ne conviennent pas.

L'empattement de tracteur doit être suffisant pour laisser le maximum de place entre cabine et pont arrière : cela est indispensable pour charger le tracteur et répartir les différences de longueur des billes. Les châssis "courts" sont impropres : les châssis "normaux" ou bennes sont utilisés (les Américains utilisent des châssis "longs").

S'il existe un treuil monte-grumes, il occupe 1 m à 1,50 m derrière la cabine.

514.2 - Pneumatiques

Le jumelage est la règle, sauf sur les essieux avant.

Les essieux sont équipés en 1 100 x 20 sur bonne route ou en 1 200 x 20 , si le roulage est plus difficile. D'un diamètre plus grand, cette dernière dimension assure une meilleure "flottation".

Rappelons que :

- 1 200 (ou 12.00) signifie boudins de pneus de 12 pouces de largeur ou 30,5 cm,
- 20 signifie jante de 20 pouces de diamètre ou 51 cm.

Le gonflage est effectué à 6 à 8 kg/cm².

Emploi du 1 400 x 20

Certains tracteurs, gros porteurs, notamment 4 x 4, peuvent être équipés en 1 400 x 20 (simple à l'AV et jumelés à l'AR). La remorque à essieux en tandem, conserve le 1 200 x 20 jumelé, suffisant pour les charges à supporter.

Le diamètre et le gros boudin du 1 400 assurent un meilleur comportement sur routes mal compactées. Il convient au roulage sur courtes distances, sur routes de chantier plus ou moins difficiles.

Le 1 400 x 20 est relativement cher :

- Pneus plus onéreux.
- Essieux et ponts spéciaux, donc coûteux.
- Largeur hors tout de l'essieu à pneus jumelés : 2,80 m.

Pneus simples (pneus "larges" ou pneus type génie civil tels que le 1 600 x 20).

Ils ont été utilisés localement, mais ne sont pas répandus, car leur emploi présente des difficultés.

Dessins des bandes de roulement

Les grosses sculptures (type "Lug") ne conviennent qu'aux routes de chantier, car ils résistent peu à l'abrasion.

On emploie souvent des sculptures à usage mixte chantier et route (ex : Michelin XB ou XR).

514.3 - Suspension - Stabilité latérale

La suspension des essieux en tandem (arrière des tracteurs et remorques) est assurée par des ressorts jouant le rôle de balancier.

Ces essieux tandem, assurent la meilleure stabilité latérale, importante avec des chargements toujours hauts. Grâce au balancier, si les roues passent sur un obstacle de hauteur H , l'axe du balancier se soulève de $H/2$ seulement. Par ailleurs, les ressorts-balanciers peuvent être très rigides évitant les mouvements de roulis importants. Sur les remorques, leur déflexion sous charge est de 2 à 3 cm seulement : ils ont pour but uniquement d'absorber les chocs.

514.4 - Conception des remorques

Elles sont constituées d'un châssis simplifié reliant l'axe du balancier au socle supportant la traverse grumière et le timon ou flèche qui assure l'attelage au tracteur.

Ce châssis doit être très robuste en raison des chocs survenant au déchargement et des risques de surcharge imposés par un chargement mal disposé. En particulier, le centre de gravité peut ne pas être dans le plan axial.

Les grumes peuvent avoir un porte à faux arrière excessif entraînant des coups de raquette au franchissement des creux et bosses.

514.5 - Attelages

Flèche et attelage peuvent être conçus de deux façons :

- attelage "en semi-remorque" vraie à l'arrière de la traverse pivotante du camion tracteur,
- attelage "en remorque" à l'arrière du châssis du tracteur.

Chapitre 5 - Les transports

514.5 - Attelage du timon en arrière de la traverse grumière pivotante du tracteur

La flèche est longue (de longueur égale à 0,6 ou 0,8 fois la longueur maximale des grumes), conçue pour passer par-dessus la partie arrière du châssis du tracteur,

La traverse de la remorque est fixe,

L'inscription dans les courbes est mauvaise : la remorque tend à "couper" à l'intérieur des traces de virage du tracteur

La capacité de manoeuvre du train grumier est excellente. notamment en marche arrière.

Cet attelage est le plus simple : il est, sous différentes formes. pratiquement la règle en Afrique.

514.52 - L'attelage du timon à l'arrière du tracteur

La flèche est plus courte, de longueur égale ou supérieure à 0,5 fois la longueur des grumes,

L'inscription dans les virages est très bonne : cet attelage est adapté aux routes sinueuses. Pour améliorer l'inscription en courbe, on peut prolonger le châssis du tracteur vers l'arrière pour reculer le crochet au maximum : les roues de la remorque peuvent alors passer à peu près dans les traces de celles du tracteur.

L'attelage "en remorque" est très fréquent dans les pays asiatiques.

Il comporte quelques contraintes

Durant le transport, la flèche ou timon doit pouvoir coulisser dans le châssis de la remorque, en effet une différence survient dans les courbes entre la distance fixe des deux traverses grumières (matérialisée par les grumes) et la ligne brisée : traverses tracteur, crochet, traverse remorque. La traction de la remorque est assurée par le chargement et non par la flèche dont le rôle est seulement d'assurer la direction de la remorque.

A vide, le timon doit être brélé dans la remorque (vis de pression).

La traverse de la remorque doit être pivotante, puisque la flèche n'est pas parallèle aux grumes au cours des virages.

L'attelage "en remorque" est un peu plus compliqué de réalisation, d'emploi et de conduite (manoeuvres) que l'attelage en "semi-remorque". Mais on vient de voir ses avantages ; il s'y ajoute une plus grande facilité de dételage de la remorque (importante pour son chargement lors du retour à vide).

514.6 - Le retour à vide des grumiers

Dès que la distance de transport s'allonge (plus de 50 km), le roulage à vide est dangereux : qui ne s'en est pas rendu compte en suivant le grumier roulant rapidement. La remorque saute, l'usure des pneus est accrue. La direction du tracteur, lui-même non chargé est délicate : les réactions latérales de la remorque n'arrangent rien.

La seule solution économique consiste à charger la remorque sur le tracteur.

On peut opérer selon diverses méthodes :

- utiliser le monte-grumes s'il existe ; les manoeuvres sont lentes, car il faut mettre en place rampes et câbles,
- utiliser un petit treuil monotambour de la même façon.
- utiliser des moyens de levage extérieurs au camion : c'est la meilleure solution et la plus courante :
 - portique ou engin de levage au lieu de déchargement.
 - chargeur frontal en forêt (le même qui charge les grumes),
 - portique sur chantier en un point de passage obligé.

Les aménagements spéciaux à réaliser sur le camion tracteur sont :

- des appuis pour les roues, placés sur le châssis, au niveau du ou des ponts arrières. Ces appuis sont le plus souvent :
 - soit des simples tubes et la traverse grumière,
 - soit des petites plates-formes,
- un logement au-dessus de la cabine du tracteur supporte le timon-flèche. Ce logement est une échancrure dans le bouclier placé derrière la cabine pour la protéger contre les chocs provoqués par les grumes lors du chargement.
- si les traverses sont de grande largeur (3,5 m dans le cas du Gabon), elles sont pivotées et placées presque longitudinalement de façon à réduire le gabarit.

Le décrochage de la remorque est plus facile avec un attelage en "remorque vraie". Si l'attelage est réalisé en semi-remorque, il doit être conçu de façon que la flèche puisse être facilement désolidarisée de la traverse du tracteur : ce n'est pas toujours le cas (en Côte d'Ivoire la traverse AV est fixée sur le timon et s'appuie sur un coupleur classique de semi-remorque).

Les avantages du chargement de la remorque vide sont considérables dans le domaine de l'économie et de la sécurité. Il devrait être obligatoire, ce serait un service à rendre aux exploitations elles-mêmes.

Il est courant au Gabon (impératif sur routes publiques des 2ème et 3ème zones).

514.7 - Traverses à grumes

Ce sont elles qui supportent les charges. Identiques sur le tracteur et la remorque, elles sont réalisées soit en acier spécial, soit à l'aide de profilés du commerce. Leur face supérieure comporte une pièce en forme de U. L'habitude fréquente de denteler les arêtes d'appui n'a aucune justification mécanique. L'indentation a pour seul effet d'affaiblir la zone tendue du métal.

a - Largeur

Elle dépend des conditions locales :

- Limitée à 2,50 m, si elle doit respecter un code classique.
- Hors code, c'est à dire bénéficiant d'une dérogation sur route publique : 3,00 m au Cameroun (certaines zones) ; 3,50 m au Gabon.

Ce choix de largeur est très important : il serait impossible de réaliser des chargements lourds d'Okoumé en respectant un code de 2,50 m (30 tonnes d'Okoumé font 50 m³). Pour cette raison, les largeurs des routes de 2ème et 3ème zones au Gabon ont été conçues en fonction d'un gabarit de 3,50 m.

Le gabarit de 3,50 m compromet la stabilité latérale des camions. Les essieux du tracteur n'ont que 2,50 m, largeur standard : des essieux spéciaux seraient trop onéreux. Pour améliorer l'équilibre, la semi-remorque est équipée d'essieux de 2,85 m hors tout, avec une suspension par balanciers assez rigides.

b - Fixation

Selon les types d'attelages, les traverses peuvent être :

- fixées de façon rigide sur les châssis des remorques,
- pivotantes et pour cela montées sur rond à billes ou sur coupleur classique type semi-remorque.

c - Position sur le tracteur

Elle se trouve toujours (comme les attelages de semi-remorque) à 0,40 m environ à l'avant de l'axe du pont AR ou du balancier : cela a pour but de compenser le couple de cabrage provoqué par la traction du tracteur.

d - Equipement des traverses

Ranchers

Les ranchers hauts sont indispensables pour charger un grand nombre de grumes (8 à 12 en Okoumé). Ils sont indispensables aussi pour l'emploi de monte-grumes. Mais pour être robustes, les ranchers doivent être fixes : d'où emploi d'un seul côté (Gabon), avec cales de l'autre côté. Un rancher occupe environ 15 cm du gabarit utile.

Cales

Dans un gabarit de 2,50 m, le rancher est inutilisable, car il occupe trop de place. D'autre part, pour charger un petit nombre de grosses grumes, il est inutile.

D'où l'emploi de cales seules (Côte d'Ivoire), maintenues par broches ou chaînes et dispositifs permettant un réglage de leur position. Pour le déchargement, les chaînes peuvent être relâchées par le côté opposé à la chute des grumes.

Avec des cales, les grumes occupent tout le gabarit disponible (sinon plus), quand cela est nécessaire.

Brêlage du chargement

Les grumes sont réunies entre elles par des chaînes tendues à l'aide de tendeurs du type tendeur chemin de fer (ou vis de billage) ou par tendeurs à excentrique type USA.

S'il existe un monte-grumes, ses câbles servent au brêlage (leur immobilisation doit être assurée par coins et non par le treuil : sinon, dans les virages, les mouvements des traverses provoqueraient des tractions dangereuses.

Ranchers courts rabattables

Articulés autour d'un axe et maintenus par câbles attachés du côté opposé ; ils peuvent jouer le même rôle que les cales avec plus de sécurité.

515 - Organisation du roulage et prix de revient

515.1 - Nombre de jours de roulage annuel

Le nombre de jours de roulage moyen varie généralement entre 180 et 210 par an. Il peut descendre à 160 et monter à 250 en fonction des conditions locales.

515.2 - Nombre de rotations annuelles

Il dépend de la distance et des caractéristiques du réseau routier et évolue entre 100 rotations par an pour des distances de 400 - 500 km sur routes en majorité revêtues et 600 rotations pour des distances courtes (20 à 30 km) sur routes de chantier.

La capacité journalière en nombre de rotations varie en moyenne de : 0,5 sur 400 km ; 3 sur 20 km

Ce nombre est théorique. En pratique, selon les conditions climatiques, on effectuera 0, 1, 2 ou 3 rotations en un jour. S'il a plu pendant la nuit, on attendra l'après-midi pour rouler. Si le mauvais temps se maintient, on restera 1 ou 2 jours sans rouler.

C'est le principe de la barrière de pluie, indispensable au maintien des routes en bon état. Principe plus ou moins impératif selon la qualité du sol routier.

515.3 - Kilométrages annuels et durées d'amortissement

L'un et l'autre croissent avec la distance de roulage. En effet :

- plus les distances sont longues, plus le temps passé aux chargements et déchargements est, en valeur relative, faible,
- plus les distances sont longues, plus le roulage sur routes à grand trafic, en principe plus rapides que les routes de chantier, est important en valeur relative. Les camions ont des vitesses moyennes plus élevées.

Les durées d'amortissement croissent avec la distance de roulage parce que :

- les véhicules effectuent davantage de kilomètres. Les kilométrages annuellement parcourus sont de l'ordre de : 25 000 km sur distances de 20-30 km ; 80 000 km sur distances de 400-500 km,
- sur distances courtes, le roulage a lieu dans des conditions plus difficiles, donc plus usantes à nombre de kilomètre égal.

On peut illustrer les remarques précédentes par le calcul suivant :

- temps morts à chaque voyage :

- courte distance : 1,5 heure
- grande distance : 2 heures

- durée de travail annuel des camions :

$$* \text{ sur 400 km : } \frac{80\,000 \text{ km/an}}{\text{V. moy. } 50 \text{ km/h}} = 1\,600 \text{ h.}$$

$$\text{temps morts : } 100 \times 2 = \frac{200 \text{ h.}}{1\,800 \text{ h.}}$$

$$* \text{ sur 20 km : } \frac{24\,000 \text{ km/an}}{\text{V. moy. } 30 \text{ km/h}} = 800 \text{ h.}$$

$$\text{temps morts : } 600 \times 1,5 = \frac{900 \text{ h.}}{1\,700 \text{ h.}}$$

Dans les deux cas, les temps de travail annuels sont du même ordre. Pendant les temps morts, les camions ne sont pas forcément inactifs et les opérations de chargement et déchargement ne sont pas toujours "indolores".

Les durées d'amortissement technique des véhicules varient en moyenne entre 125 et 150 000 km sur courtes distances et routes de chantier et 300 à 350 000 km sur longues distances et routes en majorité revêtues.

515.4 - Coût du transport

Le coût du transport s'exprime généralement à partir du prix du m³.km ou de la tonne.km (T.K) obtenu par la formule

$$\frac{\text{Prix du km roulé} \times 2}{\text{Volume}} \text{ ou charge utile transportée}$$

Le coût du transport d'un m³ ou d'une tonne sur une distance donnée s'obtient en multipliant le prix précédent par la distance de transport (dans un seul sens)¹. Les manutentions de chargement et déchargement constituent une rubrique à part.

Le coût du transport peut s'entendre de deux façons

- coût direct si l'exploitant effectue son propre transport,
- prix d'achat du transport, si celui-ci est sous-traité.

a - Le coût direct comprend les rubriques suivantes :

- amortissement du matériel
- carburant et lubrifiant
- chauffeur et aide (s)
- pneumatiques
- assurances
- entretien pièces et main-d'oeuvre (atelier)

¹ On suppose ici qu'il n'y a pas de fret de retour, ce qui est la règle pour des véhicules aussi spécialisés que les grumiers classiques.

b - Si le transport est sous-traité, le prix d'achat inclut en outre :

- frais financiers
- frais généraux
- impôts
- bénéfice du transporteur

Quand l'exploitant effectue lui-même ses transports, les rubriques ci-dessus b (bénéfice exclu) sont comptabilisées au niveau de l'ensemble de l'exploitation. On ne connaît alors que le coût direct.

Chapitre 5 - Les transports

515.5 - Récapitulation des facteurs de coûts de transports dans quelques exemples types

Le tableau ci-après résume la manière de calculer le coût direct des transports. Il découle de ce qui précède.

Récapitulation des facteurs de coûts de transports dans quelques exemples typiques

A - Distance de transport	20 km	50 km	140 km	200 km	400 km
B - Type de roulage	Route de chantier	Route de chantier	Gabon - 2ème zone. Route difficile abrasive	Route latérite assez difficile	Route latérite et asphalte type Côte d'Ivoire
C - Type de camion grumier	4 x 4 remorque 2 essieux	4 x 4 remorque 2 essieux	6 x 4 remorque 2 essieux	6 x 4 remorque 2 essieux	6 x 4 remorque 2 essieux
D - Charge utile moyenne (tonnes)	20 t	22 t	30 t	32 t	30 t
E - Nombre rotations par an	11 500 t	8 250 t	6 300 t	5 760 t	3 000 t
F - Kilomètres roulés par an	23 000	37 500	60 000	72 000	80 000
G - Durée d'amortissement technique des camions	5 ans ou 115 000 km	4 ans ou 150 000 km	3 ans ou 180 000 km	3,5 ans ou 250 000 km	4 ans ou 320 000 km
H - Eléments de calcul du prix du kilomètre roulé	<u>95% de la valeur d'achat du matériel</u> kilométrage d'amortissement technique				
1 - amortissement	<u>95% de la valeur d'achat du matériel</u> kilométrage d'amortissement technique				
2 - Carburant : Gas oil/100 km	90 l	80 l	80 l	75 l	65 l
3 - Lubrifiants	4 % en volume de la consommation de gas oil				
4 - Chauffeur et aide	<u>Salaires annuels charges sociales</u> Kilométrage annuel				
5 - Pneumatiques nbre pneus utilisés sur 100 000 km	50	50	90	55	30
	Déduire dans le calcul les pneus (14 ou 18 selon les cas) fournis à l'achat du camion.				
6 - Assurances	<u>Coût moyen annuel</u> Kilométrage annuel				
7 - Entretien pièces et main d'oeuvre rapport $\frac{\text{Pièces} + \text{M.O.}}{\text{Amortissement}}$	1,0	1,0	1,05	1,05	1,11
Coût direct de la tonne kilométrique	<u>Prix du km roulé x 2</u> Charge utile (tonnes)				

Chapitre 5 - Les transports

Quelques rubriques méritent explication :

- **Amortissement** : aucune valeur résiduelle n'est retenue. Les véhicules usagés sont reconvertis ou servent de source de pièces détachées il en est tenu compte au § 7.
Le coefficient 0,95 tient compte d'éventuelles ristournes à l'achat à partir du prix "catalogue".
- **Chauffeur et aide** : les charges sociales tiennent compte de toutes les rubriques officielles ou non. Mais le logement n'est pas compris : il est comptabilisé ailleurs.
- **Pneumatiques** : les valeurs à amortir (§ 1) incluent les pneumatiques fournis avec le véhicule. Nous avons indiqué le nombre N de pneus consommés sur 100 000 km, nombre qui résulte de l'expérience.

Appelons = A, le kilométrage d'amortissement technique des camions (ligne G)
P, le prix d'un pneu (1 200 x 20 en principe)

A l'achat du camion, 14 pneus (4 x 4 + remorque 2 essieux) ou 18 pneus (6 x 4 + remorque 2 essieux) sont fournis.

Le coût des pneumatiques au kilomètre roulé est donné par la formule :

$$N \frac{A}{100000} - (14 \text{ ou } 18) \frac{P}{A} x P$$

- Assurances

Les types d'assurance varient.

La remorque est assurée au tiers.

Le tracteur peut être aussi tous risques la première année, au tiers ensuite.

Il faut faire le calcul du coût moyen annuel.

- Entretien pièces et main-d'oeuvre

Ce poste de dépense est l'un des plus lourds. Il a été évalué en proportion des charges d'amortissement.

52 - Transport par eau

521 - Les voies d'eau

Le flottage est le premier en date des moyens de transport utilisés pour le bois, avant installation de toute infrastructure.

Partout où les voies d'eau existent, que ce soit des rivières, des fleuves, des lacs, des lagunes ou des bras de mer, leur utilisation pour le transport des bois (flottage ou barges) est toujours envisagée, surtout si la distance est grande. La voie d'eau est un mode de transport en principe peu onéreux, au moins sur distance élevée, mais il faut toujours la considérer au sein d'un ensemble : dans beaucoup de cas, elle est en concurrence avec la route ou le rail : coût, inconvénients des ruptures de charge, délais d'acheminement, organisation propre à chaque exploitation, impossibilité d'utiliser les cours d'eau en étiage, etc.

Le transport par eau existe notamment sur les voies d'eau suivantes :

- au Gabon : Estuaire du Gabon (Como et ses affluents),
Fleuve Ogooué et son affluent la Ngounié.
- au Congo, en RCA, dans le Sud-Est Cameroun : Fleuve Congo et ses affluents Sangha et Oubangui. Il se pratique sur 800 à 1 000 km.
- Il a été beaucoup pratiqué sur les lagunes de basse Côte d'Ivoire et du Western Nigéria.

Entre les lieux d'exploitation et la rivière, il y a toujours un transport routier plus ou moins long. La route doit aboutir à un "débarcadère"² ou point de mise à l'eau (ou sur barge) des bois. Il doit être choisi

- sur une berge de terre ferme (ce qui n'est pas toujours aisé quand la rivière est bordée de zones marécageuses ou de mangroves) ;
- suffisamment en aval du cours d'eau pour avoir toute l'année (ou le plus longtemps possible) un tirant d'eau suffisant.

² Ainsi appelé parce que c'est le lieu où on débarque en venant au chantier d'exploitation, si cela doit se faire par voie d'eau, comme ce fut la règle fréquemment.

La hauteur d'eau indispensable est fixée par le diamètre des plus grosses billes les plus fréquentes. Selon la densité des bois, il faut 1,50 m à 1,80 m. Le tirant d'eau des remorqueurs est l'autre contrainte (0,80 à 1,50 m).

- Utilisation obligée de la voie d'eau

Certaines exploitations ont une rivière pour seul moyen d'évacuation de leurs bois. Ce peut être un fleuve, ce peut être aussi une rivière plus ou moins étroite constituant une véritable voie d'eau privée. En aval, elle débouche dans une rivière plus large, une lagune ou un estuaire. Cette situation est toujours fréquente au Gabon, dans la zone proche de la côte.

C'est l'exploitant qui aménage alors le cours d'eau :

- en le débarrassant des obstacles qui l'encombrent (arbres notamment) ;
- en effectuant si nécessaire un balisage.

- Installation des points de mise à l'eau

Cette installation est réalisée par l'exploitant. C'est généralement une rampe renforcée par des rondins disposés perpendiculairement à la rive.

Les billes mises à l'eau sont retenues, avant la constitution des radeaux, par un barrage formé d'une ligne continue de grumes flottantes reliées par un câble.

La mise à bord de barge des billes non flottantes se fait de diverses manières que nous examinerons plus loin (§ 524). Elle nécessite un quai ou une berge inclinée sur laquelle on échoue la plate.

Le chargement de plates est toujours plus difficile et nécessite plus de moyens que la mise à l'eau des bois flottables. Pour cette raison, bien des exploitations se sont longtemps limitées aux bois flottables là où ceux-ci constituent l'essentiel du potentiel disponible.

- Reprise des grumes flottantes (ou sur barge)

Si à l'issue d'un transport par eau, un transport par route ou par rail s'impose, l'équipement du point de reprise exige toujours un quai, une grue généralement fixe, et souvent un chargeur frontal pour les manutentions sur parc tampon ou de stockage à terre.

522 - Le flottage par billes isolées

522.1 - "Descente" avec la crue (p.m.)

Elle se pratique sur des rivières praticables seulement en période de crue.

Les grumes stockées sur la berge sont poussées dans le lit de la rivière au fur et à mesure de leur arrivée, dans l'attente de la crue à venir. Dès que les premiers flots de la crue ont emmené la majeure partie des bois, une équipe de 15 à 30 hommes, montés sur canots ou pirogues, suit les billes en cours de route pour éviter les embouteillages, empêcher la dispersion des billes, pousser les plus grosses sur les hauts-fonds.

Aujourd'hui, les inconvénients de ce procédé sont jugés incompatibles avec l'activité normale d'un chantier : la "descente" est toujours une opération "sportive", mais surtout on n'est jamais sûr de la crue, de sa date d'abord, mais aussi de son importance (les saisons des pluies sont inégales). Une crue insuffisante ne permet pas la sortie des bois.

522.2 - Le flottage par billes isolées

Le flottage par billes isolées est encore utilisé dans les conditions suivantes

- sur des distances assez courtes,
- en courant assez rapide,
- sur des cours d'eau peu larges à berges assez franches,
- avec des billes plutôt courtes (moins de 6 à 7 m).

Dès que le cours d'eau s'élargit, on installe un barrage flottant à l'abri duquel on peut constituer des radeaux. Ce barrage est constitué par une ligne de rondins aussi continue que possible dont la liaison est assurée par un câble traversant la rivière et ancré aux deux rives.

523 - Le flottage en radeaux

523.1 - Assemblage des radeaux

Les radeaux constitués sont la règle pratiquement. Ils sont assemblés selon des méthodes variées dépendant des habitudes et des besoins.

a - Billes assemblées parallèlement à la direction du déplacement

Les radeaux sont assemblés par divers moyens, selon les cas :

- par des perches de bois dur (de 15 à 20 cm de diamètre) placées transversalement et reliées aux billes par des câbles et des crampons à anneau enfoncés dans les billes ;
- par des câbles uniquement passant successivement dans les boucles de crampons.

Les radeaux comprennent plusieurs longueurs de grumes placées bout à bout sur chaque file.

En Côte d'Ivoire, quand le flottage se pratiquait en lagune, on assemblait 3 ou 4 radeaux comprenant chacun 30 à 40 billes de 3 à 8 m³, soit 100 à 150 m³.

Flottage au Congo, à chaque extrémité du radeau peut être placée une bille transversale : avec les billes extérieures, on forme un cadre rectangulaire. C'est le cas du flottage sur Congo et ses affluents.

On constitue des "ramettes" assez solides et compactes, rendues peu déformables grâce à des câbles formant entretoises en diagonale. Des câbles sont placés également en travers des billes, alternativement dessus et dessous, pour maintenir les bois de flottabilité incertaine.

Plusieurs ramettes sont assemblées solidement ensemble pour constituer un radeau qui est poussé par une embarcation de 120 CV environ.

b - Méthode du Gabon

On dispose les billes parallèlement entre elles et perpendiculairement à la direction de déplacement. L'ensemble est réuni par un câble placé au milieu des billes. Les filins sont reliés aux rondins par des "crampons" de fer enfoncés dans le bois. Les billes sont assemblées en rames élémentaires de 60 à 80 billes.

Plusieurs rames assemblées constituent un "radeau tiré" et dirigé par un remorqueur. Un radeau peut comprendre selon la rivière et le remorqueur, de 300 à 1 800 tonnes d'Okoumé.

Sur des biefs difficiles, dans l'amont des rivières flottables, des petites rames de 15 billes (40 à 50 t) peuvent être tirées une par une ou groupées en radeaux de 100 t, suivant la saison. Plus en aval, elles sont reconstituées en radeaux plus lourds.

Au Gabon, le développement du réseau fluvial a été de pair avec l'emploi généralisé des voies d'eau. Pour la plupart des exploitations, ce mode de transport était obligatoire en raison de la géographie. Il en est toujours ainsi pour un certain nombre de chantiers.

La construction du chemin de fer transgabonais a maintenant apporté un autre choix pour tout le centre du pays.

c - Méthode américaine (Côte Pacifique)

Les grumes sont rangées à l'intérieur d'un cadre flottant formé par des bois de grande longueur, reliés entre eux, par des chaînes ou des filins, grâce à des trous de 10 cm de diamètre, percés à chaque extrémité. Les grumes ne sont pas maintenues individuellement par crampons et câbles.

Pour donner de la rigidité aux radeaux, les bois d'encadrement sont reliés entre eux par des rondins posés sur des grumes flottantes pour les maintenir dans le cadre.

Ces radeaux ont souvent 9 m de large, 30 à 45 m et plus de long. Plusieurs sections ainsi constituées peuvent être placées les unes derrière les autres.

d - Méthode "indonésienne" - Radeaux en arête de poisson

Pour les bois à bonne flottabilité, Meranti par exemple, les dromes sont assemblées en "arête de poisson", c'est-à-dire qu'un câble de nylon relie les billes les unes aux autres en passant à l'intérieur des anneaux des crampons enfoncés à l'une des extrémités de la bille ; l'autre extrémité restant libre.

La drome ainsi formée est suffisamment solide pour être halée sans inconvénient par des remorqueurs relativement puissants.

La taille des radeaux constitués généralement d'une seule drome, parfois deux, atteint 2 000 - 2 500 m³ lorsque les caractéristiques de la rivière le permettent.

e - Flottage mixte des bois de densité voisine de 1

Les bois de densité supérieure ne flottant pas, peuvent être transportés par flottage, à la condition d'intercaler côte à côte des bois flottants et des bois ne flottant pas.

