

CHAPITRE 4

«Par aménagement de chemins, on entend la spécification de normes techniques, une étude technique effective, le tracé sur le terrain, la construction et l'entretien des chemins forestiers et des ouvrages complémentaires (ponts, ponceaux, etc...).» (Code modèle FAO des pratiques d'exploitation forestière, 1996