Nous avons vu que le procédé est utilisé sur le Congo et ses affluents pour le Sapelli : certaines billes ont une densité très voisine de 1. Les câbles passant en dessous les soutiennent.

Le radeau mixte est peu répandu en Afrique : jamais pour des bois très lourds. Lors des reprises dans les ports, les risques de perte sont sensibles, même avec des précautions.

Si au bout du flottage, un tri sur parc flottant doit avoir lieu (Gabon), le radeau mixte n'est pas pensable.

Dans certains pays d'Asie, des radeaux contenant beaucoup de bois non flottables sont constitués avec des flotteurs.

523.2 - Tonnage des radeaux

Il varie énormément selon : la largeur de la rivière ; la saison ; la profondeur et le courant.

- Oubangui (poussage) : jusqu'à 1 300 m³, mais des convois venant de RCA atteignent 2 400 m³.
- Sangha (poussage) : jusqu'à 1 000 m³ aux hautes eaux, 500 à 600 (ou moins) aux basses eaux.
- Abidjan : remorquage dans le port : 400 à 500 m³.
- Owendo (Libreville) : amenée le long du bord : 450 t (200 billes).
- Ogooué : - en aval N'djolé (hautes eaux), 5 à 8 rames de 60 à 80 billes (100 à 150 t) soit 800 à 2 000 m³ - remorqueur 150 à 200 cv,
 - entre Alembé et N'djolé (bief à navigation difficile)
 - hautes eaux : rames de 12 à 20 billes - radeaux 100 à 150 t - remorqueur 75 cv
 - basses eaux : circulation difficile - radeaux 40 - 50 t.

La variété dans les tonnages et les types de radeaux montre combien les conditions propres à chaque rivière font varier l'opération qu'est le flottage.

Entre poussage, remorquage, petits ou grands radeaux, on a l'éventail de toutes les solutions.

523.3 - Matériel des radeaux

Consiste essentiellement en filins et crampons.

- **les filins** de radeaux sont en acier (galvanisé). Ils sont de composition simple : 6 torons de 19 fils (13/10 mm), en acier 140/160 kg/mm², âme textile. Le diamètre varie de 13 à 20 mm selon qu'il s'agit de l'assemblage d'une rame ou de la traction d'un ensemble.
- **Les crampons** ou "pigouilles" ou "lances à boucle" sont destinés à relier le filin d'acier aux billes ou rondins. Ils sont découpés dans une tôle épaisse en forme de pointe ou de fer de lance qui est enfoncé dans le bois et comporte un anneau forgé dans lequel passe le filin. Ils ont souvent reçu une torsion de un quart de tour de façon que le plan de l'anneau soit parallèle au plat du crampon ; cette disposition permet d'éviter une torsion du filin de radeau.

Pour la formation des radeaux, les crampons sont au préalable enfilés sur un filin par leur anneau, le filin est développé entre deux points fixes, puis les billes ou rondins sont dirigés sous le filin et fixés par un crampon enfoncé dans la bille à l'aide d'une masse ou d'une hache utilisée comme masse. Lorsque les billes sont mises à terre ou à bord des navires, les crampons sont enlevés par traction directe ou par déchaussement à l'aide de coups donnés latéralement.

Les filins, à l'issue d'un remorquage, sont récupérables. En pratique cette récupération se fait plus ou moins bien dans les ports, et les pertes sont importantes : beaucoup de câbles de petit diamètre qui assemblent les billes sont perdus.

Les crampons peuvent être reforgés et servir plusieurs fois. En fait, au cours de l'embarquement des bois, il arrive de plus en plus fréquemment que les filins soient coupés en morceaux ce qui fait glisser à l'eau les crampons qui sont alors perdus. On peut admettre qu'un crampon ne peut pas servir en moyenne plus de deux fois.

L'emploi du crampon est simple et facile mais il entraîne la formation de trous à la périphérie des billes ; ces trous sont d'autant plus nombreux que les opérations de classement et de conditionnement des bois entraînent successivement plusieurs groupements des billes en lots différents.

Pour des bois de déroulage (en particulier Okoumé), la perte moyenne en volume peut être estimée à près de 2 à 3 % du volume total, à laquelle il faut ajouter les frais de massicotage, de jointage et la perte de valeur des placages. Du point de vue technologique, on doit considérer cette méthode simple comme un pis-aller.

Il ne faut pas perdre de vue non plus le risque de voir des portions de métal rester dans le bois.

Des solutions de remplacement au cramponnage ont été essayées, sans succès jusqu'à maintenant. L'avantage du crampon est sa simplicité, solidité, sous des efforts importants.

524 - Chalands et plates

Ce matériel est destiné aux bois non flottables (de même qu'aux bois débités).

Aux chalands qui reçoivent en général les marchandises ou les bois à l'intérieur de la coque, on préfère souvent les "allèges" ou "plates" qui transportent les bois en pontée. Toutefois sur longs parcours, il y a des risques de déplacement des charges.

Au chargement en long toujours délicat avec des grumes lourdes, on préfère, sur plates, la disposition en travers. Dans ce cas, les grumes sont placées non sur le pont mais sur deux longrines parallèles à l'axe de l'allège. Ces longrines répartissent les poids et reçoivent les chocs plus ou moins inévitables au chargement.

Le système "normal" de chargement est l'emploi d'un engin de levage :

- grue généralement fixe sur quai,
- système de bigue pour de petites cadences de production.

Le parc bord rivière doit comporter un moyen de manutention à terre : chargeur frontal - tracteur à pneus - tracteur à chenilles.

D'autres moyens de chargement sont également utilisés :

- mise à bord des billes sur une extrémité de la plate par un chargeur frontal, puis roulage de ces billes à l'aide de câbles (à la manière d'un monte-grumes) pour leur mise en place. Les câbles passent sur des poulies de renvois placées sur la plate et le chargeur tire les câbles ;
- sur les rivières à marée, on peut échouer la plate et le chargeur monte dessus grâce à une rampe d'accès (Gabon) ;
- grue d'autochargement placée au centre de la plate (Indonésie).

Le chargement sur plates est toujours une opération plus coûteuse que la "mise à l'eau et dromage" de bois flottables.

Les "plates" utilisées ont généralement des capacités de 200 t, moins fréquemment 100 t.

Pour des transports sur grande distance, on préfère des plates ou des chalands de 400 t (Congo et ses affluents).

Les uns et les autres sont remorqués ou constitués en convois poussés.

Chapitre 5 - Les transports

La navigation des plates autorise des tirants d'eau inférieurs à ceux des grumes (notamment pour les gros diamètres).

Le transport par plates ou chalands est toujours beaucoup plus coûteux que le flottage.

525 - Technique du remorquage (et du poussage)

La capacité de remorquage dépend de la puissance du remorqueur, du volume et de la forme du radeau, de la vitesse du courant, de l'action du vent, notamment du vent de travers, sur les rivières larges.

L'effet résultant recherché peut être différent selon les régions et selon les cas.

a - La progression du radeau est assurée par le courant lui-même. La vitesse du remorqueur par rapport au courant ne dépasse pas 2 km/h.

Le remorqueur assure le guidage et le contrôle de direction en composant son action de traction avec les poussées latérales dues au vent et au courant.

La sanction de toute fausse manoeuvre est l'atterrissage sur un banc de sable ou contre une berge ce qui risque d'entraîner la dislocation du radeau.

b - Sur de petites rivières, le flottage peut être effectué par radeaux au fil de l'eau. Des petits radeaux de 100 m³ sont accompagnés par trois hommes munis de gaffes. Cela suppose que les berges soient assez franches.

c - Le remorquage n'est jamais effectué contre le courant (sauf exception localisée) : cela serait trop coûteux. On ne remonte donc pas les rivières et, en zone d'estuaire, on ne remonte pas la marée : on attend qu'elle soit favorable (le radeau est alors amarré à une berge).

d - Le câble de remorque doit être assez long pour plonger dans l'eau et éviter de se tendre brusquement. Le remorqueur doit être plus léger que la charge remorquée : radeau ou allège, pour pouvoir reculer à la houle le cas échéant et éviter de casser la remorque.

e - Flottage sur le Congo et ses affluents : la rivière est large, mais parcourue par des convois fluviaux. La distance à parcourir est de plus de 500 km. Le déplacement du radeau est assuré par le courant et peut atteindre 4 à 5 km/heure.

Avec des radeaux de forme ramassée, formés d'éléments rectangulaires et dont la cohésion est assurée de façon assez rigide, on peut pratiquer le poussage, en plaçant l'embarcation motrice encastrée à l'arrière. Son rôle consiste plus à diriger le radeau et à le maintenir dans les eaux assez profondes tout en naviguant en dehors des chenaux balisés où les radeaux rencontrant des bouées du balisage, les arracheraient ou au moins les déplaceraient et où existent les risques de collision entre radeaux descendants et convois fluviaux montants.

Le poussage apporte un grand progrès par rapport au remorquage : le convoi se contrôle mieux et se manie comme un seul ensemble.

Sur le réseau congolais, le poussage est la règle : il apporte la sécurité indispensable.

Les barges chargées de grumes peuvent être intégrées dans des convois lourds équipés de pousseurs très puissants.

f - Les meilleures conditions pour contrôler la progression des radeaux sont :

- d'installer un équipage minimum de six hommes, conducteur compris,
- de doter tout radeau d'un élément pousseur d'une puissance minimum de 1 ch par 10 t en hautes eaux et de 1 ch par 5 t en eaux moyennes pour conserver une capacité de manoeuvre,
- aux basses eaux, de suspendre le flottage, soit entre les cotes de 1,80 à la décrue et 1,60 à la crue.

526 - Remorqueurs et pousseurs

Les remorqueurs utilisés pour le remorquage des radeaux de grumes en Afrique de l'Ouest, sont en général des remorqueurs d'un modèle voisin des petits remorqueurs de servitude qui assurent dans les ports, le déplacement des chalands ou allèges.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- hélice bien protégée pour les eaux de faible profondeur,
- port en lourd de 2 à 5 tonnes,
- moteur diesel,
- tirant d'eau assez faible 1,50 à 0,80 m.

Chapitre 5 - Les transports

Les puissances utilisées dépendent des emplois :

- opérations sur parcs à grumes flottantes : 60 ch,
- remorquage de ramettes de 50 à 150 t sur biefs difficiles : 75 ch (50 à 100 ch),
- remorquage en rivière ou en lagune de radeaux de 800 à 1 500 t : 150 à 200 ch,
- remorquage dans un port de rames de 500 m³ (Abidjan - Owendo) : 120 à 150 ch,
- pousseurs sur Sangha ou Oubangui de radeaux de 600 à 1 500 m³ : 120 ch

527 - Prix de revient du flottage

Le remorquage est souvent sous-traité. Il l'est d'autant plus facilement qu'on se trouve sur des cours d'eau importants où existe un trafic régulier (Ogooué, Congo, Sangha, Oubangui). Sur de petites rivières, l'exploitant est pratiquement obligé d'effectuer son propre remorquage.

Au prix payé pour le remorquage (ou le poussage) proprement dit, il convient d'ajouter des dépenses annexes

- le coût du déchargement des camions et de la mise à l'eau des bois et de la confection des radeaux (rupture de charge) ;
- le coût des filins et crampons ;
- éventuellement le coût des taxes fluviales ;
- le coût de la reprise éventuelle des bois à l'issue du flottage, si un autre moyen de transport lui fait suite ;
- le prix des assurances pour les pertes de bois ou le coût des pertes réelles. Ce n'est jamais un poste de dépenses négligeable : le flottage comporte toujours des risques. S'y ajoute le coût du défraichissement des bois, si ceux-ci restent trop longtemps dans l'eau, à une rupture de charge, par exemple.

Toutes ces dépenses annexes accroissent sensiblement le coût du flottage et pèsent dans le choix si plusieurs moyens de transport sont en concurrence.

53 - Transports par fer

On peut distinguer deux types :

- les transports en forêt par voie de 60,
- les chemins de fer publics.

531 - Voie de 60

En Afrique, le rail fut le premier moyen de pénétration en forêt en s'écartant des cours d'eau. La voie de 60 fût utilisée dans ce but et a connu un développement sensible pour ensuite disparaître peu à peu, les dernières voies ayant été abandonnées à la fin des années 50. Tous les réseaux étaient établis et gérés par les exploitations forestières.

532 - Chemins de fer publics

Ils peuvent être un maillon indispensable : c'est le cas au Congo où il n'y a pas d'autre liaison entre le centre du pays et le port.

Dans d'autres cas, le chemin de fer peut être un concurrent important de la route (au Cameroun) ou de la voie fluviale. Au Gabon, le Transgabonais favorise la mise en valeur du centre du pays, permet l'exploitation de bois lourds, et raccourcit les transports routiers : il a capté une partie importante du trafic fluvial.

Malgré des travaux de modernisation, la capacité de transport et l'organisation de certains réseaux continuent à poser problème. L'insuffisante régularité joue le rôle de goulot d'étranglement à certaines périodes. Combien de fois a-t-il été (ou est-il ?) difficile d'obtenir une rotation rapide des wagons.

Si la capacité d'une ligne est presque totalement utilisée, tout accident est la cause de retards inacceptables dans l'évacuation des bois.

Le chemin de fer est, par nature, une organisation lourde, sans souplesse.

La longueur des lignes utilisées pour le bois varie de 300 et 600 km.

Les wagons à grumes sont spécialisés : ce sont des plateformes équipées de ranchers fixes. Leur capacité varie de 40 à 80 tonnes. Mais l'utilisation de cette capacité dépend de la densité des bois.

Chapitre 5 - Les transports

La tarification facturée à la t.km est souvent dégressive en fonction de la distance et de la charge effective des wagons. Certaines espèces de faible valeur peuvent bénéficier d'un tarif allégé.

Souvent un tonnage minimum par wagon est impérativement facturé.

Si la facturation est basée sur une pesée des wagons, il en résulte souvent une augmentation de la densité apparente du bois : en effet on pèse le bois marchand plus les défauts (non cubés) plus les écorces, plus les déchets qui traînent sur les wagons.

54 - Complémentarité et concurrence des moyens de transport

Transports routiers, transports par eau et par fer sont, dans bien des cas, complémentaires et ne se font aucune concurrence. Notamment si l'un d'eux est un passage obligé.

Dans d'autres cas, le choix est possible entre deux moyens de transport différents.

a - Choix d'un moyen de transport

S'il y a concurrence, le choix relève d'abord d'un calcul de prix de revient et ensuite d'une comparaison des commodités pratiques (qui peuvent aussi se traduire en coûts).

La comparaison des prix de revient doit se faire sur la totalité du parcours en n'oubliant aucun des éléments s'ajoutant au transport proprement dit :

- manutentions et stockage aux ruptures de charge,
- filins pour radeaux,
- assurance pour navigation,
- risques de pertes de bois,
- délais d'acheminement,
- défraichissement des bois dû à une attente prolongée.

Le coût de ces opérations annexes rend souvent sans intérêt le passage d'un transport routier à un autre moyen, si ce dernier se pratique sur une distance courte ou moyenne (200 km par exemple). C'est le cas du transport par fer : le total tarif ferroviaire + prix de la rupture de charge + souplesse insuffisante, rend la route meilleur marché.

Or, le transport forestier commence toujours par un transport routier.

b - Commodités pratiques - Souplesse des moyens de transport

Certains transports peuvent être effectués par l'exploitant lui-même ou par un transporteur privé, c'est-à-dire qu'ils dépendent uniquement d'une initiative privée : c'est le cas du transport routier ou du transport par eau dans bon nombre de cas. Ils ont l'énorme avantage de l'adaptation très rapide aux besoins.

Chapitre 5 - Les transports

Il est toujours facile de rajouter un camion à une flotte si celle-ci est insuffisante. Il n'est pas toujours aisé de faire passer un train supplémentaire sur une voie ferrée, et les mises en place de matériels nouveaux demandent beaucoup de temps.

Il est possible d'affirmer que le développement forestier important de certain pays n'a été possible que parce que les transports étaient en quasi-totalité privés (routes et eau).

La souplesse peut être un facteur de choix déterminant du choix du mode de transport. Des entreprises forestières peuvent utiliser une route parallèle à une voie ferrée : le prix apparemment plus élevé est compensé par les nombreux avantages de rapidité, maîtrise des délais, etc.

Annexe au chapitre 6

ANNEXE AU CHAPITRE

Les chaînes de transport des bois sont souvent complexes : plusieurs phases - ruptures de charges où se passent des opérations plus ou moins complexes, taxations... L'appréciation en est souvent difficile et le calcul d'un coût prévisionnel risque souvent d'omettre des rubriques.

Pour montrer comment les choses se passent, nous avons décrit trois exemples d'acheminement de grumes pour l'exportation depuis "départ chantier" jusqu'à FOB (c'est-à-dire sous palan, mais accrochage au câble du treuil du navire inclus).

Nous ne donnons pas de prix qui seraient trop vite périmés et qui varient avec les essences.

Les trois cas examinés sont :

- acheminement depuis l'Est du Cameroun vers Douala, par chemin de fer, via Belabo ;
- Acheminement depuis le Nord du Congo, la RCA ou le Sud-Est Cameroun (Cuvette Congolaise) jusqu'à Pointe-Noire par le réseau fluvial congolais, le port de Brazzaville et le chemin de fer ;
- Acheminement depuis le Centre du Gabon (2ème zone) jusqu'à Port Gentil par voie fluviale.

**Éléments du coût de la chaîne d'acheminement des grumes pour exportation
par Pointe-Noire à partir de la CUVETTE CONGOLAISE
(Nord Congo, Sud-Est Cameroun ou RCA)**

Départ chantier

a - **Transport routier de la forêt à la rivière** (Oubangui, Sangha ou Ngoko sur 50 à 100 km).

Le transport est fait par l'exploitant forestier lui-même.

b - **Manutentions bord rivière**, au "débarcadère" : déchargement des camions, stockage, mise à l'eau (en radeaux) ou mise sur plate.

Ces opérations sont également réalisées par l'exploitation.

c - **Transport fluvial jusqu'à Brazzaville sur 800 à 1 000 km.**

- Fret (radeau ou barges) + TCA³
- Taxes fluviales
- Les radeaux sont stockés en attente à l'écart du port fluvial. Une navette est nécessaire pour les amener au port (TCA sur cette prestation)
- Assurance des transports par barges ou auto-assurance par l'exploitant (= provision pour pertes de 3 % de la valeur des bois rendus Brazzaville) si le transport est fait par radeaux

d - **Port de Brazzaville**

- . TCA sur les factures des opérations ci-dessus
- . Manutentions
- . Grattage des faces des grumes, application de Ceremul (antidessication), marquage
- . Approche sous palan des radeaux
- . Taxes de port diverses

e - **Transport par chemin de fer** de Brazzaville à Pointe-Noire (550 kilomètres) + TCA sur le transport.

³ Taxe sur le chiffre d'affaires

f - Mise en FOB à Pointe Noire

- Manutentions sur le parc du port : déchargement des wagons, stockage, reprise et amenée le long du bord.
- Acconage ou accrochage au palan des navires ⁴
- TCA sur les opérations ci-dessus
- Péage
- Droits et taxes de sortie :
 - droits de sortie proprement dits
 - taxe forestière
 - taxe d'embarquement (Cameroun)
 - taxe de statistique - taxe de fond routier (Congo)
 - taxe Compagnie des Chargeurs (Cameroun)
- Taxe de balayage
- Transit, c'est-à-dire :
 - honoraires d'agréé en douane (HAD)
 - Commissions sur les paiements avancés par le transitaire (commission sur débours)
 - frais de dossier
 - TCA sur les factures

⁴ Une fois effectué l'accrochage des bois au palan du navire, les opérations ultérieures (hissage et arrimage) sont incluses dans le fret.

**Eléments du coût de la chaîne d'acheminement des grumes pour exportation
par Douala à partir de l'EST DU CAMEROUN
(Passage par la gare de BELABO)**

Départ chantier

a - **Transport routier** de la forêt à la gare (100, 150 km ou plus)

Le transport est fait

- par l'exploitant forestier lui-même
- est sous-traité à un transporteur. Dans ce cas une TCA⁵ s'applique à la facture

b - **Stockage et manutentions en gare**

Une TCA s'applique à la facture

c - **Transport ferroviaire** jusqu'à Douala (sur 600 km dans l'exemple retenu)

d - **Mise en FOB à Doula**

- Parc "Tampon". Si les bois, à leur arrivée à Douala, ne sont pas spécifiés pour un navire et une destination, ils ne sont pas admis au port. Ils sont déchargés sur un parc "Tampon".

- Parc du port et Rade. Les opérations suivantes ont lieu

- manutentions à terre
- mise à l'eau et dromage des bois flottables
- mise sur plate des bois non flottables
- amenée le long du bord
- TCA sur la facture

- Acconage : accrochage au palan du navire par l'acconier (TCA sur la facture)

- Taxe portuaire

⁵ TCA = Taxe sur le Chiffre d'Affaires

Chapitre 5 - Les transports

- Péage à l'Office National des Ports

- Droits et Taxes de sortie, c'est-à-dire :

- droit de sortie proprement dit
- taxe forestière
- taxe Compagnie des Chargeurs Camerounais
- taxe d'embarquement
- taxe Trésor

- Transit, c'est-à-dire :

- Honoraires d'Agréé au Douane (HAD)
- Commission sur les paiements avancés par le transitaire pour le compte de l'exportateur ("commission sur débours)
- frais de dossier
- TCA sur la facture globale

Éléments du coût de la chaîne d'acheminement des grumes pour l'exportation par Port Gentil à partir du CENTRE DU GABON

L'hypothèse retenue est le **transport par eau, par l'Ogooué** (le transport par chemin de fer rejoint le cas de l'acheminement de l'Est du Cameroun par la gare de Belabo)

Départ chantier

a- **Transport routier de la forêt à la rivière**, atteint 200 km et plus, d'abord sur routes de chantier puis sur route publique (le plus souvent).

Le transport est fait par l'exploitant lui-même.

b - **Manutentions bord rivière**

Elles sont faites aussi par l'exploitant lui-même.

Elles comprennent

- déchargement des camions
- mise à l'eau des flottables (ces deux opérations n'en faisant souvent qu'une)
- confection de radeaux et stockage en eau
- stockage à terre et mise sur plate des non flottables

c - **Transport fluvial**

La distance est couramment de 300 km.

Le remorquage est généralement sous-traité. Une provision (3 % de la valeur plage) doit être faite pour perte de bois flottés.

d- Mise en FOB à Port Gentil

- Triage et drômage sur parc flottant
- Mise sous palan
- Taxe de port
- Acconage (+ taxe sur chiffre d'affaires)
- Droit et taxes de sortie :
 - droits de sortie
 - taxe d'abattage
 - taxe de reboisement
 - + taxes diverses (et nombreuses)
- Taxe de martelage
- Transit :
 - Honoraires d'Agréé en Douane (HAD)
 - commission sur débours
 - frais de dossier
 - taxes sur les facturations ci-dessus

Infrastructure routière

Chapitre 6

Chapitre 6

Infrastructure routière

61 - Généralités

Dans la plupart des forêts situées en zone tropicale, le problème du transport des bois se pose en des termes très différents de celui des forêts tempérées : à l'opposé de celles-ci, il est rare que les forêts tropicales aient déjà fait l'objet d'un aménagement.

Dans chaque pays, c'est autour de la voie d'eau que l'exploitation forestière s'est implantée à l'origine.

Après avoir récolté les zones immédiatement voisines des rivières, les exploitants ont dû aller de plus en plus loin et transporter les grumes jusqu'à la berge.

La voie ferrée étroite a d'abord répondu à ce besoin. Puis les routes en terre compactée ont permis l'implantation d'un réseau routier très ramifié, ouvrant à l'exploitation des forêts éloignées des rivières ou des voies ferrées.

Actuellement un réseau routier public, plus ou moins dense, existe dans de vastes régions ou dans des pays entiers. Ce réseau dessert les régions forestières, mais avec une maille très lâche limitée aux grands axes. Souvent, il ne touche directement qu'une partie des concessions forestières.

Dans les meilleurs cas, si une route publique traverse un permis, l'exploitation le long de cette route ne permet qu'une mise en valeur très incomplète, limitée à une pénétration sur quelques kilomètres.

L'évacuation des bois vers les lieux d'utilisation ou de distribution impose comme toute première tâche le raccordement du permis, au moyen d'une route d'accès, au réseau routier public, à un cours d'eau flottable ou à une voie ferrée. Le réseau routier pénètre ensuite le permis pour en desservir toutes les parcelles.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

L'exploitation étant grandement une affaire de transport, la construction des routes est une condition vitale de l'activité. Il faut de plus que ces routes soient bonnes : pas de bonne exploitation sans bonnes routes.

La construction de routes forestières doit être poursuivie dans un souci permanent d'économie, en raison du trafic toujours réduit et temporaire que de telles routes doivent supporter. En particulier, il est généralement exclu que ces routes reçoivent un revêtement asphalté, qui constituerait une dépense non rentable. Les routes forestières ne peuvent être réalisées avec les méthodes de tracé et de construction utilisées pour les routes publiques permanentes : ces méthodes conduiraient à un coût trop élevé.

611 - Qui construit les routes forestières ?

En Europe, c'est habituellement le rôle de l'Administration. Cela ne va pas toujours sans inconvénients dus aux délais de décision.

En pays tropical, les moyens de l'Administration sont le plus souvent insuffisants pour assurer la réalisation des réseaux routiers forestiers : par ailleurs se poserait le problème de leur ouverture à temps devant l'avancement de l'exploitation et de leur entretien ultérieur. La synchronisation avec le développement des coupes serait mauvaise. L'exploitation serait soumise à deux pôles de décision indépendants. On arriverait très rapidement à un blocage de l'activité.

C'est donc l'exploitant qui construit tout le réseau des routes forestières pénétrant les massifs à partir des voies de communications publiques.

Le rôle de l'Administration peut se concevoir au niveau de la conception des grandes lignes du réseau (position des axes principaux, caractéristiques) et au contrôle du respect de ces grandes lignes. Mais vouloir entreprendre la matérialisation des tracés sur le terrain peut mener à un gros travail dont l'Administration n'a souvent pas les moyens ; d'autant plus que cette matérialisation doit être effectuée à temps au sein d'une exploitation qui progresse.

612 - Caractères particuliers des routes forestières

Contrairement aux routes d'intérêt public, les routes forestières répondent à des besoins limités et originaux : trafic réduit, et à sens privilégié, trafic de ramassage, trafic de camions longs et lourds, durée de vie limitée.

612.1 - Le réseau routier doit, grâce à ses ramifications, desservir tout le massif forestier qu'il pénètre grâce à ses ramifications

Il a essentiellement un rôle de ramassage des produits : le réseau secondaire, cherche à bien desservir économiquement une surface et non à obtenir le trajet le plus court.

Toutes les ramifications aboutissent à un tronc commun qui rejoint un axe public : ce tronc commun a, lui, un rôle de liaison. Il peut être très long : jusqu'à 100 km et plus, construit à l'avancement par un exploitant ou par des exploitations successives.

612.2 - Les routes sont privées

Cela ne signifie pas que la circulation extérieure au chantier y soit interdite d'autant plus que ces routes tombent, dès leur construction, dans le Domaine Public. Mais elles ne desservent généralement que les permis d'une (ou deux) exploitation et se terminent très souvent en "cul de sac" : il n'y a donc pas lieu pour le public de les emprunter.

Les caractéristiques des routes forestières sont ainsi imposées par les seuls besoins de l'exploitant c'est-à-dire par le roulage des camions grumiers. Les exploitations qui n'exécutent leurs transports que sur routes privées sont donc libres de choisir la taille de leur matériel et d'y adapter leur infrastructure ; on se rapproche également de cette situation quand les routes forestières aboutissent à un réseau public spécialement conçu pour le transport de grumes (cas dans certaines régions du Gabon par exemple) et acceptant certaines dérogations de poids et de gabarit. La réglementation est évidemment beaucoup plus stricte lorsque le transport doit s'effectuer sur le réseau public normal.

L'exploitant est également maître de l'organisation du trafic : il peut l'arrêter quand il veut, en particulier quand il pleut.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

612.3 - Le trafic

Une route forestière ne subit, en général, qu'un trafic relativement réduit, limité à l'évacuation des produits forestiers et aux activités annexes.

Ce trafic est constitué par des véhicules de service (voitures légères ou type de "pick-up") des véhicules de servitude (camions de 5 à 20 t) et des camions grumiers dont on a vu que le PTR varie de 30 à 50 tonnes.

Ce sont évidemment ces derniers qui déterminent les caractéristiques des routes ; ils doivent pouvoir circuler partout au moins temporairement.

Le nombre de passages en un point donné d'une route principale reste toujours limité : 20 à 35 véhicules par jour au total dans les deux sens peuvent être considérés comme un maximum moyen¹ sur une route principale.

Sur les routes secondaires, le trafic atteint momentanément (au moment de l'exploitation) des niveaux presque aussi élevés.

Ce niveau de trafic est une différence avec les routes publiques et simplifie l'entretien.

Malgré ce nombre limité de véhicules, la nécessité d'un approvisionnement régulier des points d'utilisation ou de distribution des bois impose la possibilité de circulation permanente tout au long de l'année sur les axes principaux desservant l'ensemble du permis.

612.4 - Sens privilégié du trafic

Les transports s'effectuant dans un sens privilégié allant de la forêt vers les lieux d'utilisation ou de rupture de charge, les caractéristiques du profil en long pourront être quelque peu différentes dans les deux sens. Les véhicules revenant à vide vers la forêt acceptent des déclivités supérieures à celles qu'ils peuvent gravir en charge.

Une production de pointe de 300 t/jour (correspondant à 50 000 t/an) entraîne un trafic de 10 véhicules de 30 t utiles dans chaque sens.

612.5 - Caractère temporaire des routes

Si les routes d'accès aux chantiers et les routes principales sont bâties pour durer, il n'en est pas de même des routes secondaires conçues pour un temps d'utilisation limité : elles ne servent que tant qu'il y a des produits à évacuer ; après elles sont abandonnées. Ultérieurement elles peuvent être remises en état pour une nouvelle exploitation. Leurs normes de construction correspondant, en fait, aux besoins de la première période d'utilisation.

Ce caractère temporaire peut paraître choquant. Mais même dans une forêt aménagée, il ne serait pas possible (et il serait inutile) de maintenir en état de viabilité tout le réseau : on se limite aux axes principaux et à ceux où des travaux sont en cours.

Les exploitations forestières construisent des longueurs considérables de routes : l'entretien de tous les réseaux ouverts serait très onéreux et ne répondrait à aucun besoin. La seule attitude est d'abandonner les routes devenues inutiles, quitte à les remettre en état quand besoin sera : la plate-forme n'aura pas disparu.

Il n'en reste pas moins que les routes principales sont aussi durables que les routes du réseau public, tant qu'elles sont entretenues.

612.6 - Imputation des dépenses routières sur la coupe annuelle

L'exploitant, qui construit les routes forestières, impute les dépenses qui en résultent sur le compte d'exploitation de l'année en cours : dans le prix de revient des bois produits chaque année est inclus le coût des routes ouvertes cette même année. Il s'agit d'une dépense de fonctionnement.

Les routes ne sont donc pas considérées comme un investissement à amortir sur plusieurs années (sauf, quelquefois, cas de routes d'accès à une concession).

612.7- Routes toutes saisons. Routes de saison sèche

Pour les routes secondaires, cette distinction doit toujours être faite. Certaines routes n'ont à servir que pendant la saison sèche : elles n'ont pas à être construites avec le même soin que les autres.

Ces routes peuvent desservir les zones les plus difficiles d'accès où il serait trop onéreux d'aller en période humide.

Une telle distinction est possible parce que l'exploitant est le constructeur et l'utilisateur des routes. Il en résulte des économies importantes.

613 - Règles générales de construction des routes

Les caractères originaux que nous avons examinés justifient les règles suivantes particulières aux routes forestières

- Toute dépense visant à une construction durable et onéreuse doit être écartée au profit d'une solution temporaire mais économique adaptée au but recherché.
- Les pentes doivent être aussi faibles que possible en raison de la prédominance dans le trafic des camions lourds grumiers.
- Les déclivités maxima admises dans le sens montant vers la forêt (retour à vide) peuvent être notablement supérieures aux déclivités admises dans le sens descendant de la forêt (aller en charge).
- Le souci permanent d'économie relative qui préside à leur construction implique que les routes "suivent le terrain", c'est-à-dire aient un tracé en plan voisin de celui des courbes de niveau. Les terrassements consistent surtout en des transports de terre transversaux. Les transports longitudinaux sont limités et effectués sur courtes distances (par exemple : digues, accès à des ponts).

En terrain accidenté : un trajet largement sinueux et relativement plus long constitue une économie par rapport au trajet plus direct et plus court.

- Les chaussées sont réalisées en sol naturel quand cela est possible ou comportent une couche d'amélioration réalisée avec des matériaux d'apport, le plus souvent de type latéritique sur une faible épaisseur. Elles ne sont pas construites avec des normes de sécurité, quant à leur résistance, comparables à celles des routes publiques : en effet, l'exploitant qui les utilise est maître du matériel nécessaire à leur entretien et des moyens d'intervenir rapidement là où la résistance de la chaussée est insuffisante.

Les matériaux dont les routes sont constituées obligent souvent à respecter le système des "barrières de pluie" : cela ne proscrie pas le roulage en saison humide, mais seulement pendant les heures (ou les jours) où il pleut ou qui suivent la pluie. Beaucoup d'averses tombent en fin de journée, la nuit ou en début de matinée. Dans le courant de la journée l'insolation directe ou à travers les nuages, est généralement forte. La chaussée sèche assez vite, permettant le roulage au moins à temps partiel. Les interruptions de trafic ne dépassent pas quelques jours pendant la plus mauvaise saison.

Au Gabon, dans une région difficile, recevant plus de 3 m de pluie par an, on a relevé que le trafic du mois le plus arrosé atteignait 6,2 % du trafic annuel, soit environ 75 % du mois moyen.

614 - Comparaison entre coût des routes forestières et coût des routes publiques

Entre ces deux types de routes, on peut trouver des différences de coût allant de 1 à 10. Pourquoi ? La comparaison a peu de sens car on parle de choses différentes.

a - Les techniques de construction diffèrent :

- les routes forestières "suivent le terrain" d'où peu de transports longitudinaux de terre. Les routes sont faites au bulldozer. Il en résulte des routes sinueuses.
- Les routes publiques, ayant un rôle de liaison doivent être plus rectilignes, pour une circulation plus rapide. Elles nécessitent alors des terrassements beaucoup plus importants, avec transports de terre longitudinaux. Elles sont faites au scraper.

Ce qui précède montre que certaines routes forestières peuvent difficilement se transformer en routes publiques de liaison à trafic un peu important, car elles sont trop sinueuses. Cela n'est toutefois pas vrai en terrain facile où les routes sont construites sur de grandes lignes de crêtes rectilignes.

b - Les normes de résistance de routes forestières sont plus faibles que celles des routes publiques.

Quand une entreprise de Travaux Publics a construit une route, celle-ci doit "résister" avec certitude quelles que soient les conditions climatiques. Cela exige des normes de construction onéreuses.

Il en va différemment des routes forestières : s'il peut s'en servir tout le temps, l'exploitant y est toutefois maître du roulage et l'arrête quand il y a trop de risques (barrière de pluie).

Si la route "ne tient pas" en un point donné, nous avons dit que l'exploitant, maître d'oeuvre, est toujours là avec son matériel, pour intervenir immédiatement, réparer et améliorer. Sur route publique, l'entreprise constructrice aura probablement déménagé... Il faut donc être sûr que des désordres ne se produiront pas : on prend les marges de sécurité pour cela.

Tout ceci explique qu'à trafic égal, on atteint, en forêt, le résultat cherché avec moins de moyens.

c - Beaucoup de routes publiques sont conçues pour un trafic beaucoup plus important que celui supporté par les routes forestières principales.

d - En forêt, Les dépenses d'étude routières sont réduites au minimum, alors que, sur routes publiques, les dépenses à engager imposent des études coûteuses.

e - Quand un exploitant parle du prix de ses routes, il raisonne en coûts directs du personnel ou du matériel intervenant dans la construction. Ces coûts ne comportent ni frais généraux de chantier ou d'entreprise, ni dépenses d'encadrement des équipes, ni bien entendu de bénéfices d'exploitation.

Ne sont donc pas compris

- les dépenses d'encadrement : chef d'exploitation, chef de chantier ou routier spécialisé,
- les moyens en véhicules utilisés pour le transport du personnel,
- les charges générales de logement du personnel et, plus généralement, d'installation des campements.

Les catégories de dépenses ci-dessus constituent, en effet, des charges de structure, comptabilisées dans l'exploitation forestière au niveau des frais généraux

Par contre, quand l'Administration passe contrat avec une entreprise de T.P., celle-ci doit facturer

- l'installation de la logistique indispensable (campements, ateliers),
- le déplacement du matériel et du personnel,
- tous les frais généraux,
- toutes ses charges financières,
- les taxes,
- son bénéfice.

615 - Cas particulier de l'exploitation papetière

Les routes forestières desservant de grosses usines (par exemple pâte à papier), réclament des approvisionnements annuels en bois de l'ordre du million de m³ grume ou plus. Elles auront au niveau des axes principaux, des contraintes qui seront celles des routes publiques. Mais le reste du réseau, se trouvera plus ou moins dans les conditions décrites plus haut, avec toutefois des durées d'utilisation beaucoup plus longues pour chaque route secondaire (en raison du gros volume à l'hectare), durées prolongées par une activité sylvicole ultérieure.

Si des plantations aboutissent à une courte rotation des coupes, on se trouvera dans des conditions d'emploi du réseau routier pratiquement permanent, analogues à celles qu'on connaît en pays industrialisé.

62 - Composition du réseau routier

Dans l'évacuation des bois exploités, chaque route ou chaque tronçon de route n'a pas le même rôle et n'est pas soumis à un trafic uniforme.

Chaque parc est contigu à un épi routier ou à une route secondaire qui dirigera les bois vers des tronçons de plus en plus fréquentés jusqu'au débouché sur la route publique, la voie d'eau ou la ligne de chemin de fer.

Chacun des tronçons successifs supporte par conséquent un trafic qui croît à mesure que l'on s'éloigne des lieux d'abattage pour se rapprocher du point de déchargement.

Un exemple permet de préciser le rôle de chaque tronçon de route d'après le volume de bois transitant en ce point et d'après la durée de service. Supposons une forêt où on exploite $10 \text{ m}^3/\text{ha}$. Si la distance maximum de débardage est de $0,5 \text{ km}$, chaque tronçon d'un km de route desservira une parcelle de $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$, soit 100 ha , d'où l'on extraira $1\,000 \text{ m}^3$. Chaque fois que la route s'avance d'un km , le volume transitant sur chaque tronçon s'accroît de $1\,000 \text{ m}^3$: on fera circuler autant de fois $1\,000 \text{ m}^3$ qu'il y a ou qu'il y aura de kilomètres de route situés en amont. En chaque point, la durée du roulage peut alors varier dans de larges limites allant de une semaine, pour le parc de chargement le plus éloigné, à plusieurs mois quelques kilomètres en aval. A chaque carrefour, le trafic forestier s'accroît de l'apport de la voie confluyente. On comprend que, si les routes peuvent être établies sommairement à leur extrémité, on doit veiller à leur tracé et à leur construction dès qu'elles deviennent semi-permanentes ou permanentes.

La différence de trafic des diverses catégories de routes est souvent plus une question de durée que d'intensité. Un chantier petit ou moyen qui a un seul point d'exploitation imposera pratiquement le même trafic journalier à une route très secondaire qu'à sa route principale, mais dans le premier cas, ce trafic durera peu de temps. Sur un gros chantier, on a souvent deux (quelquefois plus) points de production : la route principale subit alors un trafic égal à la somme des deux.

Notons toutefois que fréquemment le débardage se trouve terminé sur une route secondaire alors que des bois y restent à évacuer. Le trafic se partage alors entre la route en cours d'exploitation et celle où des bois débardés attendent encore.

Les routes peuvent se classer en quatre catégories : les routes d'accès, les routes principales, les routes secondaires et les épis routiers.

621 - Routes de liaison ou d'accès au chantier

C'est le tronçon de route assurant la liaison entre le chantier (limite du permis ou campement de base, etc...) et le réseau routier public ou une voie d'eau ou une voie ferrée.

Cette route, lorsqu'elle existe, supporte la totalité du volume exploité pendant toute la durée d'exploitation du permis. Il s'agit donc d'un axe vital. Sa réalisation précède le commencement des opérations d'exploitation proprement dites.

Elle doit être praticable en permanence tout au long de l'année pendant un plus ou moins grand nombre d'années.

Sa longueur est essentiellement fonction de la situation géographique du permis : elle peut dans certain cas atteindre 50 ou même 100 km Elle draine annuellement quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de m³ selon les cas.

622 - Routes principales internes au chantier

Ce sont les routes qui desservent tout ou partie de la concession et autour desquelles s'organise l'activité. Chacune d'elles servira au minimum un an et souvent plusieurs années. En général, elles s'articulent autour d'une dorsale qui traverse pratiquement l'ensemble du permis.

Ces routes doivent être en bon état et rester praticables pendant toute l'année, saisons des pluies comprises.

623 - Routes secondaires et épis routiers

Avant de définir ces deux catégories de routes, il faut rappeler que le débardage peut s'organiser de deux façons

- le débardage direct de la souche à la route grâce à des tracteurs à chenilles ou à pneus,
- le débardage avec rupture de charge où le tracteur à chenilles va au pied de l'arbre et débarde jusqu'à un parc intermédiaire en forêt d'où part une piste utilisée par le tracteur à pneus.

La méthode de débardage influence la conception ultérieure du réseau routier.

a - Cas du débardage direct

Ce premier schéma correspond à une exploitation en zone facile ou assez facile avec un volume suffisant à l'hectare.

On peut y distinguer routes secondaires et épis routiers.

- *Les routes secondaires :*

Les routes secondaires permettent l'accès à chaque zone d'exploitation. Leur durée de vie est donc généralement limitée à quelques semaines ou quelques mois au plus. Ces routes ne demandent souvent que peu de moyens et pas d'entretien.

Les parcs de chargement sur camion, point de rupture de charge entre débardage et transport, sont dans la majorité des cas répartis le long de ces routes secondaires.

- *Les épis routiers :*

Il s'agit de courts tronçons sommairement terrassés, destinés à faire la liaison entre certains parcs de chargement et routes secondaires. Ils ne sont utilisés qu'en terrain facile et saison favorable.

b - Cas du débardage avec rupture de charge

Ce schéma est utilisé dans les zones accidentées. Il est utilisé aussi pour l'exploitation de zones pauvres. On réduit l'extension du réseau routier, en allongeant le débardage grâce aux tracteurs à pneus.

Le réseau de routes secondaires se trouve alors réduit au minimum.

Le débardage second empiète beaucoup plus sur le transport routier que sur le débardage classique à partir de la souche. On peut considérer les pistes de débardage second comme des voies forestières sommaires.

Au Gabon, il arrive souvent que la distinction route principale - route secondaire soit assez formelle : si elles sont praticables toute l'année, elles doivent répondre aux mêmes besoins. Nous avons dit que la route secondaire subie souvent le même trafic que la principale, mais pendant beaucoup moins de temps.

c - Règles générales

Si des routes secondaires ne servent qu'en saison sèche, elles n'ont pas à avoir les mêmes caractéristiques que les routes utilisables quand il pleut. Les épis routiers sont toujours ouverts pour la saison sèche.

Il arrive souvent qu'une route secondaire soit conçue pour un roulage en toute saison sur sa partie "aval" et uniquement pour la saison sèche à une extrémité.

63 - Caractéristiques géométriques des routes

Toute définition ou représentation d'une route se fait par l'intermédiaire de trois éléments

- le profil en travers ou coupe transversale de la route,
- le tracé en plan, c'est-à-dire la vue aérienne de la route avec ses virages,
- le profil en long traduisant la projection de l'axe de la route sur un plan vertical.

631 - Profil en travers

Le profil en travers d'une route est évidemment fonction de la topographie ; mais pour des raisons d'économie, on évite chaque fois que possible les profils tout en déblai ou tout en remblai.

A flanc de coteau, la plus grande partie du profil est établie en déblai : le déblai permet en effet d'asseoir la chaussée sur le terrain en place, donc stable et déjà compacté. Les transports de terre sont, nous l'avons dit, surtout transversaux (fait au bulldozer).

En terrain accidenté, des transports longitudinaux sont inévitables, pour diminuer la sinuosité ou pour accéder à des ponts. Ils représentent une faible partie des terrassements. Ils ont lieu sur courte distance car le bulldozer est généralement seul utilisé.

Dans tout profil en travers type, on distingue :

- a - la chaussée affectée à la circulation des véhicules ;
- b - la plate-forme, entre fossés ou crêtes des talus de remblai, comprenant la chaussée et les accotements et qui doit être assez large pour permettre croisements et dépassements ;
- c - l'assiette, entre limites extrêmes des terrassements et qui correspond à la largeur du dessouchage ;
- d - l'emprise ou limites du terrain affecté à la route

Celle-ci inclut, de chaque côté de la route, une largeur où est effectué l'éclaircissement, c'est-à-dire l'abattage de la végétation, au moins la plus haute, de façon que la chaussée soit ensoleillée le plus longtemps possible.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

En pratique, il est assez difficile, sur une route à profil normal, de distinguer nettement après une certaine durée d'utilisation les éléments constitutifs de la plate-forme : chaussée, accotements et profils des fossés forment souvent un ensemble continu.

Le déforestation est effectué au bull. L'éclairage est exécuté à la scie à chaîne.

Sur les côtés de la route, le déforestation au tracteur ne porte pas sur les gros arbres qui sont abattus à la scie. C'est pourquoi, il y a recouvrement entre la largeur déforestée et la largeur éclairée.

Les largeurs les plus courantes, variables selon les types de routes, sont les suivantes :

- Emprise : 30 à 45 m maximum
- Largeur déforestée : 15 à 28 m
- Largeur terrassée : 7 à 12 m
- Largeur nivelée
(fond de fossé à fond de fossé) : 6 à 9 m
- Largeur éclairée
 - . Terrain peu accidenté ou plat : 10 à 17 m de chaque côté
 - . Flanc de coteau : 5 à 30 m

A flanc de coteau, l'éclairage n'est pas le même des deux côtés, toujours beaucoup plus large en amont : on peut avoir 5 m en aval, 25 m en amont.

Une route est-ouest nécessite un éclairage, moins large qu'une route nord-sud : elle est en effet ensoleillée plus longtemps.

631.1 - Profil de la chaussée et accotements

Le profil de la chaussée affecte presque toujours une forme bombée pour favoriser l'écoulement vers l'extérieur des eaux de pluies.

Les chaussées étant réalisées en sol stabilisé, il est indispensable d'éviter les stagnations d'eau, les infiltrations et bien entendu le ravinement. Le choix de la pente transversale du profil résulte d'un compromis entre la pente assez forte pour assurer l'évacuation rapide des eaux et la pente assez faible pour éviter tout ravinement. La pente la plus efficace se situe entre 3 et 5 %.

Il est souhaitable d'obtenir l'écoulement des eaux de pluies sous forme d'une lame d'eau d'épaisseur sensiblement constante de façon à réduire le ravinement. Toute stagnation en flaques, outre quelle accroît les infiltrations, favorise un écoulement localisé en filets d'eau, générateurs de ravinement en réseau ("pattes d'araignées").

Le profilage mécanique à la niveleuse permet de réaliser des profils en travers constitués par des versants plans plutôt que par une surface à courbure continue. Il est commode de réaliser une chaussée à deux versants plans raccordés par un méplat.

631.2 - Fossés

Le rôle du fossé est de collecter les eaux de ruissellement et de les évacuer vers les exécutoires.

Il joue donc aussi un rôle de drain en évitant les infiltrations en profondeur sous la chaussée pour cela le fond du fossé doit être à un niveau inférieur de 60 cm à celui de la chaussée.

Le fossé taillé à la niveleuse satisfait bien à ces conditions.

Deux écueils sont à éviter : la formation de dépôts qui obstruent les fossés et l'érosion qui peut menacer la plate forme. Une pente minimum longitudinale facilite l'élimination des dépôts, mais quand elle dépasse 5 % les risques de ravinement s'accroissent vite.

Les fossés peuvent avoir une section trapézoïdale traditionnelle lorsque exécutés manuellement ou une section triangulaire lorsqu'ils sont creusés et entretenus mécaniquement à la niveleuse. La largeur au sommet atteint 1m à 1,50 m suivant les cas.

On admet généralement une pente de talus côté chaussée de 2/1.

En pratique, si les accotements ne se distinguent pas de la chaussée et en constituent le prolongement, les fossés, exécutés à la niveleuse se trouvent être, soit l'extrémité latérale de la "forme", soit un prolongement de section triangulaire.

La limite entre ces diverses parties du profil en travers n'est pas toujours nette, en particulier sur les routes secondaires.

631.3 - Largeur des routes

Nous définirons la largeur comme celle de la plate-forme, entre bords intérieurs des fossés.

D'après les relevés effectués sur les chantiers, on peut retenir les valeurs courantes ci-dessous :

- Zone facile

Routes d'accès aux chantiers : 10 à 12 m,

Routes principales : 8 à 10 m,

Routes secondaires : 5 à 7 m.

- Terrain accidenté

Routes principales : 8 à 10 m,

Routes secondaires : 6 à 7 m.

- Pistes pour tracteurs à pneus (terrain accidenté)

La largeur est conditionnée par celle d'une pelle de bulldozer : de l'ordre de 4,5 m en général.

632 - Tracé en plan - Les courbes

Le tracé en plan d'une route d'exploitation est choisi de façon à :

- assurer de bonnes conditions de drainage,
- éviter si possible les terrains inconsistants ou marécageux,
- et réduire au minimum les terrassements.

Il traduit donc toujours un compromis entre le respect de caractéristiques de chaussée que l'on s'est fixé à l'avance et l'économie maximum de terrassements. La route cherche plus à s'adapter aux conditions topographiques de la zone à desservir qu'à les modifier ou les franchir : nous avons dit que la route "suit le terrain".

La connaissance par la prospection des zones d'une richesse suffisante pour être exploitées et, par conséquent, à desservir intervient surtout sur le réseau routier secondaire.

Chaque recherche de tracé routier représente un cas particulier, mais répond cependant à quelques règles générales :

En terrain peu ou moyennement accidenté, on établit les routes sur les crêtes ou à leur voisinage immédiat pour économiser du terrassement, faciliter le drainage de la chaussée et se trouver dans des terrains les plus sains possibles.

- Dans des zones sans crêtes continues, les routes passent d'un col à l'autre en suivant le flanc des coteaux entre deux points de passages obligés successifs (exemple typique : relief en "peau d'orange").
- En terrain fortement accidenté les routes sont établies dans les vallées (surtout si celles-ci sont larges) en franchissant les nombreux petits cours d'eau le plus loin possible de leur embouchure.

632.1 - Courbes - dévers

Tout véhicule abordant une courbe est soumis à une force centrifuge qui tend à le pousser vers l'extérieur de la courbe. Pour contrarier la tendance au dérapage et améliorer la stabilité des véhicules, on doit relever la chaussée à l'extérieur de la courbe. Il y a deux facteurs qui obligent à limiter le devers :

- le ravinement transversal : la pente transversale doit rester inférieure à 5 %,
- l'adhérence des véhicules s'ils prennent le virage à très faible vitesse : sur route à mauvaise adhérence, il ne faut pas que les véhicules glissent vers l'intérieur de la courbe.

Le raccordement du devers, en virage, à la chaussée normale doit être progressif. En général selon une pente à 1 % c'est-à-dire sur une longueur égale à 100 fois la hauteur du relèvement maximum.

Le rayon minimum des courbes est donné par le rayon de braquage extérieur des véhicules. Pour les véhicules longs tels que les camions grumiers ce rayon est de 15 à 20 m . Mais, il faut admettre un rayon minimum très supérieur à ce rayon de braquage. On distingue souvent un rayon limite normal que l'on doit adopter et un rayon minimum qui correspond aux cas exceptionnels.

	Rayon limite en mètres	Rayon minimum en mètres
En terrain peu accidenté	100	40
En terrain très accidenté	40	20

632.2 - Surlargeurs dans les courbes

Dans les courbes à court rayon, les véhicules articulés s'inscrivent mal. Les roues arrières du tracteur et surtout des roues de la remorque décrivent une trajectoire différente de celle des roues avant.

Elles tendent à "couper le coin". Le véhicule a un encombrement supérieur à son gabarit en ligne droite. Il faut donc prévoir une surlargeur dans la courbe, que l'on place symétriquement de part et d'autre de l'axe ou vers l'intérieur. Cette surlargeur constante dans la partie courbe est raccordée progressivement aux alignements droits à l'entrée et à la sortie de la courbe.

Tableau 632.2
Surlargeurs en courbe et longueurs de raccords

Rayon sur l'axe (R)	Sur largeur (S)	Longueur du raccordement (T)
20	2,50 m	20 m
40	1,30 m	25 m
50	1,00 m	30 m
100	0,50 m	30 m

632.3 - Emplacements des courbes - Ponts

Il est des points spéciaux où l'emplacement de courbes ne peut être retenu même lorsque la configuration du terrain obligerait à en prévoir un.

Un exemple est fourni par les ponts : il est indispensable de placer à l'entrée et à la sortie du pont une ligne droite d'au moins 30 m axée sur l'ouvrage pour éviter toute fausse manoeuvre.

Deux courbes de sens contraire doivent être séparées autant que possible par un alignement droit de 40 m en terrain facile et 10 m en terrain très accidenté.

On évite également de construire un virage isolé de faible rayon qui risque de surprendre les conducteurs sur un itinéraire homogène.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

632.4 - Visibilité en courbe

La visibilité est indispensable à la sécurité. Il est nécessaire de tracer une route de façon qu'à tout moment le conducteur aperçoive devant lui une longueur de route suffisante pour lui permettre de s'arrêter avant l'obstacle (distance d'arrêt). Comme l'obstacle peut être constitué par un véhicule venant en sens inverse, la distance minimum de visibilité doit être égale au double de la distance d'arrêt, à une vitesse donnée.

Tableau 632.4
Distances minima de sécurité

Vitesse km/h	Distance d'arrêt en m.	Distance visibilité en m.
30	21	42
40	32	64
50	45	90
60	60	120

Les valeurs du tableau sont établies à partir de la formule

$$D = \frac{2V}{5} + \frac{V^2}{100}$$

ou : D = distance d'arrêt en mètres

V = vitesse du véhicule en km/h.

La première partie de la formule correspond à la distance parcourue pendant le délai de réaction du conducteur ; la seconde partie correspond à la distance de freinage jusqu'à l'arrêt.

Pour l'obtenir, il suffit généralement de débrousser périodiquement l'intérieur du virage.

En terrain accidenté, on effectue le "dérasement" du talus non au niveau de la chaussée, mais au niveau de l'oeil des conducteurs, c'est-à-dire pratiquement à 1 m ou 1,25 m au-dessus de l'axe de la chaussée (banquette de visibilité).

633 - Profil en long

Le profil en long d'une route est déjà pratiquement déterminé lorsque le tracé du plan définitif a été arrêté.

Le profil en long doit répondre à plusieurs conditions :

- assurer l'écoulement des eaux tout en empêchant le ravinement,
- éviter les fortes pentes à la montée ou à la descente,
- assurer une bonne visibilité

633.1 - *Écoulement des eaux - le ravinement*

On sait que la stagnation de l'eau est l'ennemie des routes en terre. Une pente minimum, de 1 % par exemple, est donc, de ce point de vue, toujours préférable à un palier (ou section de route horizontale).

Quand on parcourt une route ou une pente légère est suivie d'une montée également légère (profil en long en forme de V très évasé), combien de fois ne roule-t-on pas sur une chaussée en excellent état sur les pentes ; mais il y a dégradation au point de raccordement, au fond du V, où la pente est nulle et où l'eau stagne. Cela est très désagréable, car il faut ralentir au bas de la pente ; pour un camion chargé, c'est inacceptable car il doit profiter de son élan pour aborder la montée.

Dans la partie plane, on doit porter le bombement de la chaussée à son maximum possible.

A l'opposé, les dégradations dues au ravinement par les eaux pluviales s'accroissent très vite à mesure que la pente augmente (supérieure à 5 %) et obligent à un entretien onéreux. Elles sont d'autant plus importantes que la pente est plus forte et la déclivité plus longue.

633.2 - *Véhicules dans les rampes et pentes*

Les camions lourds ne peuvent gravir en charge des rampes supérieures à 6 % qu'à faible vitesse et avec peine ; les pentes nécessitent un gros effort de freinage.

En virage, la pente doit être inférieure à ce qu'elle est en ligne droite et cela d'autant plus que le rayon de courbure est petit. En effet, en courbe les camions "peinent" davantage. Sans cette précaution, on aboutit à des pentes excessives dans la partie de la chaussée située à l'intérieur de la courbe. Dans un lacet, la pente doit être nulle, précisément en raison de ce qui précède. C'est-à-dire que lors de l'implantation du tracé, le lacet doit pouvoir être situé en dehors du raccordement

des deux alignements topographiques qui le précèdent et le suivent (c'est là un test de la qualité du travail du topographe).

En ligne droite, les pentes limites suivantes ne devraient pas être dépassées :

Sens de la circulation	En charge %	A vide
Terrain peu accidenté	4	8
Terrain très accidenté	8	12

Dans de longues rampes, il est nécessaire de prévoir de place en place des paliers ou des tronçons à pente atténuée.

64 - Les routes en sol compacté

L'expérience a montré que la réalisation de chaussées capables de supporter la circulation de véhicules lourds n'est pas forcément liée à la présence de matériaux durs apportés à grands frais

La technique de stabilisation des sols permet la réalisation des routes en limitant l'apport de matériaux à une couche d'amélioration qui constitue la chaussée. Elle est disposée sur le sol naturel. Cette technique est beaucoup plus légère que celle utilisée sur les routes publiques, surtout si elles sont revêtues (bitumées).

La chaussée en sol compacté dépend de trois facteurs : la granulométrie, effet de l'eau et le compactage.

641 - Propriétés mécaniques des sols

Dans un projet de route publique, l'étude des sols est basée sur de nombreux essais de laboratoire. Ces essais, très variés, ont pour rôle d'aider l'ingénieur à prévoir le comportement des couches successives ; ils servent de base au calcul des épaisseurs des chaussées. Pour des routes forestières, il n'est pas possible de recourir à de telles études préalables.

Il n'est pas inutile cependant de donner ci-dessous les règles principales qui s'appliquent.

641.1. Granulométrie du sol

La granulométrie étudie la distribution en poids des grains du sol suivant leurs dimensions. On distingue les classes de grains suivantes :

- Les éléments grossiers :

- cailloux supérieurs à 20 mm,
- graviers compris entre 2 et 20 mm,
- gros sables : 0,2 à 2 mm.

- Les éléments fins :

- sables fins : entre 0,02 et 0,2 mm c'est-à-dire 20 et 200 microns,
- limons : compris entre 2 et 20 microns,
- argiles inférieures à 2 microns.

A titre de repère, rappelons que l'oeil humain, à vue normale, ne distingue deux points que s'ils sont distants de plus 0,075 mm (ou 75 microns).

L'analyse granulométrique permet de mesurer le poids des éléments d'une dimension donnée existant dans le sol étudié. Elle s'obtient par tamisage pour les particules de dimensions égales ou supérieures à 0,1 mm (ou 100 microns) et par sédimentation pour les particules de dimensions inférieures, c'est-à-dire en basant les essais et mesures sur la vitesse variable de décantation dans l'eau en fonction du diamètre des grains.

a - Gros éléments

L'ensemble des gros éléments, c'est-à-dire les cailloux, les graviers et les gros sables ne présentent aucune cohésion. La résistance d'une masse composée de grains supérieurs à 0,2 mm ne dépend que du frottement entre particules. Ses propriétés ne varient pratiquement pas avec la teneur en humidité.

b - "Fines"

Les éléments fins que l'on appelle d'ailleurs les "fines du sol" quand ils ont moins de 80 microns ou 0,08mm ont un comportement qui varie beaucoup selon la teneur en eau ; ce sont les éléments fins et surtout l'argile en présence de l'eau, qui donnent la cohésion aux sols. Pour prendre une image : on peut dire que le sol peut être considéré comme un béton naturel dans lequel le squelette est constitué par les gros éléments et le liant par les éléments fins. La cohésion apportée par ces derniers est indispensable à la tenue des chaussées ; faute de cohésion, les éléments constitutifs de la chaussée se dispersent sous l'action du roulage (ex. : sols trop sablonneux).

Les gros éléments du sol apportent à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour résister au roulage.

Dans la nature, on rencontre des sols où, dans certaines couches, toutes les catégories de diamètres sont représentées : c'est souvent le cas des terrasses des lits majeurs de rivière et des fleuves qui sont composées de couches plus ou moins épaisses d'un mélange de sable et de graviers. On dit que les sols ont une granulométrie continue ou étalée. Ils peuvent être utilisés comme nous le verrons, sans subir aucune préparation après leur extraction ; on les appelle des tout-venants de carrière.

Dans la zone tropicale, on rencontre souvent des sols comportant des gravillons latéritiques. Ils constituent souvent une source très précieuse de tout-venants latéritiques. De tels sols sont très intéressants et leur recherche fait l'objet d'un souci permanent des constructeurs de route.

641.2 - Effet de l'eau

La présence d'argile et d'eau joue un rôle très important dans le comportement du sol ; l'argile a en effet l'avantage de se dessécher difficilement et de conserver la cohésion par temps sec mais il a l'inconvénient d'être très sensible à un excès d'eau.

Les sols très perméables, tels que les sables, sont peu vulnérables à l'eau. Les sols très imperméables à forte teneur en argile s'imbibent mal. Par contre, les sols intermédiaires tels que les limons sont les plus sensibles à l'action de l'eau.

L'ensemble des éléments de dimensions inférieures à 0,42 mm (passant au tamis 0,42) constitue le mortier et joue le rôle essentiel dans le comportement du sol vis-à-vis de l'eau. Les teneurs en eau servent à caractériser les changements de consistance du mortier qui passe de l'état de liquide pâteux, dit état fluide, à l'état plastique où le sol garde sa forme mais se pétrit à la main et se déforme sous de faibles charges².

La présence de matières organiques ou d'humus augmente la sensibilité du sol à l'eau. Pour cette raison, la partie superficielle du sol qui contient des éléments végétaux en décomposition doit toujours être décapée et écartée de l'assiette de la route avant de procéder aux terrassements.

² Les teneurs en eau qui caractérisent ces changements de consistance sont les "limites d'Atterberg".

642 - Constitution des chaussées

642.1 - Rôle des différentes couches

Sur une chaussée publique construite pour subir une circulation importante, on distingue plusieurs couches dont chacune est destinée à résister à des efforts définis. De haut en bas, on distingue de façon schématique la couche de surface, la couche de base, la couche de fondation.

- a - La couche de surface est en contact avec les roues, elle supporte les efforts verticaux dus aux charges et les efforts horizontaux dus au roulage ; elle doit résister au cisaillement et présenter une grande cohésion. Elle est constituée le plus souvent à base de liants hydrocarbonés.
- b - La couche de base, épaisse de 10 à 20 cm, doit résister surtout aux efforts verticaux ; elle doit être compacte et présenter une bonne cohésion en surface.
- c - La couche de fondation, plus grossière que la couche de base et destinée à résister à des charges verticales amorties : elle peut ne présenter aucune cohésion.
- d - La forme est la surface du terrain de fondation ou terrain naturel telle qu'elle résulte du terrassement.

Pratiquement, pour les routes d'exploitation forestière en sol compacté, on ne trouve pas cette succession des trois couches qui correspond à des matériaux choisis pour résister aux divers efforts. On ne peut guère distinguer que deux couches différentes : le sol naturel et la couche d'amélioration.

642.2 - Sol naturel

Le sol naturel une fois décapé de la terre végétale et après le terrassement, suffit à constituer la couche de fondation. De très nombreux sols conviennent, dès lors qu'ils peuvent être compactés et qu'ils sont peu sensibles à l'eau.

Le compactage de ces sols est d'autant plus facile à réaliser que la granulométrie est continue. Ces sols sont d'autant moins sensibles à l'eau qu'ils contiennent moins d'éléments fins et surtout d'argile. Ainsi les sols suivants sont les meilleurs :

- a - les sols à gros grains constitués par un mélange de gravier et de gravillons avec peu ou pas de fines ;
- b - les graviers avec fines, plus ou moins limoneux ou argileux ;

Chapitre 6 - Infrastructure routière

c - les sols sableux avec peu ou pas de fines.

La principale qualité exigée est une faible sensibilité à l'eau il convient d'assurer un bon drainage effectué par les fossés et l'évaporation.

Dans les cas favorables, le sol naturel peut jouer à la fois le rôle de fondation et de couche de roulement : la route est entièrement réalisée en sol naturel. Cela est particulièrement réalisable pour les routes secondaires de "saison sèche" et pour les routes établies sur sols latériques riches en gravillons.

Si, inversement, le sol naturel ne présente que des caractéristiques médiocres en raison d'une forte proportion d'éléments fins (excès d'argile), on doit faire porter tous les efforts pour éviter l'imbibition : les fossés latéraux seront ouverts plus profondément. En outre, l'épaisseur de la couche d'amélioration sera augmentée au moins dans les zones à risques.

642.3 - La couche d'amélioration

Au-dessus du sol naturel compacté, on réalise grâce à un matériau d'apport, une couche d'amélioration. Ce matériau fait l'objet d'un choix spécial. Les cailloux de plus de 30 à 40 mm sont à éliminer pour faciliter l'épandage et le nivellement et éviter les arrachements en surface par la circulation. Une bonne granulométrie permet la stabilisation de cette couche par compactage. Les matériaux doivent présenter une dureté suffisante pour ne pas s'écraser sous la circulation. Cette couche d'amélioration a une épaisseur variable de 10 à 20 cm environ avant tassement. Elle est constituée par des mélanges graveleux naturels comprenant des cailloux, des graviers, des sables peu de fines. Ils peuvent provenir des dépôts fluviaux situés dans le lit majeur des rivières.

Dans la zone tropicale, cet apport est très souvent constitué par un tout-venant latéritique comprenant des éléments grossiers et une partie fine argileuse. Les éléments grossiers de diamètre supérieur à 1mm sont constitués par des concrétions ferrugineuses de dureté variable qui donnent aux couches compactées une résistance élevée. La partie fine contient des oxydes de fer et d'aluminium qui provoquent le durcissement à l'air et l'insensibilisation à l'eau généralement constatés. Les tout-venants latéritiques se compactent très bien au rouleau à pneu ou plus simplement par la circulation. Ils constituent d'ailleurs très souvent le seul matériau dur accessible.

Les matériaux d'apport sont extraits de gisements naturels toujours hétérogènes. La teneur en concrétions varie d'un niveau à l'autre. Très souvent les bancs présentant une composition convenable sont peu épais et la teneur en argile augmente jusqu'à devenir inacceptable à la partie inférieure. La prospection de ces gisements et la surveillance de l'extraction exigent une intervention constante.

Si la latérite est le matériau le plus couramment utilisé et le mieux connu, il est aussi l'un des meilleurs.

Mais il serait faux de croire qu'il est le seul utilisable ; là où la latérite manque, il existe d'autres sols utilisables, toutefois, souvent de qualité inférieure.

C'est le cas de sols sablo-argileux présentant une bonne granulométrie. Ils nécessitent des reprofilages à la niveleuse assez fréquents, mais sont parfaitement utilisables si on n'a pas mieux.

On peut aussi, comme cela a été évoqué plus haut, réaliser une couche d'amélioration en corrigeant la granulométrie du sol naturel. Par exemple apporter du sable à un sol trop argileux, en réalisant le mélange à la niveleuse³. Les ressources de cette technique ne sont généralement pas utilisées, mais pourraient l'être quand la latérite manque.

Dans des régions mal connues où les gîtes à matériaux évidents (latérites) sont absents, il peut être utile, sinon indispensable, de demander l'aide d'un laboratoire des Travaux Publics qui pourra guider vers l'emploi de matériaux autres que les latérites, en tout-venants ou conseiller des corrections de granulométries, avec mélange à la niveleuse.

643 - Stabilisation et compactage

Tout sol naturel en place comme tout sol remanié et foisonné contient de nombreux vides remplis d'air et donne lieu à des tassements sous l'influence des charges. Pour utiliser un sol quelconque comme couche de chaussée, il faut le stabiliser, c'est-à-dire améliorer ses qualités routières de façon qu'il puisse supporter la circulation même dans des conditions défavorables d'humidité ou de sécheresse.

Cette amélioration peut se faire au moyen de plusieurs techniques :

- par compactage seul : stabilisation mécanique,
 - par correction de la granulométrie par apport de matériaux et mélange de ceux-ci avec les matériaux en place (à la niveleuse par exemple)
 - par correction de qualité du mortier par apport de bitume, ciment, chaux etc.
- } puis compactage

Le compactage seul constitue le moyen très généralement utilisé pour les routes forestières. Les autres procédés ne sont pas employés parce que plus complexes et plus coûteux. Après le compactage, on obtient ce qu'on appelle un béton de sol.

³ Il n'est guère envisageable d'utiliser des matériels spécialisés plus élaborés.

Pour compacter, on effectue un certain nombre d'opérations mécaniques qui diminuent le volume apparent du sol par réduction des vides. On recherche la disposition des grains qui aboutit à la densité maximum. On réduit ainsi les possibilités d'imbibition et de la déformation et on améliore la portance.

Le compactage est obtenu à l'aide d'engins spéciaux : rouleaux à pieds de mouton, rouleaux à pneumatiques, rouleaux vibrants. Mais les intempéries et le roulage des véhicules jouent aussi un rôle primordial.

Le résultat dépend surtout de la teneur en eau du sol à compacter. Une petite quantité d'eau agit comme lubrifiant et facilite la mise en place des grains les uns par rapport aux autres et le départ de l'air contenu dans les vides ; lorsqu'il y a excès d'eau, les bulles d'air restent enfermées et absorbent les efforts des engins. Pour obtenir la densité recherchée, l'énergie de compactage à fournir passe par un minimum pour une teneur en eau dite optimale. Sur les chantiers la teneur en eau varie, aussi doit-on profiter des jours où elle voisine de cet optimum.

On peut appliquer la règle empirique suivante : on se trouve au voisinage de la teneur en eau optimum quand on observe que sur une poignée de matériau serrée fortement avec la main, l'empreinte des doigts est marquée sans que l'eau suinte à travers les doigts ; la boule de sol doit se lisser lorsqu'on la fait sauter deux ou trois fois dans la main.

644 - Action de l'eau dans la chaussée

Les propriétés mécaniques des sols varient avec la teneur en eau.

Nous avons vu que la cohésion est liée à la présence des éléments fins, dont l'argile, et de l'eau. Mais, en contrepartie, l'argile présente une très grande sensibilité.

En outre, la résistance augmente avec la compacité et la compacité maximum est obtenue par compactage pour une teneur en eau optimum.

Une fois le compactage maximum réalisé, il est essentiel d'empêcher les introductions d'eau ultérieures qui entraînent toujours des désordres.

Les dégradations sont, en effet, habituellement imputables à la réduction inopinée de résistance, soit du terrain, soit d'une couche constitutive de la chaussée. Les mesures à prendre doivent tendre à :

- éviter la pénétration des eaux de pluies dans la chaussée,
- assurer l'évacuation des eaux de pluies par écoulement,
- assurer le drainage des couches constitutives,

- empêcher l'imbibition par capillarité,
- favoriser l'évaporation en surface.

644.1 - Éviter la pénétration de l'eau

La pénétration des eaux de pluies est limitée par la présence des couches supérieures compactées présentant une perméabilité réduite.

Seules cette compacité et la forme bombée de la chaussée contribuent à limiter l'imbibition superficielle par les eaux de pluies. Sur une chaussée bombée, l'eau ne peut séjourner et est immédiatement conduite vers les fossés.

Lorsque les travaux de terrassements sont conduits en saison des pluies, il est souhaitable de n'arrêter le chantier qu'après avoir réalisé en surface une forme bombée assurant l'évacuation des eaux de pluies vers des fossés provisoires. Cette forme est réalisée à la niveleuse opérant après le bulldozer.

Les travaux d'entretien rétablissent la forme régulièrement bombée pour éviter toute stagnation d'eau en flaques.

644.2 - Evacuation des eaux de pluie : fossés et exutoires

L'évacuation des eaux par les fossés doit être aussi rapide que possible. Les fossés latéraux n'ont pas pour but d'accumuler les eaux tombées sur la chaussée, mais de les collecter pour les conduire dans des exutoires, qui les déversent en des points tels qu'aucun dégât pour la route ne soit possible.

Un fossé qui reste plein d'eau, contribue à l'imbibition de la chaussée voisine et en réduit beaucoup la résistance. Il est facile à réparer parce que des sédiments, boues ou sable s'y déposent.

Des exutoires nombreux sont nécessaires dans les deux cas suivants

- lorsque le fossé latéral a une pente faible (1 ou 2 %), et donc que la vitesse d'évacuation des eaux est faible ;
- lorsque le fossé latéral a une pente forte (5 %), parce que l'écoulement des eaux provoque un ravinement.

La construction des exutoires doit répondre à quelques règles :

- être de largeur et de profondeur au moins égales à celles du fossé qu'ils soulagent, afin d'avoir un débit au moins équivalent,
- avoir une pente au moins égale et si possible supérieure,
- se raccorder au fossé suivant un angle assez faible, inférieur à 30°, pour favoriser au maximum l'accès de l'eau,
- aboutir à l'évidence en un point bas. (Très souvent cette évidence n'est pas respectée et l'exécutoire joue le rôle contraire que celui prévu ; il retient et facilite l'accumulation des eaux de pluie !)

Dans les portions de route situées à flanc de coteau, où l'ouverture d'exutoires côté déblai est impossible, on doit construire des ouvrages sous route (dalots) en nombre suffisant pour évacuer l'eau de l'autre côté de la route.

En pratique, pour vérifier si sur une section de route fossés et exécutoires sont suffisants pour bien évacuer les eaux pluviales, il est utile de visiter cette section à la suite d'une très forte pluie.

644.3 - Drainage des couches constitutives de la chaussée

Lorsque la chaussée est imbibée soit par les eaux pluviales, soit par les eaux des fossés latéraux restés pleins, soit encore par des eaux de nappes profondes remontées par capillarité, un drainage permanent s'impose. On dispose de plusieurs moyens.

Nous avons déjà vu que les fossés latéraux doivent être construits de façon à ce que leur fond soit à un niveau inférieur, d'au moins 50 cm à celui de la chaussée : les risques d'une éventuelle imbibition prolongée, lorsque les fossés se vident mal, sont limités aux seules couches profondes.

Lorsque la chaussée est établie sur un terrain aquifère et où le niveau des nappes profondes s'approche de la surface, il est recommandé de placer entre le terrain naturel et les couches apportées en remblai une couche peu épaisse drainante très perméable qui coupe les remontées capillaires et évacue les eaux. Une épaisseur de 10 cm environ de sable et de graviers remplit bien ce rôle. Il peut être commode de placer cette couche sur un lit de fascines ou de gaulettes qui évitent le mélange avec les terrains sous-jacents.

644.4 - Ensoleillement et aération de la chaussée

L'évaporation en surface dépend directement de l'ensoleillement et de l'aération de la chaussée. En forêt, les grands arbres voisins de la plate-forme forment écran aux rayons du soleil. Leur ombre portée empêche la chaussée de sécher surtout au début de la matinée. En les abattant, on obtient un allongement de la période d'ensoleillement et une meilleure aération. Les courants d'air circulent d'autant mieux que la tranchée ouverte dans la forêt est plus large.

Il va de soi que jamais une cime d'arbre ne doit se trouver à la verticale de la chaussée : elle empêche l'ensoleillement et, en outre, la route reçoit l'égout des branches longtemps après la fin de chaque pluie. Combien de fois ne peut-on observer une route en excellent état, mais dégradée seulement à l'endroit où un arbre la domine.

Il est difficile de préciser sur quelle largeur minimum la forêt doit être abattue pour éclairer et dégager la route. Cette largeur dépend de nombreux facteurs : la hauteur moyenne du peuplement, l'orientation de la route (l'ensoleillement est meilleur si la route est orientée Est-Ouest), le sens des vents dominants (s'il est parallèle au tracé de la route, celle-ci séchera plus vite)..

Plus le peuplement est haut, plus le dégagement de la chaussée doit être large. A flanc de coteau, le dégagement est effectué surtout du côté amont. Le côté qui se trouve exposé au soleil le matin sèche plus vite que le côté opposé. Les chaussées sur sol argileux doivent être plus éclairées que celles qui sont établies en sol sableux. Une voie principale doit toujours être plus éclairée qu'une voie secondaire.

Nous avons indiqué au chapitre 631 ce que sont les largeurs déforestées. La meilleure règle consiste à préciser qu'après 8 heures 30 ou 9 heures du matin, aucune ombre ne doit être portée sur la plate-forme de la route. Tout arbre qui donnerait de l'ombre à ce moment devrait être abattu.

La protection des chaussées contre les dégradations par réduction de résistance due à l'eau, doit constituer une préoccupation permanente et correspondre à une véritable "hantise de l'eau". Si la circulation a lieu sur une chaussée ayant perdu sa résistance, les déformations, ornières et trous sont irrémédiables pendant toute la saison des pluies. Mais si l'on veille à prendre des précautions, l'épaisseur de chaussée détrempée reste assez faible pour sécher en quelques heures et la route peut alors supporter le trafic d'évacuation des grumes.

645 - Roulage en saison des pluies

Les chaussées perdant plus ou moins de leur résistance quand il pleut, on arrête le roulage quand la route est mouillée (barrière de pluie). Cette règle peut être plus ou moins stricte selon la qualité des sols.

Il faut ensuite attendre que la route sèche en surface. S'il a plu la nuit, on arrête le roulage jusqu'à ce que le soleil ait "pompe" l'humidité en surface. L'ensoleillement étant en zone tropicale, généralement fort en saison des pluies, les chaussées sèchent rapidement. Après une pluie de la nuit, il peut être possible de rouler l'après-midi suivant, si le soleil luit de bonne heure.

Les pluies supérieures à 10 mm constituent une gêne sérieuse. Mais il existe presque toujours en saison des pluies des périodes de plusieurs jours sans pluie qui peuvent être utilisées pour le roulage. Les possibilités de maintenir la production sont donc presque toujours importantes (cf. répartition mensuelle de la production).

Nous avons dit que la règle de la barrière de pluie est plus ou moins stricte. Sur une route fragile la consigne peut être : arrêt des grumiers là où ils sont à l'arrivée de la pluie, les chauffeurs étant recueillis par une voiture légère. Inversement une route en bonne latérite peut supporter un certain roulage.

65 - Techniques de construction des routes

Nous avons déjà dit que la route forestière n'a pas à être construite avec les mêmes règles qu'une route publique. Les différences conduisent à des coûts très dissemblables.

651 - Etude de tracé

Avant toute construction de route, l'étude soignée du tracé est un investissement éminemment rentable par les économies qu'il permet de réaliser (diminution de la longueur à construire, limitation des pentes et/ou réduction des mouvements de terre) et les erreurs qu'il permet d'éviter (route bloquée par une falaise ou aboutissement à un marécage infranchissable !).

Un principe fondamental préside à toute étude : le tracé se détermine par approximations successives sur cartes, plans ou croquis et reconnaissances effectuées à pied sur le terrain.

Rien ne remplace l'étude méthodique et progressivement détaillée de la zone de terrain finalement sélectionnée qui conduit à parcourir celle-ci à pied, plusieurs fois dans les deux sens, pour y vérifier et compléter les renseignements recueillis au cours de reconnaissances antérieures. Mais travail au bureau et reconnaissance sur le terrain se complètent. Toute vue d'ensemble et

prise de décision ne peuvent se mener qu'au bureau où on dispose de toutes les informations et éléments de réflexion. Par contre, les renseignements de base destinés à éclairer le choix ultérieur ne peuvent être recueillis que sur le terrain.

Tout cela nécessite une personne dûment qualifiée et ayant la pratique de l'exploitation.

Phases successives d'une étude de tracé

On peut distinguer théoriquement plusieurs phases

- 1 - Etude de cartes existantes, reconnaissances aériennes et examen de photographies aériennes.
- 2 - Etablissement de tracés provisoires à la lumière des renseignements rassemblés
- 3 - Reconnaissances de détail sur le terrain en fonction des hypothèses du tracé provisoire.
- 4 - Détermination du tracé définitif par rectification du tracé provisoire en fonction des renseignements recueillis au cours des reconnaissances.
- 5 - En dernier lieu, implantation et le piquetage du tracé choisi en fonction des accidents de détail rencontrés sur le terrain.

Dans la réalité, certaines de ces phases sont imbriquées ou simultanées.

651.1 - Examen d'ensemble des documents

Il s'agit de dégrossir la ligne générale du tracé. Ce travail doit utiliser tous les documents cartographiques disponibles.

a - Cartes

Les cartes et fonds planimétriques au 1/200.000 avec courbes de niveau à l'équidistance de 40 cm (quand elles existent), ne fournissent, en raison de leur échelle, que des renseignements généraux, mais très utiles.

Les cartes au 1/50 000 (ou, aussi bien les stéréo minutes à même échelle) sont un document beaucoup plus commode. Le figuré du relief par courbes à l'équidistance de 20 m est précis.

On peut tracer sur ces cartes un excellent tracé provisoire ; elles contiennent la majorité des renseignements indispensables.

Ces cartes peuvent être agrandies au 1/10 000 ; on obtient ainsi un document, moins précis, mais plus facile d'emploi et qui servira pour les opérations ultérieures.

Les cartes au 1/50 000 n'existent que dans certaines régions. Mais il est souvent possible de les faire établir à partir d'une couverture aérienne, en s'adressant à des sociétés spécialisées.

b - Photos aériennes

Elles existent presque partout à des échelles variant du 1/25 000 au 1/65 000. L'examen stéréoscopique (relativement facile avec un minimum d'entraînement préalable) permet la vision détaillée de la planimétrie et des formes du relief.

Un tracé provisoire peut être effectué sur photos, sous stéréoscope, mieux encore que sur cartes, par un observateur entraîné.

c - Cartes de prospection

Elles sont réalisées, souvent au 1/10 000, à partir des renseignements relevés au cours de l'inventaire (cf. chapitre 3) ; on repère sur ces cartes :

- les zones à exploiter (parce que contenant les arbres utilisables),
- les points de passage obligés (cols...),
- les zones à éviter (marécageuses, rochers...),
- les lieux privilégiés d'implantation des routes, tels que lignes de crêtes...

Sur bien des chantiers, la carte de prospection est le seul document utilisé pour étudier le tracé provisoire. Mais si la planimétrie y est indiquée de façon satisfaisante, l'altimétrie y est imprécise.

d - Reconnaissances aériennes (cf. chapitre 343)

On a toujours avantage à effectuer des reconnaissances aériennes au-dessus de toute la zone étudiée.

Une reconnaissance aérienne peut d'ailleurs être faite à des stades différents d'avancement des travaux. Ainsi l'avion peut être utilisé aussi bien pour un survol général et systématique de la zone à parcourir que pour une reconnaissance particulière au-dessus d'une zone limitée, voire même pour l'observation d'un point précis tel qu'un col ou une falaise à franchir.

651.2 - Tracé provisoire

L'examen méthodique des documents cartographiques complétés par les renseignements glanés par tous les moyens dont on peut disposer, aboutit au choix d'un ou plusieurs tracés provisoires.

Cet examen se fait en deux étapes

a - Il y a d'abord prise de connaissance des formes du terrain, c'est-à-dire du chemin des crêtes et des thalwegs :

Les lignes de crête ou lignes de partage des eaux sont l'intersection vers le haut de deux versants

Les thalwegs ou lignes de réunion des eaux sont l'intersection vers le bas de deux versants. La convergence des eaux vers le point le plus bas amène les thalwegs à confluer et à former un réseau ramifié. Il existe une ligne de crêtes crête entre deux thalwegs et ces lignes de crêtes forment également un réseau encadrant celui des thalwegs.

En repérant systématiquement le tracé des thalwegs et des principales lignes de crêtes, on obtient une sorte d'esquisse du terrain qui en fait ressortir les traits essentiels.

b - On recherche ensuite le tracé de proche en proche

On doit d'abord déterminer les points de passage obligé puis prévoir le tracé provisoire entre eux.

Celui-ci découle du choix de l'emplacement général de la route :

. Il passe sur les crêtes en terrain facile ou moyennement accidenté ou tout au moins à crêtes continues. Cela permet d'économiser les terrassements, facilite le drainage et permet de se situer en terrain le plus sain possible.

Si on suit une crête plus ou moins ondulée, il faut rechercher un tracé "suivant le terrain" de point bas à point bas (= col) se rapprochant des courbes de niveau. Cela est bien préférable aux "montagnes russes" auxquelles aboutit un tracé implanté directement sur la crête (comme cela se rencontre souvent).

. En zone sans crêtes continues, les routes passent d'un col à l'autre en suivant les flancs de coteaux. La proximité de la crête est ici aussi à rechercher, quand les bas-fonds sont humides ou trop encaissés ; les sols sont également meilleurs vers la crête.

. En terrain accidenté, avec vallées suffisamment larges, les routes se placent dans ces vallées.

Quand des franchissements de rivières s'imposent, il faut se rappeler qu'ils sont toujours plus faciles dans le cours supérieur qu'inférieur (diminution de l'importance des ouvrages).

Enfin les passages à rechercher prioritairement sont :

- les zones plates,
- les zones riches,
- les savanes ou les zones d'anciennes plantations dont la traversée est facilitée.

651.3 - Reconnaissances particulières sur le terrain

Le ou les tracés provisoires élaborés au bureau doivent être confrontés avec la configuration du terrain au cours de reconnaissances. Chaque point de passage obligé et chaque zone intermédiaire favorable en feront l'objet.

On utilise une carte comportant les tracés provisoires, une boussole, un clisimètre, un ruban de 20 ou 50 m ou mieux un Topofil. Il n'est pas nécessaire de mettre en oeuvre un matériel plus compliqué. Bien des mesures peuvent être prises au pas.

L'emploi des photos aériennes (fixées sur une planchette) et d'un stéréoscope de poche est très utile.

C'est en saison des pluies qu'on apprécie le mieux les caractéristiques du sol, la limite des zones marécageuses, la largeur et le niveau des cours d'eau.

Points obligés - S'il s'agit d'un point de franchissement de cours d'eau, on s'assure qu'il n'en existe pas au voisinage de plus favorable qui aurait pu échapper à l'étude sur la carte.

Pour apprécier la hauteur des crues maximum, on recherche les amas de matériaux entraînés et déposés par le flot et on interroge les habitants âgés vivant à proximité (lorsqu'ils existent).

S'il s'agit du franchissement d'une ligne de crêtes ou de partage des eaux entre deux vallées, la ligne de crêtes principale et les lignes de crêtes ou croupes secondaires sont systématiquement parcourues.

Les difficultés de terrassement doivent être appréciées systématiquement. Les terrains inconsistants, les terrains instables, les zones rocheuses sont reconnues, recensés et délimités.

La présence de zones à dominante sableuse ou argileuse, les amas de gravillons de latérite sont des informations essentielles. La présence de gravillons dans le fond des thalwegs, là où l'eau ruisselle est l'indice de gisements de latérite en amont qui doivent être recherchés.

Cette prospection de gîtes à matériaux est un des soucis majeurs du constructeur de route.

651.4 - Choix du tracé définitif

La carte d'ensemble complétée par les divers renseignements et croquis de toute origine relevés sur le terrain sert de base à la détermination du tracé définitif.

On peut alors au mieux apprécier les différents obstacles à leur juste valeur.

Quelques règles doivent rester présentes à l'esprit

- En terrain accidenté c'est la route principale qui passe d'une vallée à l'autre. Chaque route secondaire dessert une vallée secondaire : elle n'a pas à franchir de crêtes ce qui serait toujours coûteux.
- A flanc de coteau, surtout dans les régions accidentées, on recherche les pentes les moins raides. Les versants sont souvent constitués de haut en bas de la façon suivante :

d'abord une zone de pente modérée,

puis une pente plus raide séparée de la précédente par ce qu'on appelle une "crête militaire", en bas une pente modérée.

C'est évidemment dans l'une des deux zones à pente modérée qu'on cherche à placer la route.

- A flanc de coteau, si la pente transversale est forte, on a avantage à réaliser un profil surtout en déblai plutôt qu'un profil mixte, c'est-à-dire à "entrer" la route dans le terrain. Si le volume des déblais en est légèrement accru, la route y gagne une meilleure assise et les drains sont plus efficaces. De plus, le travail en déblai permet d'opérer en période de pluie, le terrain supportant la plate-forme n'étant pas remué.

Mais un déblai important peut cependant présenter deux inconvénients : d'une part, la route encaissée est moins ensoleillée et sèche moins vite : d'autre part, quand on creuse, on peut rencontrer des niveaux de terrain riches en argile particulièrement difficile à stabiliser.

- Dans une vallée à fond large et plat on évite de recouper les cours d'eau au voisinage de leur confluent, dans la partie où leur cours est le plus large : on fait ainsi l'économie de ponts (ou ponceaux).

651.5 - Piquetage du tracé définitif

Il repère sur le terrain grâce à des piquets la place exacte qu'occupera la route à construire, matérialisée par un layon d'environ un mètre.

Les alignements droits sont implantés à l'oeil à l'aide de jalons alignés trois par trois de proche en proche.

Les courbes sont le plus souvent implantées à l'estime. Cette méthode a l'avantage de la simplicité, mais il faut prendre garde à ne pas tracer des courbes de rayon variable, éventuellement dangereuses pour la circulation.

652 - Travaux de construction

Rappelons le principe très important : les routes forestières suivent plus ou moins le terrain. Elles sont **construites au bulldozer et non au scraper** : les alignements droits qui exigeraient de gros terrassements et de gros transports longitudinaux ne sont pas recherchés. En terrain accidenté, une assez forte sinuosité est inévitable.

652.1 - Matériels et matériaux utilisés

Les principaux équipements employés lors des différentes opérations de construction se résument ainsi :

- Déforestation et terrassement : tracteurs à chenilles (bulldozers) type 200 à 300 ch. Dans la gamme Caterpillar cela correspond au D7 et au D8. Mais l'accroissement de la puissance de ce dernier tend à le faire moins utiliser. La transmission est toujours du type "Powershift".

Les tracteurs peuvent être équipés d'une lame de bulldozer droite inclinable (hydrauliquement) à droite ou à gauche ("tiltadozer") ou d'une lame orientable (angledozer).

Le treuil forestier est un équipement classique, très utile pour déplacer les arbres (construction de ponts notamment), mais aussi pour nombre d'autres tâches, si un tracteur s'embourbe, par exemple. Certains engins sont équipés d'un ripper.

Les D7 sont les mêmes que ceux employés au débardage dans nombre de cas.

- Nivellement : niveleuse automotrice de 120 ch à 150 ch.
- Abattage de la forêt pour assurer l'ensoleillement de la chaussée : scie à chaîne et bulldozer.

- Extraction de matériaux : tracteur à chenilles et chargeur frontal type 150 à 200 ch.
- Transports de matériaux : camions bennes de 6 à 10 m³ de charge utile.
- Compactage : rouleau à pneus tracté de 10 à 13 t.

652.2 - Déforestage

Le déforestage constitue la toute première phase des travaux, intervenant après le choix du tracé définitif.

Il consiste à débarrasser l'assiette de la route de toute la végétation et du sol végétal qui la recouvre. Il s'effectue au bulldozer.

Une cabine de protection sur le tracteur, comportant deux bras fixés à l'avant de l'engin est indispensable à la protection du conducteur surtout dans ce travail.

652.3 - Terrassement

Le terrassement de l'assiette de la route intervient directement après le déforestage. Il est entièrement exécuté par les mêmes tracteurs qui effectuent tous les travaux de déplacement des matériaux, de construction de remblais, de fossés et d'exutoires de fossés.

Le terrassement des routes forestières est, pratiquement, toujours effectué dans des terrains de nature argileuse ou granuleuse. Les travaux de déroctage ne s'imposent que dans cas particuliers et limités.

Dans des circonstances favorables, sur certains terrains peu accidentés et au sol naturellement latéritique, on peut même considérer que la route est presque terminée à l'issue des travaux de terrassement.

Les transports de matériaux sont limités à ce qu'un bulldozer peut effectuer économiquement. Le scraper, même sous la forme d'engin tracté, est rarement utilisé.

Les transports de terre longitudinaux sont peu importants. Ils peuvent avoir lieu en terrain accidenté, pour limiter la sinuosité. Ils sont nécessaires au franchissement de thalwegs ou la préparation de l'accès à des ponts. Le remblai fait souvent suite à un déblai.

Construction de remblais

Le tracteur effectue le remblayage par couches successives épaisses de 20 à 30 cm environ. Il est amené à effectuer de nombreux parcours sur le remblai en refoulant les matériaux devant lui

jusqu'au bord du remblai. Ces parcours sur le sol foisonné provoquent un compactage appréciable par le seul effet du poids et des vibrations produites par les passages répétés du tracteur. Un remblai construit selon cette méthode ne présente par la suite qu'un tassement réduit.

Dans la pratique, un remblai peut être exécuté de deux façons différentes selon la topographie:

- Lorsqu'il fait suite à un déblai, notamment pour franchir un thalweg ou préparer les accès d'un pont, on a intérêt à effectuer le remblai dans sa longueur pour utiliser les matériaux de la fouille.
- En terrain peu accidenté, dans un bas fond non marécageux, le tracteur peut excaver et faire des "emprunts" sur les bas-côtés et remonter les matériaux pour constituer la plate-forme de la route.

Exutoire des fossés

Pour ouvrir les exutoires, le bulldozer est particulièrement efficace. C'est au moment même de l'exécution des terrassements que les exutoires sont creusés en direction des thalwegs qui drainent la zone voisine de la route.

Rappelons qu'ils ne peuvent jouer leur rôle et donc avoir d'utilité que s'ils aboutissent à un point bas !

652.4 - Ensoleillement latéral

En général, parallèlement aux tâches de déforestage, intervient l'abattage d'ensoleillement de la route, que nous avons déjà évoqué. Cet abattage est effectué par une équipe composée d'un abatteur et d'un ou deux aides, et munie d'une scie à chaîne de modèle classique.

On admet qu'une équipe-scie, sur un débroussé de 10 à 30 m de large qui est fonction de la taille des arbres et de l'orientation de la route, peut, en moyenne, dégager les abords de 1 000 à 1 500 m de route par mois soit environ de 50 à 75 m par jour.

L'abattage n'est jamais dirigé. Des arbres tombent donc sur la route et doivent être dégagés. Pour éviter un passage supplémentaire du tracteur, certains chantiers effectuent l'abattage d'ensoleillement avant le déforestage.

652.5 - Extraction et transport des matériaux d'apport

Les gisements de matériaux d'origine latéritique ont été repérés lors des opérations de prospection.

L'extraction fait intervenir le bulldozer au moins pour la découverte (déforestation et décapage des couches stériles) ; ultérieurement elle est effectuée par des chargeurs frontaux sur chenilles ou sur pneus.

Les chargeurs à chenilles les plus utilisés sont des engins de 150 à 200 ch, de type Caterpillar 963 ou 973 par exemple, à transmission powershift et équipés d'un godet de 2 à 2,5 m³ de capacité. Les chargeurs sur pneus sont généralement des matériels d'une puissance de 150 à 200 ch, type Caterpillar 950 ou 966, munis de godets de 2,5 à 3 m³. Ils sont à chassis articulé et transmission powershift.

Ces chargeurs frontaux ne sont habituellement pas spécifiques à l'extraction des matériaux.

Equipés de fourches à grumes, ils consacrent la majeure partie de leur activité au chargement des bois sur les grumiers.

Certains gros chantiers disposent d'engins de manutention de terre spécialisés ; les machines sont alors plus légères et moins puissantes puisqu'elles ne sont pas conditionnées par le levage des grumes. (Type 950).

La latérite foisonnée est ensuite chargée sur camions - bennes classiques, de 4 à 8 m³ de capacité pour être transportée sur les lieux d'épandage.

Deux à quatre godets sont donc nécessaires au chargeur frontal pour charger un camion. Le rendement des chargeurs frontaux à l'extraction et au chargement du matériau latéritique varie entre 40 et 60 m³ à l'heure en fonction de la richesse du gisement et de sa facilité d'accès.

L'exploitant forestier cherche à limiter au maximum la distance de transport, mais celle-ci est bien entendue liée à la richesse de la région en gisements latéritiques. En règle générale, cette distance ne dépasse pas 10 km et reste très souvent inférieure à 5 km.

On admet, en moyenne, qu'une épaisseur de 10 cm de latérite foisonnée sur une largeur de 6 à 7 m est nécessaire sur une route principale soit de 600 à 700 m³ au km. En réalité, ce chiffre varie entre 400 et 1 000 m³ selon les terrains. Il faut parfois même le doubler dans les régions difficiles. Les chiffres précédents représentent donc le déversement d'un camion tous les 5 à 10 m, suivant le volume de la benne.

Les routes secondaires sont latéritées dans la mesure où le sol naturel l'impose et dans la mesure où le roulage doit avoir lieu en saison des pluies.

652.6 - Nivellement

Tous les travaux de nivellement et de mise en forme de la plate-forme, de répartition des matériaux d'amélioration sur la chaussée sont exécutés au moyen de niveleuses automotrices. La gamme utilisée par les forestiers s'étage entre 120 et 150 Cv, les machines de 125 à 135 Cv étant les plus répandues. L'adoption du châssis articulé, couramment utilisé par les Travaux Publics, n'est pas indispensable en exploitation forestière.

A l'issue du terrassement au tracteur à chenilles, la surface de la plate-forme routière en sol naturel est généralement plane. Il reste à effectuer le nivellement de la chaussée, sa mise en forme par déplacement transversal des matériaux, le creusement des fossés, le répandage des matériaux d'amélioration.

Il est impératif d'effectuer à la niveleuse tous ces travaux de finition : elle les effectue plus vite et mieux qu'un chenillard et à prix bien moindre. Il faut donc s'équiper d'une machine assez puissante pour déplacer les volumes de terre nécessaires.

- La niveleuse donne d'abord à la route son profil bombé. Cela est obtenu par prélèvement de matériaux sur les côtés, en particulier en creusant les fossés. En plusieurs passes, ces matériaux sont ramenés vers le milieu de la chaussée en une forme régulière.

La route se trouve ainsi en léger remblai.

La niveleuse peut participer à l'ouverture d'exutoire des fosses, si le sol est dessouché.

- La niveleuse exécute ensuite le répandage des matériaux de la couche d'amélioration.

Ceux-ci sont déposés par les camions bennes en petits tas disposés régulièrement sur la chaussée mise en forme : la niveleuse les répartit.

Le temps de niveleuse nécessaire lors de la construction d'une route est difficile à évaluer, car il dépend de la largeur, du type de route, et du volume de matériaux d'amélioration. 10 à 35 h sont nécessaires par kilomètre.

Très important : le nivellement ne doit être effectué que quand le sol a une humidité convenable qui s'apprécie à l'expérience. Cette humidité est voisine de celle correspondant aux conditions optimales du compactage.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

652.7 - Compactage

On a vu l'effet des engins pour le compactage du remblai.

D'une façon générale, pour les routes forestières en terre, le compactage a lieu sous l'action des pluies, des engins de terrassement (tracteurs et camions) et aussi d'engins légers de compactage. La seule circulation produit un compactage appréciable. Les bulldozers, bien qu'exerçant une faible pression sur le sol, lui transmettent leurs vibrations. Les camions de service jouent également un rôle utile surtout quand on les fait circuler sur l'ensemble de la plate-forme. Les effets ainsi obtenus s'ajoutent à celui des engins spéciaux de compactage.

Mais il est courant que la pluie et le roulage assurent seuls le compactage.

Rouleaux à pneus

Ils constituent le matériel le plus courant des chantiers. Ce sont des compacteurs légers de 10 à 13 t tirés par des tracteurs de type agricole de 60 à 85 ch.

Leur action se limite à une couche superficielle de 10 cm environ qui peut être compactée après 2 à 4 passes seulement. Leur rôle est de damer la surface de la route et de la "fermer" pour que l'eau ruisselle : c'est une action très limitée.

Les rouleaux légers sont formés d'une caisse recevant un lest, supportée par deux essieux ayant un nombre de roues différent (3 et 4 ou 6 et 7) de façon que leurs traces se chevauchent. Ils travaillent sur une largeur de 1,5 m à 2 m.

La pression du gonflage des pneus varie de 1,5 à 3,5 kg/cm^2 . Les rouleaux sont tractés à une vitesse modérée comprise entre 5 et 15 km/h.

La puissance nécessaire à la traction par tonne brute remorquée est de 7 ch par tonne.

Les rouleaux à pneus conviennent bien aux sols silico-argileux non plastiques, à l'exclusion des sols très argileux et des sols sableux.

Autres rouleaux

D'autres matériels sont utilisés en Travaux Publics : rouleaux pieds de mouton, tractés ou automoteurs, rouleaux lourds à pneus, automoteurs et rouleaux lisses vibrants, également automoteurs. Ces matériels sont peu utilisés en forêt sauf sur de gros chantiers (pieds de mouton tractés ou rouleaux à pneus automoteurs).

Mais les rouleaux vibrants seraient susceptibles d'apporter des solutions au compactage de sols sableux en exploitation forestière. Leur action est assez profonde (jusqu'à 50 cm).

Programmation des travaux

- Compactage sous l'action des pluies

Après terrassement d'une route, il est utile de mettre le sol naturel en forme le plus rapidement possible, à la niveleuse, puis de compacter la surface. C'est ainsi que la route résistera aux intempéries ultérieures : l'eau ruissellera à sa surface.

Ensuite la route sera mise en attente. Cette attente est très importante car c'est alors que s'effectue sous l'action des pluies un compactage naturel (gratuit) indispensable en profondeur.

Plus ou moins longtemps avant que la route ne soit mise en service, elle est remise en forme à la niveleuse et les matériaux d'amélioration sont apportés, répandus puis compactés au rouleau.

Tout chantier doit donc avoir plusieurs mois de routes d'avance (six mois si possible) : le compactage naturel peut ainsi agir, notamment en saison des pluies. L'utilisation de routes "neuves" aboutit souvent à des difficultés.

- Compactage par le roulage

Supposons une route mise en service en saison sèche, mais qui servira aussi en période de pluies. Il faut l'utiliser pendant la saison sèche sur la totalité de sa longueur, c'est-à-dire aller tout d'abord chercher les bois les plus éloignés de façon à la compacter par le roulage et à rouler en période humide uniquement sur des parties déjà compactées.

652.8 - Drainage : fossés, exutoires, buses et dalots

Nous en avons déjà parlé.

Les fossés sont réalisés généralement à la niveleuse, il faut les ouvrir dès la fin du terrassement.

Les exutoires ont pour rôle d'évacuer les eaux des fossés latéraux vers les thalwegs naturels ou plus simplement sur les versants.

Leur nombre et leur espacement ne peuvent être régis par aucune règle.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

L'observation directe suffit à définir les besoins réels, une inspection rapide lors des premières tornades qui intervient à l'issue des travaux de terrassement et de nivellement permet de définir les travaux complémentaires qui s'imposent, le cas échéant.

L'ouverture des exutoires s'effectue le plus souvent en même temps que celle des fossés. En terrain peu accidenté, lorsqu'un exutoire doit être ouvert entre la route et le thalweg voisin, il est préférable de le faire au moment du terrassement, au bulldozer. Cet engin les ouvre largement, ce qui améliore efficacité et entretien ultérieur.

Fossés de crête

Lorsque la route est construite en tranchée ou en déblai à flanc de coteau, il est souvent utile d'établir au-dessus du déblai un fossé de crête qui arrête les eaux du versant et les conduit au thalweg voisin en les empêchant d'atteindre la route. On protège ainsi les talus.

Une précaution s'impose, c'est de les établir à une distance suffisante de la crête du talus de déblai pour éviter qu'ils ne donnent lieu à des infiltrations dangereuses pour la stabilité du talus. Cette distance doit être au moins égale à 4 ou 5 m.

Dalots sous chaussée

Quand la route est bordée par un talus de déblai, le fossé latéral ne peut souvent se déverser dans un thalweg que si les eaux traversent la chaussée au moyen d'un dalot.

Si la route doit rester en service plus d'une année, il est indispensable d'établir un dalot à chaque point bas du profil en long. Dans le cas d'une route horizontale à flanc de coteau, un dalot est nécessaire à chaque thalweg.

Suivant la durée d'utilisation de la route, suivant les moyens dont dispose l'exploitation, ces dalots seront construits à l'aide de divers matériaux plus ou moins durables.

a - Planches : dans une tranchée creusée dans la route à la profondeur voulue, on place des cadres en bois de 50 x 50 cm ou 60 x 60 cm régulièrement espacés à des intervalles de 1,50 à 2 m. Ces cadres servent d'étais à des planches disposées autour de ces cadres comme un coffrage. On remblaie ensuite la tranchée en damant la terre.

b - Arbres creux : toujours placer l'orifice le plus étroit vers l'amont pour éviter l'obstruction.

c - Fûts de 200 l soudés bout à bout - Equivalent à des buses métalliques bon marché.

d - Empilage de 3 billes : l'espace laissé libre sert de goulotte.

e - Buses en ciment ou métalliques (diamètre supérieur à 60 cm) - Relativement chères mais durables.

- . Buses en ciment : elles peuvent être fabriquées à proximité immédiate du lieu de mise en place, à l'aide de moules démontables en tôle ou en planches.

Elles doivent être recouvertes d'une épaisseur de terre d'au moins 60 cm et reposer sur une assise de béton maigre bien nivelée.

Il faut prendre soin de bien tasser la terre autour de la buse lors du remblayage afin d'éviter l'écrasement et l'infiltration d'eau latérale.

- . Buses métalliques : leur mise en oeuvre réclame des soins particuliers :

- * une couche de fondation en sol naturel si la portance est correcte ou si le sol est mou, une fondation rapportée composée de matériaux non affouillables soigneusement compactés.

Une règle impérative : une buse flexible ne doit en aucun cas reposer sur un socle dur, rocheux ou bétonné.

La terre compactée de part et d'autre de l'ouvrage assure par sa rigidité la bonne tenue mécanique de ce dernier. Sa mise en place se fait par couches horizontales successives d'épaisseur - 25 cm maximum - qui sont compactées de manière uniforme.

- * il faut prévoir l'installation d'une couche de terre de couverture suffisante au-dessus de la clé de la buse. La règle empirique modulable est :

$$H_m = 0,5 + \frac{D_m}{10}$$

f - Maçonnerie à chaque extrémité des dalots

Généralement on ne construit pas ces massifs de protection : ils sont trop coûteux.

653 - Ponts forestiers

Les ponts forestiers sont le plus couramment construits en bois, c'est-à-dire au moyen de matériaux trouvés dans la forêt même. Ils ne font l'objet d'aucune préservation, mais le choix se porte toujours sur des essences de bonne durabilité naturelle (bois durs et lourds).

Les ouvrages ainsi réalisés, construits dans de bonnes conditions, ont une durabilité supérieure à la dizaine d'années cela dépend beaucoup de la mise en oeuvre, en particulier des culées.

Ils sont en principe conçus pour permettre la circulation de convois de 50 t sur 5 essieux.

653.1 - Choix de l'emplacement

L'emplacement impose très souvent les caractéristiques de l'ouvrage lui-même.

- Il faut connaître le régime du cours d'eau à franchir, car l'objet du pont est de permettre le franchissement en toutes saisons ; il doit donc avoir son tablier au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues.

Le niveau des eaux en temps de crue détermine la largeur du lit majeur du cours d'eau et par conséquent la longueur du pont. La travure doit être placée au moins un mètre au-dessus du niveau des plus hautes eaux pour que l'ouvrage ne soit pas un obstacle au passage des troncs et des débris divers en temps de crue.

L'emplacement du pont doit répondre aussi aux conditions suivantes

- longueur minimum afin d'éviter les supports intermédiaires,
- ouvrage perpendiculaire au courant,
- emplacement où le courant est aussi peu variable que possible.
- On recherchera des fondations sûres c'est-à-dire un terrain d'assise solide et inaffouillable (rochers par exemple), au détriment si nécessaire de la longueur minimale.
- L'emplacement du pont commande le tracé des raccordements de la route et non l'inverse.

Il est souvent judicieux que les remblais d'accès au pont soient à un niveau inférieur à celui de la travure du pont : si une crue imprévue a lieu, l'eau passera par-dessus le ou les remblais (ce qui pourra, certes, les endommager), mais le pont restera intact.

653.2 - Choix d'un type de pont

Parmi les solutions variées dont on dispose, le choix du type de pont dépend d'un certain nombre de conditions plus ou moins importantes

- des matériaux, du matériel et du personnel disponible,
- de la nature du trafic à assurer (poids, longueur, largeur des convois). Il est toujours prudent de prévoir le pont pour une surcharge supérieure au poids des véhicules admis à circuler sur la piste,

- de la densité du trafic,
- de la situation des lieux. L'escarpement éventuel des berges et la nature du terrain peuvent imposer un type de pont,
- de l'importance du cours d'eau à franchir, de la violence de ses crues et de l'importance des matériaux transportés. Dans le doute, il faut s'astreindre à réduire le nombre des supports intermédiaires pour laisser à l'eau le plus grand débouché possible et éviter l'accumulation d'obstacles dans le lit majeur du cours d'eau.

Le lit d'étiage sera franchi d'une seule portée si la largeur n'est pas supérieure à 17 m.

S'il s'agit de franchir un marigot où l'eau est stagnante, on pourra prévoir des supports intermédiaires, s'ils doivent faciliter l'établissement du pont, sans se soucier de l'obstacle qui constituent ces supports pour la circulation de l'eau.

On pourra même dans certains cas, envisager le remblaiement d'une partie du lit du marigot sur le tracé de la piste, pour réduire l'importance du pont.

653.3 - Les supports des ouvrages : culées et appuis intermédiaires ou piles

Les culées supportent le tablier du pont, aux deux extrémités sur les berges et donc reportent directement les charges sur le sol ou le massif de fondation. C'est sur elles que repose toute la stabilité de l'ouvrage.

Si on ne dispose pas de poutres de travure ayant des dimensions suffisantes pour permettre le franchissement du cours d'eau d'une seule portée, on devra avoir recours à des supports intermédiaires ou piles - de même type et exigeant les mêmes genres de fondations que les culées.

a - Culées réalisées avec des grumes ou un empilage de grumes

. Corps mort

Le corps mort est constitué par une ou deux grumes de 70 à 100 cm de diamètre, placées en travers d'un remblai, posées à plat sur le terrain solide réglé de niveau et sur lesquelles s'appuient les longrines.

On l'utilise chaque fois que la rive est suffisamment stable pour que les éboulements et les affaissements ne soient pas à craindre.

Si le terrain n'est pas assez résistant, le corps mort au lieu d'être posé directement sur le sol sera établi sur un lit de rondins ou d'avivés dont le but est de répartir l'effort encaissé sur

Chapitre 6 - Infrastructure routière

une surface telle que la pression sur le sol soit ramenée à une valeur admissible.

. **Empilage des grumes**

Lorsque nécessaire pour relever le niveau du tablier du pont ou mieux asseoir la culée, celle-ci peut être constituée par un empilage de grumes en plusieurs lits alternativement parallèles et perpendiculaires à l'axe du pont et assemblés entre eux. Le remblai d'accès au pont recouvre en grande partie ces grumes.

Culée en porte-à-faux

Nous avons observé ce type de cubée en Afrique Equatoriale. Le but recherché est d'augmenter la portée du pont en réalisant la cubée au moyen de longrines en porte à faux.

Le gain de longueur obtenu de chaque côté est de 3 m. Les rondins sont placés en dessous du niveau du lit de la rivière où ils ne risquent pas d'affouillement.

L'inconvénient majeur est que la réalisation de cet ouvrage demande un cubage considérable de rondins.

Culées en béton ou maçonnerie

Si l'ouvrage est important, on peut être amené à construire une véritable culée en maçonnerie ou en béton. Ces culées sont aussi des murs de soutènement : Il faut assurer leur stabilité à la poussée des terres.

Cette stabilité peut être améliorée par la construction d'un profil à redans c'est-à-dire en exécutant un ou plusieurs décrochements successifs dans le mur de culée. Le remblai reposant sur les redans contribuera par son propre poids à la stabilité. L'autre mur verra sa stabilité augmenter en lui donnant une inclinaison de 1/10 par exemple.

L'épaisseur au sommet ne doit jamais être inférieure à 0,50 m.

b - Piles

Sur une semelle en maçonnerie ou en béton armé, on peut élever un massif de maçonnerie ou béton sur lequel viendront se reposer les travées du pont. Ces massifs peuvent être continus ou limités à des piliers placés à l'aplomb des poutres de traverse supportant les surcharges des convois.

Lorsqu'une pile est susceptible d'être baignée par les eaux en temps de rue, on donne à ses extrémités amont et aval, une forme arrondie ou en tiers-point afin de faciliter l'écoulement des filets liquides sous le pont et d'éviter la formation de remous qui sont une cause d'affouillement des fondations. L'épaisseur des piles doit être réduite au strict minimum.

compatible avec une bonne stabilité pour éviter qu'elles ne constituent un obstacle trop important à l'écoulement.

La stabilité des piles, de même que celle des culées, est améliorée lorsqu'on donne un "fruit", c'est-à-dire une inclinaison sur la verticale, à leurs parements.

653.4 - Travure et platelage

a - Poutres de travure

Elles sont constituées par des troncs. Leur équarrissage est à proscrire ; il faut se limiter à un désaubiérage de façon à ne pas perdre de résistance.

Les ponts sont à une seule voie, suffisants eu égard au trafic (chemin de roulement de 3,50 m, largeur totale du platelage 5 m).

Quatre poutres (2 de chaque côté) suffisent dès lors qu'elles sont situées sous le passage des roues.

Le tableau qui suit donne les diamètres des poutres à utiliser (diamètre minimal au milieu de la bille purgée d'aubier) pour un convoi routier de 50 t de poids total roulant sur 5 essieux pour deux essences type :

- *Letestua durissima* (Congotali) correspondant à de bonnes caractéristiques mécaniques
- et *Chlorophora excelsa* (Iroko) correspondant aux moins bonnes caractéristiques parmi les essences susceptibles d'être recommandées.

Portées entre appuis	10 m	12 m	14 m	16 m	17 m
Essences :					
Congotali (<i>Letestua durissima</i>)	58 cm	66 cm	74 cm	81 cm	85 cm
Iroko (<i>Chlorophora excelsa</i>)	63 cm	71 cm	79 cm	86 cm	90 cm

Des portées supérieures à 17 m conduisent à des diamètres de poutres qu'il est rare de trouver dans de telles longueurs. Cependant, des ponts de portée plus grande existent ; on peut admettre une augmentation de diamètre d'environ 4 cm par mètre de portée supplémentaire.

Remarque : Ces diamètres ne tiennent pas compte de l'utilisation des fûts entiers : employé sous cette forme, le bois a une meilleure résistance qu'à l'état de sciages.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

c - Platelages

- **Platelage en madriers** : C'est le meilleur et le plus léger. On distingue habituellement deux platelages superposés et croisés :

- . le platelage de répartition placé perpendiculairement aux poutres de travure répartit les efforts entre ces dernières. Il est constitué de madriers de 22 x 13 cm ou 22 x 14 cm non jointifs afin de faciliter l'écoulement des eaux de pluie ;
- . le platelage d'usure destiné à encaisser l'usure consécutive au passage des véhicules. Il est souvent composé de demi-madriers de 20 x 5 cm placés à 45° par rapport à l'axe du pont afin de leur éviter de se redresser et de se fendre aux extrémités sous l'action du roulage.

- "Platelage en latérite"

On rencontre assez souvent des ponts dont les poutres de travure ne sont pas réduites au nombre de 4, mais sont jointives sur toute la largeur du pont. On place alors une couche de gaulettes de 2 à 3 cm de diamètre dans les espaces entre poutres ; le tout est ensuite recouvert de latérite.

Cette solution a l'avantage de la simplicité, intéressante pour des portées petites ou moyennes, mais :

- la latérite apporte une surcharge permanente considérable (2,8 à 4,5 t au mètre linéaire pour 30 à 50 cm de latérite). Surcharge répartie, il est vrai, sur un grand nombre de poutres ;
- cette couche de terre conserve l'humidité et constitue un milieu favorable à la pourriture du bois.

Malgré ses inconvénients théoriques, le recouvrement du pont en latérite est d'usage courant.

653.5 - Essences forestières à recommander pour la construction des ponts forestiers

Toutes les essences ne peuvent convenir à la construction des ponts. Seules certaines peuvent être utilisées en toute sécurité en raison de leur durabilité naturelle et de caractéristiques anatomiques, technologiques suffisantes. Deux listes ont été établies selon ces critères

- Liste 1 : espèces présentant les meilleures caractéristiques pour la mise en oeuvre dans des ponts.
- Liste 2 : espèces qui peuvent suppléer à la rareté ou à l'absence dans une région donnée des espèces de la liste 1.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

Rappelons que tous ces bois seront mis en oeuvre sous forme de billes. Ils pourront être utilisés en débités pour la construction des platelages et des chemins de roulement. On choisira des billes aussi droites que possible, non fendues, sans défauts apparents tels que pourriture extérieure, coeur pourri, roulure de pied, gros noeuds, bosses, etc... Les grumes à fibre vissée peuvent être utilisées sans inconvénients.

LISTE 1

Espèces présentant les meilleures caractéristiques pour la mise en oeuvre dans des ponts.

Nom commercial	Nom scientifique	Pays où ces espèces existent(1)
Adoum	<i>Cylicodiscus gabonensis</i>	Cam. Ga. R.C.A.
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Cam. Ga. Co. C.I.
Bilinga	<i>Nauclea Trillesii</i>	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.
Congolati	<i>Lcetestua durissima</i>	Co. Ga.
Douka Makoré	<i>Tieghemelia</i> sp. p.	C.I. Cam. Ga. Co.
Doussié	<i>Azalia</i> sp. p.	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.
Eyoum	<i>Dialium</i> sp.	Cam. Ga. Co.
Mubala ou Ovale	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	C.I. Co. Ga.
Mukulungu	<i>Autranella congolensis</i>	Cam. Co. Ga. R.C.A.
Oboto	<i>Mammea africana</i>	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	Cam. Ga. Co. R.C.A.
Tali	<i>Erythrophleum guineense</i>	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.

LISTE 2

Espèces venant au second rang, du point de vue des caractéristiques convenant pour la mise en oeuvre dans des ponts.

Nom commercial	Nom scientifique	Pays où ces espèces existent (1)
Abalé	<i>Combretodendron africanum</i>	C.I. Ga. Cam. Co. R.C.A.
Abeum	<i>Gillertiodendron</i> sp. p.	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.
Aboga	<i>Manilkara fouilloyana</i>	Ga. Cam. R.C.A.
Adzacon	<i>Lecontedoxa heitzana</i>	Ga
Apomé	<i>Cynometra ananta</i>	C.I.
Bubinga	<i>Guibourtia tessmannii</i>	Cam. Ga. Co. R.C.A.
Evino	<i>Vitex pachyphyllum</i>	Cam. Ga. Co.
Iroko	<i>Chlorophora excelsa</i>	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.
Izombé	<i>Testulea gabonensis</i>	Cam. Ga.
Kotibé	<i>Nesogordonia</i> sp. p.	C.I. Cam. Ga. Co. R.C.A.
Miama	<i>Calpocalyx heitzii</i>	Ga.
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>	Cam. Ga. Co.
Ozouga	<i>Sacoglottis gabonensis</i>	C.I. Cam. Ga. Co.

(1) Cam = Camaroun ; C.I. = Côte d'Ivoire ; Ga = Gabon ; Co = Congo Brazza ;
R.C.A. = République Centrafricaine

654 - Entretien des routes

Malgré les précautions prises au moment de la construction des routes, des dégradations dues à l'action des véhicules et des intempéries apparaissent ; il faut y porter remède par un entretien curatif. Ce dernier revêt diverses formes.

654.1 - Entretien courant

- Reprofilage de la chaussée

Il a pour but de lutter contre

- a - les effets de la circulation : usure de la chaussée et tôle ondulée en saison sèche,
- b - les ornières et le ravinement.

Le passage répété des véhicules tend à provoquer sur les bandes de roulement un compactage plus intense que sur le reste de la surface et les roues des véhicules tendent à détacher les graviers de la chaussée et les chasser vers l'extérieur. Ces deux effets s'ajoutent pour provoquer la formation d'ornières et de bourrelets ou épaulements latéraux limitant les ornières. Ces ornières et ces épaulements s'opposent à l'évacuation transversale des eaux de pluies vers les fossés.

Des ravines peuvent se former sur la forme bombée de la chaussée.

Chaque averse provoque un lavage intensif de la chaussée et un entraînement plus ou moins important des parties fines (argile) des couches superficielles dont on a vu qu'elles constituent le liant nécessaire à la cohésion des couches compactées de la chaussée.

L'entretien courant a pour but de supprimer les stries et les amorces d'ornières avant qu'elles ne deviennent trop gênantes. Il consiste en un reprofilage qui ramène en place les éléments constitutifs et rétablit la forme bombée de la chaussée.

La niveleuse automotrice est l'engin qui convient pour cette opération.

Il faut ramener sur la chaussée les matériaux qui ont été projetés vers les accotements par la circulation et l'érosion. Il faut nourrir la chaussée en la reprofilant (reprofilage en remblai).

La solution optimum consiste à effacer les dégradations dès qu'elles se forment avant qu'elles n'aient atteint une dénivellation gênante et qu'elles ne se durcissent. La lame de la niveleuse ne doit attaquer que les crêtes des ondulations ou les épaulements latéraux que provoque la circulation et n'entamer en aucun point la couche cohérente et stable de la chaussée.

Il ne faut surtout pas rechercher un nouveau profil en sculptant les couches en place et en rejetant les matériaux détachés en un cordon extérieur à la plate-forme : il en résulterait une usure accélérée de la chaussée et l'écoulement des eaux serait compromis.

Le reprofilage en remblai est effectué normalement en trois passes : une passe à droite, une passe à gauche, la lame étant chaque fois inclinée vers l'intérieur et enfin une passe au centre avec la lame à peu près perpendiculaire à l'axe de la route afin d'étaler le cordon formé par les deux premières passes.

Il faut soigneusement éviter la formation de cordons de terre sur les bords de la chaussée.

Le choix des jours où le reprofilage est effectué, est capital : il faut que le sol contienne une quantité d'humidité optimale pour se compacter après nivellement. S'il est trop humide (pluie en particulier), on aboutit à des catastrophes. Quand il est trop sec, les matériaux sans cohésion sont dispersés par le roulage.

- Trous et nids de poule

Un entretien doit intervenir aussitôt que possible après l'apparition de nids de poule. La première opération consiste à assécher le nid de poule par une rigole dirigée vers le fossé. Puis, une fois le trou bien asséché, on le remplit de matériaux (latérite).

Vouloir boucher les nids de poule sans les assécher au préalable est une opération inefficace, car l'eau étrempe les couches de la chaussée et en détruit rapidement la résistance.

Si on cherche à boucher les trous à l'aide de pierres ou de morceaux de latérite dure, ces éléments durs, en contact avec des couches détrempées qui n'offrent plus de résistance, s'enfoncent dans les couches profondes de la chaussée sans que le problème soit résolu.

- Entretien des écoulements d'eau

C'est une des tâches principales des équipes chargées des travaux manuels d'entretien. La vérification de l'état et l'amélioration quand nécessaire, des fossés, exutoires, dalots est un souci permanent.

654.2 - Rechargement de la chaussée

L'entretien courant n'évite pas l'usure de la chaussée par perte de matériaux. Au bout d'un certain temps, il faut procéder à des apports de matériaux nouveaux destinés à renforcer et à reconstituer la chaussée.

Il s'agit alors d'un rechargement général dont la périodicité est fonction de nombreux facteurs : intensité de la circulation, qualité des matériaux de la chaussée en place, conditions climatiques, qualité de l'entretien courant.

Généralement, seules les routes d'accès et une partie des routes principales y sont confrontées.

654.3 - Autres opérations d'entretien

Certaines parties de routes se révèlent d'une solidité insuffisante et doivent être reterrassées ; cela s'apparente aux travaux de construction examinés précédemment.

Dans les zones en déblais, des éboulements ont souvent lieu. Ces derniers doivent être rapidement déblayés au chargeur frontal et le fossé rétabli.

C'est une pratique courante, là où des talus élevés sont créés, de prévoir et d'admettre qu'il y aura des éboulements en saison des pluies. Quand la terre instable a fini de tomber, le talus est stabilisé. Il coûte moins cher de déblayer cette terre que d'augmenter le volume des terrassements, au moment de la construction de la route, en diminuant la pente des talus.

654.4 - Délai avant utilisation des routes - Planification de mise en service

On a déjà abordé ces questions à propos du compactage. Elles sont assez importantes pour qu'on y revienne.

Les moyens des chantiers ne permettent pas une stabilisation suffisante des sols aussitôt la fin des travaux de nivellement. Seul le temps permet d'obtenir cette stabilisation. Il est évident que les exigences à cet égard dépendent, des sols et de la saison ; en période sèche, on est beaucoup moins exigeant.

Il n'en reste pas moins que la règle qui a pour base de faire "reposer" une route avant emploi est générale. La bonne solution consiste à laisser s'écouler une saison des pluies.

On peut considérer qu'un délai de six mois est suffisant.

Cette notion s'ajoute à celle de la planification de l'emploi des routes : réserver pour la période humide les routes bien compactées - rouler en saison sèche sur les routes nouvelles pour les compacter. En d'autres termes, travailler en saison sèche sur l'extrémité des routes secondaires et en saison des pluies sur les parties déjà roulées.

66 - Développement des réseaux routiers et coûts techniques - données générales

Cette partie a été rédigée à partir de l'analyse et de la synthèse de relevés concrets constatés sur les chantiers d'exploitation.

661 - Développement des réseaux routiers

Ce développement est lié à la mise en oeuvre de l'un des deux schémas d'exploitation décrits à propos du débardage.

661.1 - Débardage direct de la souche à la route utilisable par des camions

Ce cas est spécifique des terrains faciles ou moyens et des forêts de richesse moyenne ou élevée.

Le débardage est effectué par tracteurs à chenilles seuls ou par tracteurs à chenilles et à pneus opérant parallèlement.

Dans ce cas, les densités des réseaux routiers s'échelonnent de 7 à 10 km pour 1 000 ha, 8 à 9 km étant les cas les plus courants. Les densités de l'ordre de 10 km et quelquefois plus correspondant aux forêts riches (10 m³ commerciaux/ha) ou aux terrains faciles.

Les densités ci-dessus incluent toutes les catégories de routes accessibles aux grumiers, épis compris.

661.2 - Débardage en deux phases

Il s'applique généralement aux terrains accidentés mais aussi, en terrain moyen, aux forêts à très faible volume exploitable à l'hectare.

Rappelons que dans ce schéma :

- des tracteurs à chenilles sont utilisés de la souche jusqu'à un parc intermédiaire en forêt sur lequel s'effectue le tronçonnage,
- des tracteurs à pneus utilisent ensuite un réseau de pistes pour débarder les billes commerciales jusqu'au bord de la route utilisable par les camions.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

Il y a une véritable rupture de charge dans le débardage.

- La densité du réseau routier varie pratiquement de 4,5 à 6,5 km pour 1 000 ha en fonction de la nature du terrain et de la richesse de la forêt, toutes catégories de routes incluses.
- La densité du réseau de pistes pour tracteurs à pneus varie considérablement selon les cas de 5 à 30 km pour 1 000 ha.

Le chiffre le plus faible correspond à une utilisation incomplète des engins à pneus. Le plus élevé à un développement apparemment insuffisant du réseau routier eu égard à la richesse de la forêt.

En terrain accidenté, on peut, en analysant l'expérience des chantiers, proposer les ordres de grandeur suivants :

Richesse forêt en m ³ /ha	Densité en km pour 1 000 ha	
	Routes	Pistes
6	4	8
9	6	12
12	7	17
15	8	22

662 - Kilométrages construits par les exploitations

Dès qu'elles ont une certaine importance, les exploitations construisent chaque année un kilométrage considérable de routes. Par exemple :

a - Terrain facile et débardage en une phase

Exploitation de :	60 000 m ³ /an
Volume exploité :	8 m ³ /ha
Surface parcourue annuellement :	7 500 ha
Densité du réseau routier :	9 km/1 000 ha
Kilométrage construit annuellement :	67,5 km

b - Terrain accidenté et débardage en 2 phases

Exploitation de :	100 000 m ³ /an
Volume exploité :	10 m ³ /ha
Surface parcourue annuellement :	10 000 ha
Densité du réseau routier :	5 km/1 000 ha
Kilométrage construit annuellement :	50 km

Densité réseau pistes pour tracteurs à pneus : 12 km/1 000 ha

Kilométrage de pistes ouvert annuellement : 120 km

663 - Coûts techniques de construction des routes

Ces coûts reflètent des ordres de grandeur moyens résultant d'études effectuées sur les chantiers. Ils sont susceptibles de variations sensibles en fonction des conditions topographiques, de l'âge et de l'état du parc de matériel, de l'organisation du chantier et de la qualité du personnel.

663.1 - Coût technique de l'intervention des tracteurs à chenilles

Ils sont utilisés au déforestation, au terrassement, à la construction des ponts, des passages de buses, au déblaiement de la route après ensoleillement, etc... C'est leur emploi à toutes ces opérations que nous retenons globalement.

Les ordres de grandeur résultent du quotient :

Total heures horomètres effectuées par les tracteurs affectés aux travaux routiers

Total heures horomètres effectuées par les tracteurs affectés aux travaux routiers

Kilométrage construit

Les heures sont exprimées en heures compteur de tracteur type 200 ch, à transmission Powershift.

Chapitre 6 - Infrastructure routière

On peut retenir les coûts techniques suivants (heure/km).

Topographie	Route d'accès aux chantiers	Routes principales	Routes secondaires	Epis routiers
Côte d'Ivoire : zone facile	90-100	45-50	25-30	10-15
Gabon zone facile	150	95-100	55-60	
zone moyenne	190-200	110-120	85-95	
zone difficile	225-250	165-180	110-120	
Indonésie (Kakimantan): zone sableuse facile		70-100	45-50	
zone argilo sableuse moyenne		100	70	
zone argileuse difficile		150-300	70-100	

Pistes pour tracteurs à pneus

Si on suppose que ces pistes sont ouvertes par les tracteurs de débardage premier, en l'occurrence des modèles 140 ch, les coûts en heures de tracteur sont les suivants :

Heures tracteur par kilomètre de piste

Terrain facile : 12-15 heures

Terrain moyen : 20-25 heures

Terrain difficile : 30-40 heures

Outre la piste elle-même, ces temps incluent l'ouverture de deux parcs intermédiaires par km.

663.2 - Coût technique de l'enseillement latéral

L'opération est effectuée à la scie à chaîne. Une équipe scie constituée d'un abatteur et d'un aide traite en moyenne 50 à 75 m de route par jour, soit 13 à 20 journées au km.

663.3 - Apport d'une couche d'amélioration (latérite)

On peut admettre les apports suivants exprimés en m³ de matériaux compactés par km de route :

	Routes d'accès aux chantiers	Routes principales	Routes secondaires
Gabon	800 m ³	600 m ³	400 m ³
Côte d'Ivoire	400 m ³	300 m ³	200 m ³

600 m³ peuvent correspondre à 7,5 cm d'épaisseur sur 8 m de largeur ou 10 cm sur 6 m.

On a vu que cette couche d'amélioration a essentiellement pour but :

- de protéger la forme de la route réalisée en sol naturel,
- d'assurer l'adhérence des véhicules.

Une couche aussi mince ne peut concourir à répartir les charges dans les fondations ; c'est le sol naturel compacté qui joue ce rôle.

En Côte d'Ivoire, les épis ne sont pas latérités. Les routes secondaires ne le sont que si c'est nécessaire.

En terrain accidenté et en zone pluvieuse (Gabon par exemple), les ordres de grandeur des kilométrages latérités seront les suivants :

Densité totale du réseau routier toutes catégories km/1000 ha	Kilométrage de routes latéritées
4	4
6	5,5
7	6
8	6,5

663.4 - Coûts techniques du nivellement

Exprimés en heures de niveleuse utilisée à tous les travaux de construction des routes (mise en forme du sol naturel, creusement fossés, épandage de la couche d'amélioration, etc ..), on peut retenir :

	Routes d'accès et principales	Routes secondaires
Gabon	30-40 H	25 H
Côte d'Ivoire	20 H	10 H
Indonésie	30-35 H	

Ces ordres de grandeur recouvrent évidemment plusieurs passages de niveleuse.

Poids des matériaux et foisonnement

Les matériaux du sol augmentent de volume quand ils sont extraits. Cette augmentation de volume, appelée foisonnement, se mesure par un indice propre à chaque type de sol.

Poids spécifique et indice de foisonnement

Matériaux	Poids spécifique en place (kg/m ³)	Indice de foisonnement
Argile	1 720	0.72
Argile humide	1 780	0.75
Argile sèche	1 360	0.85
Boue	1 700 à 2 000	0.83
Glaise	1 600	0.83
Gravier humide	2 000	0.89
Gravier sec	1 840	0.89
Pierre calcaire	2 500 à 2 800	0.57 à 0.60
Roches et pierres concassées	1 900 à 2 400	0.74
Sable humide	2 100	0.88
Sable sec	1 780	0.89
Schiste	1 780	0.60
Terre avec sable et graviers	1 840	0.90
Terre humide	1 780	0.80
Terre mouillée	2 000	0.85
Terre sèche	1 600	0.80

Source : Moniteur des T.P.

Organisation générale de l'exploitation - personnel - matériel

Chapitre 7

Chapitre 7

Organisation générale de l'exploitation - personnel - matériel

Evolution des entreprises depuis les années 50 - leur croissance

La production de bois en Afrique tropical s'est accrue considérablement à partir des années 50 jusqu'au milieu des années 70 (exportations multipliées par 10 de 1953 à 1970). Dès les années 60, beaucoup d'entreprises importantes actuelles étaient déjà en place. Leur croissance a suivi dans une large mesure celle de la production.

Cette croissance s'est faite par augmentation des moyens mis en place, mais aussi largement par accroissement de la productivité de ces moyens.

Nous y reviendrons à propos du personnel et de l'équipement pour montrer les améliorations considérables qui ont eu lieu. En effet, la première réaction a été de faire mieux avec ce qu'on avait.

L'effet d'échelle a joué également dans beaucoup des cas permettant la mise en place de matériels mieux adaptés (ex. chargeur frontal, sur parc). Les méthodes ont évolué aussi (abattage à la scie, tracteurs à pneus), allant de pair avec une meilleure organisation. La puissance des machines s'est accrue.

On se trouve donc en présence d'une profession qui a atteint maintenant un caractère industriel avec tous les avantages et inconvénients que cela comporte : possibilité de résoudre des difficultés d'exploitation demandant de gros moyens, mais aussi des problèmes de gestion et d'organisation dus à leur taille.

71 - Rappel de quelques aspects

Une exploitation forestière tropicale ressemble plus par sa structure et son mode de gestion à une entreprise de Travaux Publics qu'à une exploitation européenne.

Les investissements en gros matériel y sont importants. La plus grande partie de la production est le fait d'entreprises de taille moyenne ou grande (40.000 m³/an et plus) souvent intégrées à des activités en aval.

711 - Primauté du matériel à chenilles

Le bulldozer sur chenilles, avec treuil reste le matériel de base de toutes les exploitations.

Il est indispensable à la pénétration de la forêt pour la route et pour le débardage.

Il est polyvalent ; il peut effectuer toutes les opérations nécessaires à la sortie du bois quelles que soient les difficultés.

Il est le seul équipement à présenter cet avantage.

Le matériel de débardage à pneus, bien que souvent indispensable, est pratiquement toujours utilisé en association avec les engins à chenilles. Son emploi est la règle en débardage en deux phases (mais, en terrain accidenté, il faut deux chenillards pour approvisionner un tracteur à pneus). En débardage en une phase il n'occupe souvent qu'un "créneau" certes important dans l'organisation de la production.

712 - Importance des transports

Nous avons déjà dit que l'exploitation forestière est pour beaucoup une affaire de transport.

A l'intérieur du chantier, ces transports (route et véhicule) ne dépendent que de l'exploitation et elle dispose des moyens pour s'en rendre maître.

Les problèmes, quand ils existent, ce qui est assez courant, se situent au niveau de l'infrastructure publique (route, fer, ponts) ; elle peut manquer et on est en face d'un obstacle pur et simple. Sa capacité peut être simplement insuffisante.

Citons des exemples :

- l'Est du Gabon, surtout avant la création du chemin de fer,
- le Sud Est du Cameroun,
- la "Cuvette Congolaise"...

Dans plusieurs pays, la capacité des transports ferroviaires, la lourdeur inévitable de leur gestion, constituent le facteur limitant. On a vu, dans le passé, que des accidents graves détruisant du matériel de traction, réduisaient pour longtemps la capacité du réseau et en conséquence obéiraient gravement la capacité financière des entreprises par manque de trésorerie et accroissement sensible des frais financiers. Inversement, la croissance rapide de la production en Côte d'Ivoire, dans les années 60 et 70, a été possible grâce à un bon réseau routier et à deux bons ports. L'efficacité du transport routier privé a pu et peut toujours y faire ses preuves.

72 - Installation des exploitations - les phases préparatoires

Nous décrivons ici succinctement les opérations à effectuer lors de la mise en place d'une exploitation. Elles sont longues.

L'échelonnement complet des travaux décrits ci-dessous ne se rencontre pas toujours dans la pratique. Il est courant qu'une exploitation ne soit pas installée à partir de zéro : elle peut reprendre, par exemple, une activité ancienne. Notre but est de faire comprendre le volume des opérations préliminaires à mener, même si, pendant leur déroulement, la production commence, de façon à assurer des ressources de trésorerie indispensables.

Généralement l'activité du (ou des) chantier se poursuivra pendant de nombreuses années dans la même zone. Si certaines installations ne durent que quelques années, d'autres peuvent rester en place vingt ans et plus

Les phases techniques préparatoires, avant d'atteindre un régime normal de production, portent sur les points suivants

- les concessions forestières,
- les reconnaissances et inventaires,
- le recrutement du personnel,
- l'achat du matériel : machines et engins,
- les installations et constructions,
- les travaux de routes.

721 - Les concessions forestières

L'achat du bois sur pied a lieu le plus souvent sous la forme d'une "autorisation" d'occuper une surface de terrain couverture de forêt, pendant une durée donnée, en vue de procéder à l'exploitation. Cette concession a pour contrepartie l'obligation de payer diverses taxes.

Les droits d'exploiter sont le plus souvent acquis par accord de gré à gré avec les autorités nationales. Des procédures d'adjudication publique tendent à se généraliser aujourd'hui.

La procédure d'attribution des concessions "forestières", est définie par des textes réglementaires particuliers dans chaque pays. Les limites des lots ou permis de formes diverses peuvent être soit des lignes droites, soit des limites naturelles.

Le délai qui peut s'écouler entre les premières démarches (enregistrement de la demande) et la décision officielle (arrêté ou décret) peut être long ; de six mois à deux ou trois ans suivant la complexité de la procédure et la diligence des services.

Une fois un permis attribué, l'exploitant dispose donc de droits sur un périmètre donné. Dans bien des cas, on ne lui indique ni la superficie utile "exploitable", ni le potentiel exploitable en volume et qualité.

Si aucune information n'existe, c'est à lui de l'obtenir ; si on lui en donne (résultat d'inventaire en particulier), cela n'est assorti d'aucune garantie contractuelle. Il appartient donc de vérifier les informations et de les préciser en fonction de ses besoins.

722 - Permis d'exploitation

Une demande de concession ne peut se faire "à l'aveuglette". Des reconnaissances préalables sont indispensables si les informations manquent, elles ont lieu avant la demande du permis.

Il est de nombreux cas où l'Administration propose des lots aux limites définies qui sont attribués par adjudication.

723 - Début de l'inventaire

Une fois le permis attribué, les reconnaissances doivent être complétées et l'inventaire proprement dit doit commencer. Il doit prendre assez d'avance (deux ou trois ans d'exploitation au minimum) pour guider la mise en place de l'infrastructure.

Dans les cas favorables, le permis est totalement ou pour une partie importante, inventorié avant début d'exploitation.

724 - Mise en place du personnel - recrutement

Si le personnel vient d'un autre chantier, le problème est celui d'un déménagement. Mais il s'assortit toujours plus ou moins d'un recrutement nécessaire pour compléter les effectifs.

Les cadres sont formés en plus ou moins grande partie dans l'entreprise. Ils ont toujours un rôle multiple de commandement, de formation des subordonnés et d'administration.

Les spécialistes (abatteurs, chauffeurs, conducteurs d'engins, et de camions-grumiers) sont choisis et formés sur le tas.

Les ouvriers spécialisés sont encore généralement recrutés parmi les manoeuvres et sont spécialisés dans l'entreprise.

La mise en place du personnel est conditionnée par la construction préalable des logements et campements (cf. ci-dessous).

725 - Installation du ou des chantiers-constructions

Le programme de production prévu implique le choix du matériel. Des délais de livraisons de deux à quatre mois sont courant pour un matériel importé de pays industrialisés (Europe ou Amérique du Nord).

Une fois le matériel dédouané, son acheminement suppose la mise en oeuvre de moyens spéciaux : porte-engins sur route, chalands et remorqueurs sur rivière.

726 - Installation du ou des chantiers-constructions

Les concessions forestières sont le plus souvent éloignés des zones équipées et habitées. Force est donc de créer, sur le chantier ou à proximité, toutes les installations qui seront nécessaires à sa vie.

Cela comprend

- d'une part les constructions : logements, campements, bureaux, ateliers rassemblés en une base unique ou répartis sur plusieurs sites. S'y ajoutent écoles, infirmerie, économat, infrastructures sportives, (bien qu'appelé encore souvent traditionnellement "campement", il s'agit alors d'un véritable village).

- d'autre part, diverses installations : aires de stockage, quais fluviaux...

Qu'il s'agisse d'installations provisoires ne devant durer que quelques années ou de constructions quasi-définitives sur une base, il faut se garder de toute installation hâtive qui constituerait ensuite une entrave à la bonne marche de l'exploitation : les économies que l'on croit pouvoir réaliser s'avèrent très souvent apparentes.

De la bonne implantation du "campement", de sa bonne conception et de son exécution, dépend la bonne atmosphère du chantier et le rendement du personnel. Du bon agencement des bâtiments d'ateliers et de magasins, dépendent les conditions de travail des mécaniciens, la rapidité des interventions.

Les locaux industriels de la base comprennent :

- ateliers de réparations avec les machins outils,
- hangar-abri pour les véhicules et engins,
- local pour groupes électrogènes,
- magasin général et magasin spécialisé (pièces de rechange, pneus...),
- citernes à carburants et poste de distribution.

727 - Travaux routiers

A partir des renseignements recueillis lors de la reconnaissance initiale et des premiers résultats de la prospection, il convient de :

- préciser l'emplacement des points de jonction entre le réseau d'exploitation privé à construire et le réseau routier public ou la rivière,
- placer la route principale d'accès à la concession au mieux des possibilités topographiques et de la situation des bois à exploiter.

Outre la construction de la route d'accès et du début de la route principale d'évacuation du bois, il est nécessaire d'acquérir une "avance" de routes d'exploitation.

On a vu que la plate-forme des routes devait être construite longtemps avant leur mise en service pour supporter sans dommage le trafic. On a vu qu'un délai de l'ordre de six mois au moins était nécessaire. Il faut donc arriver à construire aussitôt que possible, et en avance, le réseau correspondant à six mois ou mieux un an d'activité du ou des chantiers.

73 - Personnel

Quel est le rôle des diverses catégories de personnel ? Comment exécute-t-il les différentes tâches ? C'est ce que nous allons brièvement aborder ici

731 - Personnel d'encadrement

Fonctions

Par ordre de responsabilités décroissantes, on a les emplois ci-dessous. Selon la taille des entreprises, plusieurs de ces emplois peuvent se trouver regroupés dans une même personne.

- chef d'exploitation :
 - dans les cas de plusieurs chantiers ou de plusieurs activités.

- chef de chantier :
 - assume la responsabilité d'un chantier ou unité de production,
 - peut être assisté d'adjoints spécialisés dits agents forestiers,

- chef mécanicien :
 - est chargé de l'entretien et de la réparation de l'ensemble du matériel,
 - dirige l'atelier central et le magasin central des rechanges,
peut être assisté de un ou plusieurs mécaniciens.

- agent forestier :
 - assume la responsabilité d'un ou plusieurs secteurs de production par exemple : abattage et tronçonnage, prospection, etc...

- mécanicien
 - assume la responsabilité d'un secteur (ou plusieurs) mécanique.

- Agent administratif :
 - pour le transit, la comptabilité, les approvisionnements...

732 - Personnel d'exécution

a - fonctions

La spécialisation, souvent étroite, est la règle par exemple, un abatteur accepte très difficilement d'être affecté au tronçonnage.

Il n'y a guère d'autre formation professionnelle que celle qui est acquise "sur le tas". L'expérience a montré que l'on pourrait obtenir d'excellents résultats avec cette formation.

b - salaires

Les salaires des spécialistes (abatteurs, conducteurs d'engins et de véhicules, contremaîtres, comis) sont souvent fixés au mois avec des primes à la production qui peuvent dépasser le montant du salaire de base.

Pour les autres catégories, le salaire correspondant à une tâche journalière fixée d'avance selon des normes locales variant d'une région à une autre. Mais la durée réelle de travail en forêt varie suivant les postes de travail de 3 à moins de 8 heures.

c - Organisation du travail

C'est le matin que se fait le travail. C'est aussi le moment où il fait le moins chaud.

Seuls des travaux spécialisés se poursuivent après 16 heures l'après-midi (bulldozer, engins de débardage, chargement, camions grumiers : ces derniers pouvant rouler très tard).

Le travail se fait en petites équipes de 3 à 10 hommes sous les ordres d'un chef d'équipe. L'efficacité est d'autant meilleure qu'une équipe est moins nombreuse.

La dispersion excessive sur le terrain est à éviter, car elle complique la surveillance.

Dans un souci d'efficacité, on conserve une même spécialisation aux hommes (un métier par homme).

Il ne faut prévoir qu'un seul travail par jour (ou une tâche par jour), car la mise en route est toujours assez longue.

733 - Logement

Les campements sont réalisés dans des zones souvent pas ou peu habitées, loin des zones de peuplement traditionnel. Bien des campements sont créés là où rien n'existait.

Le directeur et le ou les agents administratifs ne résident habituellement pas sur le chantier, mais dans un centre important. Tous les autres personnels (cadres et exécution) résident sur le chantier ou en forêt.

Le logement est assuré par l'entreprise, il est réalisé soit :

- en matériaux locaux analogues à ceux utilisés dans les villages.
- sous forme de maisons semi-définitives souvent démontables en partie quand le chantier se déplace.

A partir des campements, le personnel est transporté sur les lieux de travail par des véhicules de service (distance de 10 à 40 km). Pour réduire ces distances, on rencontre souvent un campement central au point de base et un campement avancé plus près du centre géométrique de la concession.

Le ravitaillement en eau est un des facteurs essentiels du choix des emplacements.

74 - Temps de travail annuel

Ceci comprend le personnel, mais aussi les machines.

Dans l'organisation des chantiers, il y a toujours lieu de distinguer, lorsqu'on évalue la durée annuelle du travail entre le : nombre de jours de travail sur le chantier et le nombre de jours de travail par ouvrier qui lui est inférieur.

Le nombre de jours de travail sur le chantier correspond au nombre de jours dans l'année après déduction :

- des dimanches et jours fériés,
- des jours de pluie,
- des quelques jours d'arrêt divers (payés, imprévus).

Il en résulte le nombre de jours réellement ouvrés sur le chantier qui correspond également à la disponibilité du parc d'engins.

Selon les pays et les conditions de travail, ce nombre de jours varie entre 275 et 300.

La disponibilité du poste "transport" est souvent limitée entre 180 et 200 jours par an en raison des contraintes climatiques.

Le nombre de jours de travail annuel par ouvrier correspond au nombre de jours de travail sur le chantier diminué des :

- congés
- absences (maladie, accident, permission).

Ce nombre de jours réellement travaillés par ouvrier et par an varie entre 235 et 250 suivant les pays. Il y a lieu de tenir compte du ratio :

$$\text{ratio} = \frac{\text{nombre de jours de travail sur chantier}}{\text{les nombres de jours de travail par ouvrier}}$$

pour calculer les effectifs de personnel nécessaires sur les engins.

Exemples de calcul du temps de travail annuel

Pays	Gabon	Congo	Indonésie
Nombre de jours dans l'année	365	365	365
Dimanches et fêtes	67	63	30
Arrêts pluies	5	4	60 ⁽¹⁾
Divers-imprévus	11	2	-
Nombre de jours réellement ouverts sur le chantier	282	296	275
Congés	23	21	14
Absences - maladie - accidents	24	25	11
Nombre de jours de travail par ouvrier	235	250	250

(1) la plupart des chantiers sont arrêtés pendant les deux mois de plus forte pluie (janvier - février).

75 - Organigramme de l'exploitation exemples concrets d'entreprises

Nous allons décrire succinctement comment s'articulent les diverses équipes au sein d'une exploitation. Puis, surtout, décrire, deux cas concrets, montrant le personnel et le matériel employés au sein de cet organigramme.

751 - organigramme

On a examiné au chapitre 2, l'éventail des opérations exécutées par l'exploitation forestière.

Le tableau 751 résume l'organigramme d'une exploitation effectuant toutes ces tâches. L'exemple retenu est celui d'une entreprise installée en région accidentée produisant 70 à 100 000 m³ de grumes par an.

L'organigramme représente ce qui existe sur le terrain. Au-dessus du chef d'exploitation se trouve la Direction de l'entreprise. Les activités en aval de l'exploitation ne figurent pas.

L'organigramme du tableau 751 est relativement complexe. Dans des terrains plus faciles ou pour des exploitations plus petites, il se simplifie :

- présence d'un seul chantier,
- unité de génie civil non distincte,
- transport plus simple.

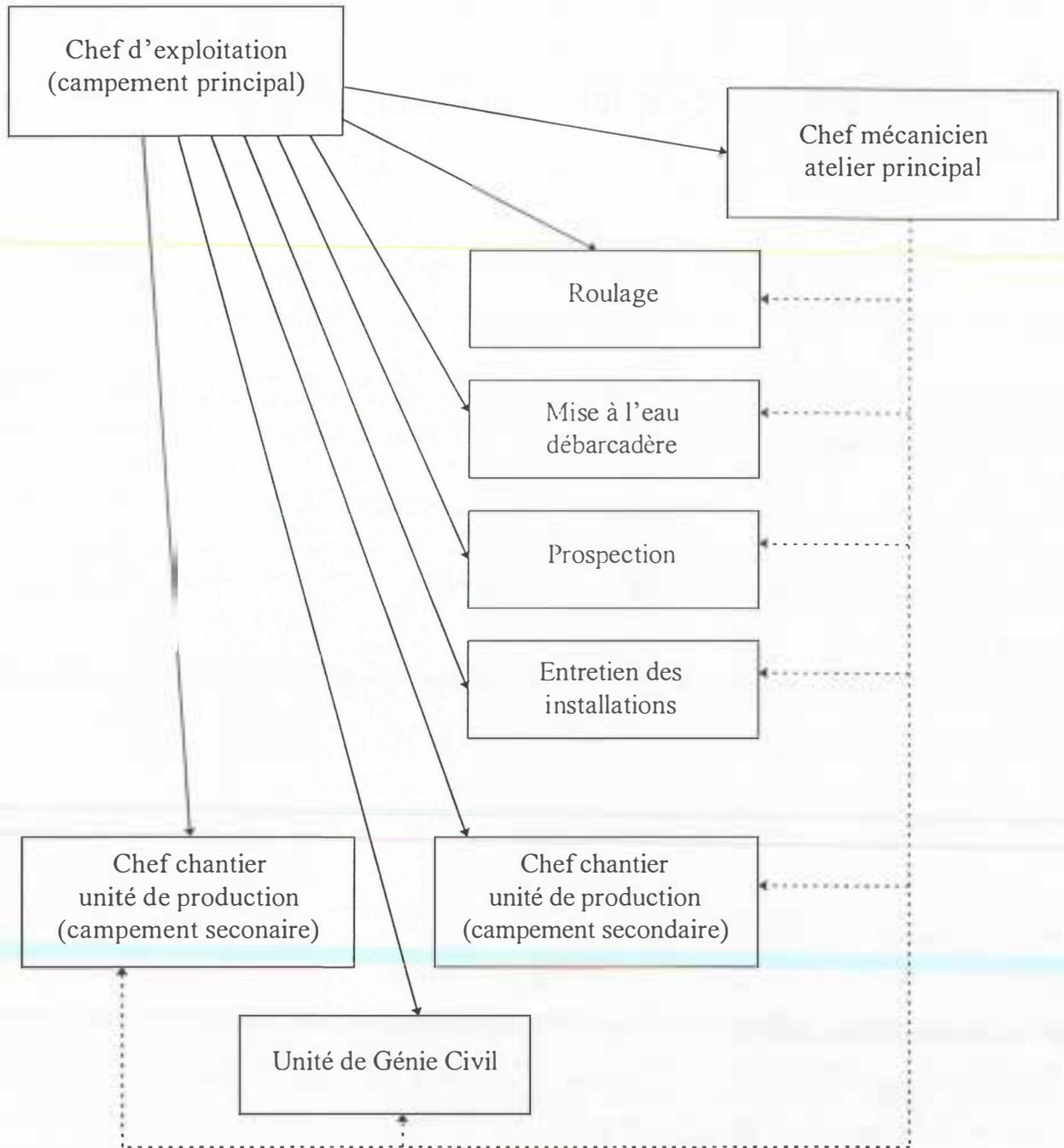
Taille du chantier d'exploitation

La taille de l'unité de production (chantier) est commandée par la capacité d'un chef de chantier de diriger un certain nombre d'hommes et d'engins.

En région accidentée, cela correspond à une production de 35 à 50 000 m³/an.

Dans des régions où les opérations forestières sont plus simples, parce que le relief est plus facile, l'unité de production peut être beaucoup plus grande, atteignant 100 à 150 000 m³/an.

Tableau 751
Exploitation en terrain accidenté, production de 70 à 100 000m³ de grumes/an



—————> : gestion et contrôle
- - - - -> : gestion et contrôle (partiemécanique)

752 - Exemples d'exploitations

On trouvera ci-dessous la description rapide des moyens utilisés par quelques exploitations.

Importance de la position “départ chantier”

Dans chaque cas nous insisterons particulièrement sur le personnel et le matériel nécessaires pour amener les bois en position “départ chantier” (nous en avons parlé au chapitre 2).

La position “départ chantier” est la seule qui caractérise vraiment une exploitation, puisqu'elle ne fait pas apparaître des éléments éminemment variables comme le transport (dépendant de la situation de l'exploitation).

Nous retiendrons, en fait, la notion de :

- départ chantier, hors Direction (et les dépenses afférentes) et hors prospection.

Notre but est en effet de pouvoir faire des comparaisons entre exploitations ; pour cela nous excluons :

- la Direction, parce qu'une Direction d'entreprise peut diriger plusieurs exploitations ou des exploitations et des industries de transformation. Il est difficile d'en retenir une quote-part pour un chantier donné.
- nous excluons la prospection parce que les moyens qui y sont affectés n'apparaissent pas toujours : si la prospection est sous-traitée, si elle est terminée.

Ce que nous retenons au titre du “Départ Chantier” peut aussi être défini comme les moyens d'exploitation, c'est-à-dire :

- construction et entretien des routes et pistes,
- abattage-étêtage,
- débardage,
- tronçonnage,
- chargement sur camions,
- encadrement sur l'exploitation,
- maintenance du matériel d'exploitation,
- services et direction sur l'exploitation.

752.1 - exemple d'exploitation en zone accidentée

On trouvera ci-dessous la description du personnel et du matériel nécessaire au fonctionnement d'une exploitation produisant 75 000 m³/an dans une forêt fournissant 9 m³/ha.

On distinguera, conformément à ce qui a été dit précédemment :

- direction de l'entreprise (s'il y a une seule exploitation)
- prospection,
- production jusqu'à départ chantier,
- transports en considérant : un transport routier sur 140 km et un transport fluvial (sous traité).

a - Direction de l'entreprise - personnel : 22

Soit :

Directeur général	1
Directeur administratif	1
Comptable	<u>1</u>
	3

Personnel exécution 19

b - Prospection - personnel : 30

c - Production départ chantier

• Personnel d'encadrement (N2) : 7

Soit :

Chef exploitation :	1
Chefs chantiers :	2
Route :	1
Mécaniciens forêt :	2
Mécanique générale :	1

Chapitre 7 - Organisation générale de l'exploitation - personnel - matériel

Matériel		Personnel d'exploitation	
Tracteurs chenilles 300 ch	2	2 conducteurs + 2 aides	4
Tracteurs chenilles 200 ch	2	2 conducteurs + 3 aides	5
Tracteurs chenilles 100 ch	7	7 conducteurs + 7 aides	14
Tracteurs pneus (type 130 ch)	3	3 conducteurs + 3 aides	6
Niveleuse (type 120 ch)	2	2 conducteurs	2
Chargeurs pneus 200 ch (1 route - 2 chargements grumes)	3	3 conducteurs	3
Compacteur léger	1	1 conducteur	1
Camions bennes	4	4 chauffeurs	4
Camions originaires	2	3 chauffeurs	3
Land Rover	2		
Voitures ordinaires	7		
Scies à chaînes	14	Routes : 3 scieurs + 6 aides Abattage : 5 scieurs + 10 aides Débardage : 2 scieurs + 2 aides Tronçon : 4 scieurs + 4 aides	36
Personnel n'utilisant pas directement de machines			
		Abattage	4
		Routes	10
		Débardage	7
		Parcs (marquages, façonnage)	10
		Campement :	
		Entretien	11
		Service	10
		Infirmière - magasinier	4
		Administration	4
		Atelier :	12
		TOTAL (N1)	150

d - Transports

- Transport routier sur 140 km

Matériel		Personnel	
Camions grumiers C.U. = 30 T... 9		Chauffeurs 10	
		Aides 10	
Encadrement transport :		Encadrement 1	
voiture légère..... 1		Aides 1	
		Mécaniciens (cadres) 2	
Mécanique			
voiture légère..... 1		Aides	
		Service 10	
		dont 3 cadres	<u>34</u>

- Mise à l'eau et confection radeaux

15 hommes

1 cadre commun avec transport routier

- transport fluvial : P.M.

e - Récapitulation - personnel de l'entreprise

Personnel de l'entreprise	Total	dont cadres
Direction	22	3
Prospection	30	
Encadrement chantier (N2)	7	7
Personnel exécution chantier (N1)	150	5
Transport routier	34	13
Mise à l'eau	15	
	<u>258</u>	<u>13</u>
Total général	395	

752.2 - Exemple d'exploitation en zone facile (type Côte d'Ivoire, Est Cameroun, RCA)

Le chantier pris pour exemple exploite une forêt dont la pénétration est aisée. La pluviométrie comporte une longue saison sèche bien marquée.

Production 61 000 m³/an
Forêt fournissant 10 m³/ha

La prospection est terminée et les transports sont intégralement sous-traités.

a - Direction de l'entreprise : le personnel correspondant n'est pas décompté ici, car il est commun à d'autres chantiers et à une activité industrielle.

b - Prospection P.M. : la prospection est déjà effectuée.

c - Production départ chantier

• Personnel d'encadrement	
Chef d'exploitation (1)	0,5
Chef de chantier	1
Adjoint	1
Mécanicien	1

3,5 (N2)

(1) Le chef d'exploitation dirige aussi une scierie.

Chapitre 7 - Organisation générale de l'exploitation - personnel - matériel

• Personnel et matériel d'exécution

Matériel		Personnel d'exécution	
Tracteurs chenilles 200 ch	5	5 chauffeurs + 5 aides	10
Tracteurs pneus 180 ch	2	2 chauffeurs + 2 aides	4
Niveleuse 130 ch	1	1 chauffeur	1
Chargeurs pneus 200 ch	2	2 chauffeurs	2
Camions bennes	3	3 chauffeurs	3
Voitures légères	3		
Pick up 4x4	1		
Scies à chaînes	15		30
			<hr/> 50
Personnel n'utilisant pas directement des machines :			
		Routes	6
		Abattage	5
		Débardage	15
		Parc	8
		Campement : bureau	3
		service	5
		entretien divers	5
		Atelier	7
		Total (N1)	<hr/> 104

d - Transport P.M.

Ils sont entièrement sous-traités.

76 - Productivité du personnel - comparaison entre exploitations

Nous avons indiqué au paragraphe précédent l'importance de la notion de production "Départ Chantier" hors frais généraux de Direction et hors prospection.

Du point de vue du personnel, cela correspond aux effectifs N1 (exécution) et N2 (cadres) figurant dans les tableaux.

Ces effectifs, comparés à la production annuelle, fournissent des ratios de production par Homme/an, qu'on peut comparer d'une exploitation à une autre. Ils sont exprimés en mètres cubes.

Nous distinguons deux ratios concernant, l'un le personnel d'encadrement du chantier, l'autre le personnel d'exécution.

$$\text{Personnel d'exécution} : P1 = \frac{\text{Production annuelle}}{N1}$$

$$\text{Cadres} : P1 = \frac{\text{Production annuelle}}{N2}$$

Deux tableaux résument les résultats obtenus sur des exploitations réelles. Nous avons fait figurer dans les premières lignes les exploitations décrites au § 752.

Les tableaux portent sur des cas plus ou moins récents ; mais nous avons fait figurer en bas des tableaux des exemples d'exploitations des années 60. On voit l'accroissement de productivité obtenu depuis.

Le tableau 761 concerne des chantiers établis en zone accidentée (type Gabon).

Le tableau 762 des terrains tels que ceux qu'on rencontre en Côte d'Ivoire, dans l'Est Cameroun ou en RCA.

Tableau 761
Exploitation en zone accidentée (type Gabon)

Productivité du personnel “départ chantier”

Production annuelle m ³	Richesse forêt m ³ /ha	Terrain (*)	Effectifs		Ratios - m ³ /homme/an	
			Exécution N1	Encadre- ment N2	P1	P2
Exploitation décrite au § 752.1 : 75000/an	9	M	150	7	500	10 700
127 000	8	M/D	249	15	510	8 500
57 000	8	M/D	104	5	550	11 400
91 000	8	M/D	191	8	475	11 400
75 000	16	M	148	5	505	14 900
31 000	10	D	83	3	380	10 450
30 000	10	D	73	4	420	7 700
22 000	8	D	74	3	295	7 300
81 000	11	F/M	130	8	620	10 075
chantiers anciens (1960-1965)						
48 000	15	F	200	5-6	240	8 100
60 000	15	F	200	5-6	300	10 500
42 000	10	D	147	6-7	280	6 300

* F = Facile M = Moyen D = Difficile

Tableau 762
Terrains type Côte d'Ivoire, Est Cameroun ou RCA

Productivité du personnel "départ chantier"

Production annuelle m ³	Richesse forêt m ³ /ha	Terrain (*)	Effectifs		Ratios - m ³ /homme/an	
			Exécution N1	Encadre- ment N2	P1	P2
Exploitation décrite au § 752.2 :61000/an	10	F	104	3.5	587	17 400
43 000	12	F	126	4	340	10 700
84 000	13	F	111	5	760	16 800
132 000 (2e-3e coupe)	4 - 5	F	126	4	1 100	33 000
140 000 (2e-3e coupe)	-	F	204	6	685	23 300
80 000 (2e-3e coupe)	2 - 3	F	80	7	1 000	11 400
33 000	2 - 3	D	84	1 - 2	390	18 900
32 000	2 - 3	M/D	56	2	570	16 000
chantiers anciens (1960-1965)	-	F	-	-	200	9 600
Ensemble 7 expl. 81 000	-	F	282	5-6	290	14 700

* F = Facile M = Moyen D = Difficile

On notera les productivités élevées obtenues par des exploitations intervenant en 2ème ou 3ème coupe, dans des forêts ayant déjà fait l'objet d'un premier passage, c'est-à-dire où une infrastructure existe déjà, nécessitant toutefois une remise en état.

77 - Investissements

Ils sont liés aux prix des matériels et au coût des travaux d'installation de l'exploitation. Ces prix varient continuellement et de façon importante. Aussi, ne donnerons-nous, aucun chiffre qui perdrait rapidement toute signification.

Les investissements se décomposent en

- frais de première installation,
- matériel fixe,
- matériel mobile pour amener les bois "départ chantier",
- matériel de transport (et de rupture de charge, s'il y en a).

771 - Frais de première installation

Nous en avons donné une liste au § 72 et n'y reviendrons pas. Elle inclut l'acquisition sous une forme ou une autre de la concession d'exploitation : le règlement s'échelonne souvent sur plusieurs années et est d'un montant très variable.

La dépense de loin la plus lourde correspond à l'installation (préparation du terrain) et la construction du (ou des) campements, logements, bureaux, infirmerie école, ateliers, magasin... Cela inclut les achats de matériaux et des dépenses de fonctionnement (matériel et personnel) nécessaire à la réalisation.

L'installation peut, dans une certaine mesure être échelonnée sur quelques années.

Les dépenses de première installation sont très lourdes elles atteignent et dépassent couramment 30 % des investissements totaux.

772 - Matériel fixe

On peut citer l'achat des :

- équipements d'atelier,
- groupes électrogènes pour campements et ateliers,
- station-service.

S'y ajoute la constitution d'un stock de pièces de rechange.

773 - Matériel mobile d'exploitation jusqu'à départ chantier - ratio d'investissement

A la notion de "Départ Chantier" (hors direction de l'entreprise, hors prospection) correspond l'investissement en "matériel mobile d'exploitation".

Ce matériel est caractéristique de chaque chantier, il permet donc de faire des comparaisons sur le niveau des investissements. Pour rendre ces comparaisons parlantes, il y a lieu de considérer un ratio d'investissement défini comme le quotient :

$$\frac{\text{Montant des investissements en matériel mobile}}{\text{Production annuelle}}$$

Ce ratio s'exprime en coût en monnaie locale ou en devises investies par mètre cube de production annuelle (il ne faut pas le confondre avec le montant des amortissements inclus dans le prix de revient du m³ ou de la tonne).

En raison de ce que nous avons dit ci-dessus, nous ne donnerons pas de chiffre.

774 - Matériel de transport et de manutention

Il comprend :

- le matériel de transport routier,
- le matériel assurant des ruptures de charges (manutentions),
- les frais d'établissement de point de mise à l'eau des bois,
- le matériel de transport fluvial,
- les stocks de pièces de rechanges,
- etc.

La liste peut varier considérablement selon le cas. Généralement l'investissement en camions grumiers est le poste le plus lourd.

775 - Récapitulation investissements totaux

Prenons l'exemple d'une exploitation de 85 000 m³/an en terrain facile dans une forêt fournissant 9 m³/ha.

Les transports sont faits par l'entreprise sur 200 km sur bonne route : 12 grumiers en parfait état sont nécessaires.

En pourcentage, on obtient les approximations suivantes :

- achat du permis : très variable non compté ici	P.M.
- première installation	32
- matériel fixe	3
- matériel mobile d'exploitation jusqu'à départ chantier (y compris 5% de stock pièces de rechange)	49
- matériel de transport (y compris % de stock de rechanges)	16
	<hr/>
	100

Prix de revient - prix de revient analytique

Chapitre 8

Chapitre 8

Prix de revient - prix de revient analytique

Nous allons parler ici de l'analyse des coûts, mais en le faisant en technicien. Nous n'avons pas qualité pour aborder d'autres plans.

A l'issue de chaque année d'activité l'entreprise dispose par la comptabilité générale de la somme des dépenses effectuées, amortissements compris et du volume commercial total général de bois produits. Une simple division donne un prix moyen, information qui est de médiocre valeur.

Si toutes les opérations étaient sous traitées, le calcul serait simple : on aurait un coût pour chaque opération. Mais nous avons vu que les activités sont encore largement intégrées sauf dans certains pays du Sud-Est Asiatique.

81 - Le point de vue comptable

Le compte d'exploitation fournit les dépenses par postes, conformément au plan comptable. Mais telles quelles, les informations qui y sont contenues sont peu utilisables par le gestionnaire. Les données utiles résultent de regroupements ou inversement d'analyses de postes, pour obtenir les rubriques qui suivent, seules utiles :

a - personnel

La distinction de catégories s'impose :

- encadrement,
- maîtrise,
- chefs d'équipe,
- chauffeurs,
- conducteurs d'engins,
- etc.

Les dépenses peuvent être regroupées en deux catégories :

- sommes effectivement perçues par l'employé salaires, primes, heures supplémentaires, salaires de congé.

2 - charges diverses

- . charges sociales officielles,
- . charges sociales propres à l'entreprise (médicales par exemple),
- . voyages - déplacements,
- . impôts,
- . assurances,
- . etc.

Il est commode d'exprimer les rubriques 2 (sauf les voyages éventuellement) en pourcentage de 1.

Le calcul doit être fait par année pour tenir compte des versements apériodiques (primes annuelles) ou de voyages annuels etc.

Le prix de revient n'inclut pas le logement et les transports journaliers dans le chantier, comptabilisés ailleurs (frais généraux).

b - Carburants et lubrifiants

La distinction Gas Oil - Essence - et lubrifiants (toutes catégories réunies) suffit.

c - Pneumatiques

La distinction des types permet de connaître les matériels destinataires.

d - Pièces de rechanges

C'est un poste très lourd.

On doit distinguer les matériels destinataires. La distinction des fournisseurs facilite l'opération. Ce ne sont souvent pas les mêmes pour les différentes catégories de matériel. Un dépouillement, au moins partiel, des factures s'impose.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

c - Fournitures diverses

Cela est très varié :

- câbles (par catégories),
- fournitures entretien campements,
- fournitures d'atelier,
- produits préservation,
- fournitures de bureau etc.

Là aussi, seule l'analyse des factures, permettra de ventiler les dépenses par catégorie.

f - Dépenses diverses (ayant le caractère de frais généraux)

- frais de représentation et réception,
- voyages professionnels,
- services,
- etc.

g - Taxes forestières et achats de bois sur pied

h - Frais financiers

i - Amortissements

Ils sont facilement ventilés par matériel ou par engin et par véhicule. C'est toujours un gros poste de dépense.

Les données ci-dessus permettent le calcul de ratios :

- coût du personnel/production,
- amortissement/production,
- pièces de rechanges (par catégories)/production,
- carburants/production,
- etc.

Ces ratios apportent un contrôle très utile : ce sont surtout les variations et les comparaisons qui importent. Il faut rechercher les causes de ces variations.

82 - Prix de revient analytique

Pour le gestionnaire, les informations générées par comptabilité générale bien qu'importants sont insuffisantes. L'appréciation de la marche du chantier suppose la connaissance du prix de revient de chaque opération. L'analyse se fait en distinguant les catégories de dépenses énumérées ci-dessous. Chacune d'elle se calcule en coût direct, c'est-à-dire qu'on ne retient que les dépenses directement liées à l'exécution de l'opération. Tout ce qui est charge de structure ou frais généraux constitue des rubriques spécifiques venant s'ajouter aux précédentes. On pourrait imaginer ne pas identifier ces postes de charges ou frais et les répartir entre les différentes rubriques de coûts directs. Mais outre la difficulté de trouver une clé de répartition cela pourrait être source de confusions.

On peut établir la liste suivante :

a - Coûts directs proportionnels à la production

- abattage, étêtage,
- débardage,
- tronçonnage et opérations sur parc,
- chargement,
- transports,
- rupture de charge,
- taxes proportionnelles au volume.

b - Coûts directs non proportionnels à la production

- installation de campements,
- prospection,
- routes construction et entretien
- taxes de superficie.

c - Charges de structure

- frais généraux de direction,
- frais généraux de chantier.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Les "frais généraux de chantier" constituent un poste de dépense important qui réunit :

- entretien des campements et fonctionnement,
- personnel d'encadrement,
- personnel de la base du chantier } sauf atelier
- transports du personnel (camions et voitures légères),
- fonctionnement du bureau,
- etc.

On réunit donc ici tout l'encadrement du chantier et les transports du personnel pour se rendre sur les lieux du travail.

Si un agent est affecté à l'encadrement des travaux routiers, on le compte ici, car souvent il ne fait pas que cela.

L'atelier :

Les dépenses de fonctionnement de l'atelier (encadrement, main d'oeuvre et fournitures) doivent être réparties sur les coûts de fonctionnement des matériels. L'atelier n'est donc pas considéré comme une charge de structure. On verra que la répartition des dépenses peut être faite en pourcentage du coût d'amortissement de chaque machine.

83 - Etablissement du prix de revient analytique

Les documents de base sont

- les résultats de la production,
- la comptabilité,
- les dotations aux amortissements,
- les rapports de chantier (complétés par des entretiens avec l'encadrement du chantier).

Après la comptabilité et le compte d'exploitation, l'autre source d'information importante est constituée par les rapports de chantier (mensuel le plus souvent).

L'ensemble permet une affectation des dépenses

- aux engins et véhicules,
- directement aux opérations d'exploitation,
- aux charges de structures.

831 - Rapports de chantier

Nous avons dit qu'ils sont à compléter par des entretiens avec les cadres du chantier.

Ils permettent de connaître

- a - la ventilation par catégories de l'emploi du personnel par opérations,
- b - la ventilation des emplois des matériels, par opérations : exprimés en heures d'engins ou kilomètre de véhicules,
- c - la ventilation des emplois des carburants,
- d - la ventilation de l'emploi de pneumatiques,
- e - la ventilation du personnel d'atelier, qui peut être utile pour préciser certains points.

Il est évident que les informations c/, d/ etc. sont plus ou moins précises. Cela n'est souvent pas gênant : sachant, par exemple, ce qu'est une consommation totale on peut effectuer une ventilation estimative en reconstituant le total : elle n'est pas très précise, mais généralement suffisante et souvent on ne peut faire mieux.

832 - Prix de revient des matériels (en coûts directs).

Les unités de base les plus commodes sont :

- l'heure horomètre (pour les engins),
- le kilomètre parcouru (pour les véhicules).

On se réfère ainsi à des unités précises données par les instruments de la machine elle-même. La référence à la journée de travail serait imprécise (sauf pour les scies : on en n'a pas d'autre). Nous avons dit que les calculs sont effectués en coûts directs. c'est à dire valables à l'intérieur de l'entreprise, hors frais généraux.

Ils diffèrent des prix de location de matériels (qui incluent frais généraux et bénéfice du loueur) ou des prix de travaux effectués à façon.

Les prix de revient des matériels se calculent à partir des données comptables et des indications des rapports de chantier. Mais il est souvent nécessaire de s'aider d'estimations, tout en se "cadranant" grâce aux totaux, donnés par la comptabilité. Prenons l'exemple des dépenses de carburants et lubrifiants. On connaît le total mais la répartition est mal connue : elle doit être "aidée" grâce à des estimations en sachant que leur addition doit être conforme au total.

Nous allons donc donner ci-dessous une méthode d'estimation des coûts à l'heure ou au kilomètre des différents matériels.

Il est commode de se référer à des manuels tel que le "Performance Handbook" de Caterpillar qui fournit des données tout à fait valables pour l'Afrique, qui sont utilisées ici.

Les dépenses peuvent se répartir en deux catégories :

Frais fixes :

- amortissement,
- charges financières,
- personnel,
- assurances.

Frais variables :

- carburants,
- lubrifiants
- pneumatiques,
- dépenses d'entretien.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

832.1 - amortissement

a - valeur à amortir

C'est le coût du matériel prêt à produire, rendu sur le chantier, accessoires, frais de montage éventuels et transport compris.

b - on retient toujours un amortissement linéaire.

c - s'agissant de prix de revient, il faut distinguer l'amortissement comptable de l'amortissement technique qui seul nous intéresse ici. L'amortissement technique correspond à la durée au bout de laquelle la machine doit être remplacée ou totalement révisée (si elle est maintenue en service). L'amortissement comptable peut être plus rapide si la réglementation fiscale le permet.

Pour les engins qui servent relativement peu (comme les niveleuses) la durée d'amortissement correspond à une durée au-delà de laquelle il n'est pas prudent de conserver des amortissements en cours, bien que la machine ait accompli un nombre d'heures relativement faibles : le vieillissement est là.

d - valeur résiduelle. En fin d'amortissement les matériels ont une valeur, soit de revente, soit résiduelle s'ils ne sont pas revendables (faute de marché) et sont utilisables encore, ne serait ce que comme source de pièces de rechange. Il est souvent prudent et commode de ne pas en tenir compte au niveau de calculs prévisionnels¹.

e - valeur de pneus. Théoriquement, on devrait la déduire d'un calcul à base technique. Pratiquement cela ne correspond pas à ce qui se fait en comptabilité. Il est plus simple d'amortir une valeur d'achat pneus inclus : cela évite une source d'erreurs.

¹ les comptabilités prévisionnelles n'en tiennent pas

f - ordre de grandeur des durées d'amortissement :

	Heures ou km	années
- tracteurs à chenilles (D6-D7-D8)	8 - 10 000	5 - 6
- tracteur de débardage à pneus (Skidder)	6 à 7 000	3 à 5
- chargeurs frontaux sur pneus (966-980)	8 - 10 000 ²	5 - 6
- niveleuses	8 000 ³	5
- voitures légères et 4 x 4	100 000	3
- scies à chaîne		1
- camion bennes ou plateau	125 à 150 000	4

Pour les scies, la seule unité de calcul est la journée de travail effectif. Les scies ne font l'objet d'aucun amortissement en comptabilité : c'est un matériel consommable.

Il apparaît sage de ne pas retenir de durées d'amortissements supérieures à 5 ans, qu'elles que soient les cadences d'emploi des matériels (ceci à titre prévisionnel). Certains matériels peuvent durer davantage avant révision.

832.2 - charges financières

Cette notion ne s'applique pas aux scies à chaînes en fonction de ce qui a été dit.

En théorie, un intérêt s'applique sur le montant de la valeur à amortir de chaque machine. Mais dans la comptabilité de l'exploitation, les charges financières n'apparaissent pas au niveau des dépenses de matériel. Elles n'apparaissent qu'au niveau global de l'entreprise, en fonction de sa situation financière.

² Souvent ces matériels ne font pas 2 000 h/an. Un amortissement sur 5 ans correspond souvent plutôt à $1\ 600 \times 5 = 8\ 000$ ou $1\ 800 \times 5 = 9\ 000$ h

³ Ces machines durent plus de 8 000 h, mais en 5 ans, elles ne font guère plus de $1\ 600 \times 5 = 8\ 000$ h.

832.3 - assurances

Pour des "flottes" importantes, on se contente généralement d'une assurance risques aux tiers.

Pour les véhicules, il s'y ajoute une assurance personnes transportées (voitures légères et camions utilisés pour transporter le personnel). Dans certains cas, on prend une assurance :

- tous risques la première année,
- au tiers ensuite.

832.4 - personnel de conduite

A l'heure ou au kilomètre, on a :

$$\frac{\text{Prix de revient annuel du personnel}}{\text{Nbre d'heures ou de km par an}}$$

Il faut en effet calculer sur une base annuelle pour tenir compte (cf. §81) de versements aperiodiques (primes annuelles - 13ème mois...).

Le prix de revient annuel doit inclure (cf. §81) : salaire + primes + nourriture + voyages + charges sociales officielles et charges propres à l'entreprise.

Le logement n'est pas inclus ici : il est compté, au titre du campement dans les frais généraux. On affecte au coût de la machine ou du véhicule :

- 1 conducteur,
- 1 aide, s'il existe habituellement.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

832.5 - carburants

Les consommations varient selon les conditions d'utilisation. On peut retenir les ordres de grandeur suivants :

		Litres de Gas Oil	
		Heure	100 km
Tracteurs à chenilles (modèles - Power Shift)	300 ch	40 à 45	
	200 ch	25 à 30	
	100 ch	17	
Tracteurs de débardage à pneus	95 cv	10 à 11	
	130 cv	14	
	185 cv	20 à 22	
Chargeurs frontaux	966 (200 ch)	18 à 20	
	980	26	
	950	15	
Niveleuse	120 ch	17	
Camions de servitude (diesel)	Type 6 à 7 t CU 4 x 4		36
	Type 10 t CU 4 x 4		55
Voitures légères	Pick up 4 x 4 (diesel)		13,5
	Voiture légère (camionnette 1 point moteur)		8 à 9
Scies à chaîne :			Litres de mélange 2 temps par jour travail effectif
	Scie abattage		8
	Scie éclairage routes		10
	Scie tronçonnage sur parc		12

La scie consomme davantage pour l'éclairage des routes parce qu'elle fonctionne de façon plus constante.

832.6 - Lubrifiants

On peut estimer pour l'ensemble des matériels la consommation, en volume, à 4 % de la consommation de Gas Oil. Soit en dépense, 4 litres "d'équivalent huile moteur" pour 100 litres de gaz Oil.

Cela recouvre les consommations des diverses catégories de lubrifiants.

Cas de scies à chaîne : la dépense d'huile pour le graissage de la chaîne peut être estimée, en volume, à 40 % de la dépense de carburant : on consomme 40 litres d'huile pour 100 litres de "mélange" carburant.

832.7 - Pneumatiques

Pour calculer les dépenses, il faut tenir compte de ce que le premier train de pneus est compris dans le prix d'achat du matériel considéré. Il ne faut donc pas en tenir compte une seconde fois.

Le coût des pneumatiques de remplacement est réparti sur la totalité de la vie de l'engin ou du véhicule. Il s'établit comme suit :

soient :

A = la durée d'amortissement du matériel (heure ou km),

d = la durée d'un train de pneus (heures ou km),

P = le prix d'un train de pneus.

La dépense D par heure ou kilomètre se calcule comme suit :

- nombre de trains de pneus de rechange consommés pendant la vie de la machine :

$$\frac{A}{d} - 1$$

- Dépense à l'unité de compte :

$$D = \frac{P}{A} \left(\frac{A}{d} - 1 \right) = P \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{A} \right)$$

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Voici quelques ordres de grandeur de durées d'utilisation de pneumatiques en forêt :

Désignation	Heure	Km
Tracteurs de débardage à pneus (Gabon) ⁴	1 800	
Chargeurs frontaux ⁵	3 à 4 000	
Niveleuse	3000	
Camions de servitude (Gabon)		30 000
Voitures légères (Gabon)		20 000

Le cas des pneus des camions grumiers est examiné au chapitre transport.

832.8 - *Entretien*

Les dépenses de pneumatiques sont exclues puisque comptées ci-dessus : par contre l'entretien des trains de chenilles fait partie des charges considérées ici. Les dépenses de chenilles sont toujours importantes.

Le coût de l'entretien est le total des dépenses de main d'oeuvre et de pièces détachées. L'intervention de l'atelier est donc incluse. La dépense à l'heure ou au kilomètre calculé ici est une moyenne sur la durée d'amortissement. Elle est évaluée, grâce à un coefficient empirique, en fonction de la valeur d'achat du matériel. En d'autres termes, on considère que pendant la période d'amortissement, les frais d'entretien cumulés totaliseront un certain pourcentage de la valeur d'achat.

Dans la pratique l'entretien coûte peu quand la machine est neuve ; les dépenses croissent ensuite.

Quand l'amortissement est terminé, les charges d'entretien augmentent : mais nous n'examinerons pas ce cas ici.

⁴ Très variable : dépend de l'abrasivité du terrain

⁵ Durée apparemment très longue : le travail de manutention de grumes est peu usant.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Méthode d'estimation des dépenses d'entretien

a - engins pour lesquels les calculs sont effectués à l'heure compteur :

. Soit R le coefficient de réparation.

. La dépense horaire est donnée par la formule :

$$R \times \frac{\text{Prix d'achat de l'engin neuf (pneus inclus s'il y en a)}}{1000}$$

Valeur de R (⁶)

- Tracteurs à chenilles (y compris entretien des chenilles et trains de roulement).

D8	0,09
D7 Gabon	0,10 (⁶)
D7 Côte d'Ivoire	0,09
D6 Gabon	0,11

- Tracteurs de débardage à pneus

Sidders Gabon 0,09 (type 130 cv)

- Chargeurs frontaux 0,065

- Niveleuse 0,05

b - véhicules pour lesquels le calcul est effectué au kilomètre roulé :

. On peut utiliser de la même manière un coefficient R'

. La dépense par kilomètre est obtenue par la formule :

$$R' \times \frac{\text{Prix d'achat du véhicule (pneus inclus)}}{100000}$$

⁶ Le coefficient R = 0,10 revient à dire que sur 10 000 heures, les dépenses d'entretien équivalent à la valeur d'achat de l'engin.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Valeur de R'

- Camion type 6 - 7 t CU 4 x 4 pour amortissement
125 000 km - conditions de travail sévères..... 0,45
- Camion type 10 t CU 4 X 4 pour amortissement
150 000 km - conditions de travail sévères..... 0,25 à 0,30
- Pick up 4 x 4 pour amortissement 100 000 km
conditions de travail sévères 0,55 à 0,6
- Voiture légère pour amortissement 100 000 km..... 0,40

c - scies à chaîne :

En tenant compte d'une utilisation sur 1 an, on a, en proportion de la valeur de la scie :

Désignation	Pièces rechange + chaînes + guides-lame	Main d'oeuvre affûtage + entretien
Scie d'abattage	300 %	60 %
Scie éclairage des routes	340 %	80 %
Scie de tronçonnage sur parc	150 %	35 %

Les dépenses peuvent être inférieures si les scies sont utilisées moins d'un an.

833 - Prix de revient par opération d'exploitation

C'est la phase finale de calcul pour laquelle tous les éléments ont été rassemblés. On a en effet pour chaque opération :

- les dépenses affectées directement à chacune d'elles comme dit en commençant le § 83.
- la "consommation" d'heures ou de kilomètres d'engin ou de véhicule, dont on connaît le coût unitaire.

Le calcul de prix de revient analytique est le seul qui permette de distinguer le prix départ chantier du prix des transports ultérieurs (si ceux-ci ne sont pas sous-traités).

84 - Effet d'échelle, coût marginaux, coût par types de production

Historiquement, les prix de revient dans les entreprises ont diminué (en francs constants) quand celles-ci se sont développées.

A cela plusieurs causes :

- les frais généraux augmentent beaucoup moins vite que la production : un doublement de production de 25 000 à 50 000 m³ peut n'entraîner un accroissement des frais généraux que de 20 % seulement.
- le matériel est mieux utilisé : au maximum de sa capacité. Des matériels plus productifs ont été introduits : exemple, chargeur frontal au lieu de moyens de manutention plus artisanaux.
- la productivité du personnel s'est accrue.

841 - Variation des prix de revient. Départ chantier en fonction du volume exploité à l'hectare.

Il est normal que les prix de revient baissent quand la production à l'hectare exploitée augmente.

Une étude effectuée au Gabon a donné les valeurs relatives suivantes pour les prix de revient **Départ chantier**⁷. C'est le résultat d'une simulation effectuée à partir de données réelles.

	Volume exploité par hectare			
Hypothèse de terrain	6 m ³	9 m ³	12 m ³	15 m ³
Terrain facile	1,20	1,00	0,90	0,84
Terrain moyen	1,45	1,20	1,07	1,02
Terrain difficile	1,87	1,60	1,40	1,27

C'est évidemment en position de "départ chantier" que ce type d'analyse présente un intérêt. Si on ajoutait des dépenses de transport, les valeurs relatives seraient sans signification.

⁷ Exploitations de 60 000 à 90 000 m³/an.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Quand la production à l'hectare s'accroît, la diminution des dépenses par mètre cube provient bien entendu des frais d'installation, de prospection, de réseau routier. Les dépenses de débardage diminuent aussi, car les distances sont inférieures.

842 - Prix de revient par types de produits

On peut considérer les choses de plusieurs points de vue et distinguer :

- des prix différentiels,
- des prix marginaux.

Prenons un exemple de prix de revient des grumes en position départ chantier.

La décomposition en pourcentage des coûts peut être la suivante (au m³)

Frais de premier établissement	5,9
Prospection	4,9
Routes	21,6
Abattage	4,9
Débardage	15,7
Tronçonnage-PArc	4,9
Chargement	6,9
F.G. Chantier	19,5
F.G. Direction	15,7
Départ chantier	100,0

Supposons que cet exemple s'applique à une forêt où on exploite 9m³/ha en terrain facile et pour laquelle l'évolution du prix de revient en fonction du volume exploité à l'hectare est identique à celle du tableau précédent soit

6m ³ /ha	: 1,20
9 m ³ /ha	: 1,00
12 m ³ /ha	: 0,90
15 m ³ /ha	: 0,84

842.1 - Prix de revient différentiel

Les prix ci-dessus permettent un calcul différentiel : si les 6 premiers m³/ha exploités coûtent 1,20 départ chantier les 3 mètres cubes suivants coûtent x :

$$(1,20 \times 6) + 3 x = 1,00 \times 9$$
$$x = 0,60$$

Le même calcul montrerait que les mètres cubes supplémentaires, dans la limite de 15 m³/ha coûteraient également 0,6.

Ainsi on peut admettre que si les 6 premiers mètres cubes produits, qui sont la base de l'exploitation, peuvent être retenus pour un prix de revient au coefficient 1,2, les mètres cubes produits en surplus ne coûtent que 0.6 soit la moitié (tout au moins dans l'intervalle de calcul adopté ici).

842.2 - Prix de revient marginal (départ chantier)

Considérons les choses d'un autre point de vue.

Si un exploitant produit V m³/an, supposons qu'il décide d'exploiter un m³ supplémentaire dans la zone qu'il vient de parcourir. Un certain nombre de cas est possible.

L'hypothèse envisagée reste une exploitation de 9 m³/ha, avec la décomposition des coûts figurant au début du paragraphe.

a - bille abandonnée sur parc : si on décide de la récupérer, son prix départ chantier sera celui du chargement : 7 % environ, plus une partie des dépenses de parc, soit de l'ordre de 10 % du prix de la production principale.

b - bille abandonnée sur le lieu d'abattage : elle entraînera les dépenses suivantes :

débardage	15,7 %
tronçonnage	4,9 %
chargement	6,9 %
	<hr/>
	27,5 %

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

c - pieds abattus spécialement, mais à proximité de la route :

Les dépenses sont

abatage	4,9
débardage très court env.	7,0 % du prix de revient
Tronçonnage	4,9
chargement	6,9
environ	24 %

c - pieds abattus spécialement sur l'ensemble du permis

Ce cas est le plus intéressant. Les dépenses sont :

abattage	4,9
débardage	15,7
tronçonnage	4,9
chargement	6,9
	32,4 %

Dans ce cas, tout mètre cube supplémentaire exploité en plus des 9 m³/ha programmés coûtera départ chantier 32 à 35 % du prix de revient de la production principale.

c - il est évident que le prix ci-dessus n'est valable que dans de faibles limites. Si la production augmente, il faut ajouter :

- une quote-part de frais de prospection (qui doivent être plus précis),
- l'entretien du réseau routier (au même prix de revient que pour les produits principaux),
- un complément au réseau routier,
- une part importante de frais généraux de chantier (car les moyens sont accrus).

On va donc retrouver un prix de revient qui s'approchera de celui obtenu en effectuant le calcul différentiel : si 9 m³/ha coûtent un coefficient 1 et 12 m³/ha un coefficient 0,9, cela signifie que les 3 m³/ha pour passer de 9 à 12 ont coûté 60 % du prix des premiers :

$$(9 \times 1) + 3x = 12 \times 0,9$$
$$x = 0,6$$

842.3 - Autre manière d'aborder le calcul différentiel

Dans une exploitation de 9 m³/ha et 75 000 m³/an, par exemple, on peut considérer si cela est conforme à l'évidence, que la motivation de l'exploitation est la production de 7 m³/ha et 58 000 m³/an : parce que ce sont des bois de valeur et que le reste est un produit supplémentaire.

On décide donc d'imputer aux 7 m³ toutes les charges de structure et au 2 m³/ha supplémentaires les seuls frais proportionnels.

Le prix de revient pour l'ensemble de la production est au coefficient 1. On affectera aux 2 m³/ha supplémentaires le coefficient 0,35 (conformément au § 842.2 d). Le coefficient qui s'applique aux 7 m³ "principaux" est alors :

$$\frac{(1,00 \times 9) - (0,35 \times 2)}{7} = 1,19$$

Ce calcul n'est valable que parce que 2 m³ représentent peu par rapport à 7 m³. Pour un rapport différent, on retrouverait le calcul différentiel du § 842.1.

Rappel important : les considérations ci-dessus sont faites au niveau "départ chantier". S'ajoute le coût du transport, proportionnel au tonnage et les droits et taxes au mètre cube. Cela influe beaucoup sur le résultat !

85 - Rentabilité

D'une forêt donnée, on peut extraire 6,12,... ou 100 m³/ha. Techniquement cela n'est pas un problème. Le problème est de vendre les produits obtenus et c'est l'impossibilité de vendre certains produits, avec profit, qui entraîne une sélection des essences et des arbres à abattre. La production à perte n'est pas envisageable.

Nous examinerons donc la rentabilité du point de vue de l'exploitant. Il est évident que le propriétaire de la forêt - l'Etat - peut avoir un point de vue différent et imposer l'exploitation de certains produits.

Cependant, il y a limites, au-delà desquelles on découragerait toute exploitation.

Quand le volume exploité à l'hectare s'accroît :

- a - le prix de vente moyen avant taxes au mètre cube des produits baisse et cela très rapidement quand on atteint des espèces peu appréciées.
- b - le prix de revient départ chantier par mètre cube s'abaisse, mais de façon assez régulière ! S'y ajoutent des dépenses de transport qui sont constantes par tonne. La densité joue alors un rôle important : une essence secondaire voit son intérêt accru si son bois est léger.
- c - l'investissement par mètre cube de production annuelle baisse aussi de façon assez régulière quand le volume extrait par hectare s'accroît. Les investissements en matériel de transport sont, eux, proportionnels au tonnage.

La rentabilité dépend du rapport $\frac{a-b}{c}$ calculé au niveau de l'entreprise, transport inclus.

L'intérêt de l'exploitant est de rendre ce rapport maximum.

Le calcul ci-dessus est une façon différente de celle développée au paragraphe précédent d'évaluer l'intérêt de l'exploitation d'essences secondaires. Les deux méthodes doivent se confirmer l'une l'autre.

Le calcul global est indispensable : il évite toute erreur d'appréciation. Il montre bien où la diversification de la production doit s'arrêter, quand le ratio de profit s'effondre.

Pour examiner comment les choses se passent nous utilisons un exemple (plus ou moins théorique) composé pour les besoins de l'exposé.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Les hypothèses de volumes exploitables à l'hectare et les coefficients de prix de revient départ chantier sur terrain facile correspondants restent les mêmes que celles au tableau 841. Le coefficient 1 correspond donc au prix de revient départ chantier pour une exploitation de 9 m³/ha. Toutes les autres valeurs sont exprimées en multiples ou fractions de ce coefficient.

Le tableau 843 résume les calculs.

Les valeurs de vente des produits (ligne 2) sont les suivants ⁸

	Coefficient	Moyenne pondérée pour toute la production.
6 premiers m ³ /ha	2,55	$\left. \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} 9 \text{ m}^3/\text{ha} \\ \text{à } 2,48 \end{array} \right\} 12 \text{ m}^3/\text{ha} \\ \left. \begin{array}{l} \text{à } 2,35 \end{array} \right\} 15 \text{ m}^3/\text{ha} \\ \text{à } 2,08 \end{array} \right\}$
3 mètres cubes suivants	2,35	
3 mètres cubes suivants	1,96	
3 mètres cubes suivants	0,98	

La ligne 4 indique le montant des taxes forestières (de superficie ou autres) ramenées au mètre cube produit.

Les transports (ligne 5) sont supposés coûter le même prix pour tous les produits.

La ligne 6 donne le prix de revient au point de vente et la ligne 7 le bénéfice brut (avant impôts, mais amortissements inclus).

Le ratio d'investissement (transports et installations fixes compris) par mètre cube de production figure ligne 8. Il y a été estimé en fonction des chapitres précédents.

(1) Volume exploité par ha (m ³)	6	9	12	15
(2) Prix de vente Moyen du m ³	2,55	2,48	2,35	2,08
(3) Prix de revient Départ chantier (voir § 841 - terrain facile)	1,2	1,0	0,9	0,84
(4) Taxes forestières ramenées au mètre cube	0,10	0,067	0,05	0,04
(5) Transports et ruptures de charge	0,98	0,98	0,98	0,98
(6) = (3) + (4) + (5) = prix de revient	2,28	2,047	1,93	1,86
(7) Bénéfice brut (2) - (6) par m ³	0,27	0,433	0,42	0,22
(8) Ratio d'investissement au m ³ produit	1,78	1,516	1,358	1,316
(9) Rentabilité avant impôts (7)/(8) %	15,2 %	28,6 %	30,9 %	16,7 %

⁸ Il s'agit d'un point de vente quelconque qui n'est pas FOB puisque les droits de sortie ne figurent pas dans le calcul.

Chapitre 8 - Prix de revient - prix de revient analytique

Résultats :

$$\text{Le ratio } \frac{\text{bénéfice brut}}{\text{investissement}} = \frac{\text{ligne 7}}{\text{ligne 8}}$$

figure dans la dernière ligne 9. Il conduit à plusieurs conclusions.

- a - il ne faut pas limiter l'exploitation à 6 m³/ha. Pourtant celui qui produit seulement ces 6 m³ serait tenté de comparer le prix de revient correspondant : 2,28 au prix de vente des mètres cubes 6 à 9, soit 2,35. Il ferait une erreur.
- b - la meilleure rentabilité brute est obtenue pour 12 m³/ha. Pourtant le prix de vente des mètres cubes 9 à 12 soit 1,96 ferait croire à une perte quand on le compare au prix de revient de 2,047 obtenu si on le limite à 9 m³/ha.
- c - l'exploitation des 3 m³ de 12 à 15, fait tomber la rentabilité. Ces trois mètres cubes, vendus 0,98, le sont à perte. Le prix de vente n'équilibre que le prix du transport et ne couvre aucun prix de production, même marginal. Il n'y a donc aucun intérêt, au contraire, à exploiter 15 m³/ha.

Un calcul analogue à celui décrit ci-dessus devrait être effectué chaque fois que, dans une entreprise, des décisions d'exploitation sont à prendre.

Le coût des transports est considérable : s'il est accru, la baisse de rentabilité va plus vite quand on produit des bois de valeur décroissante.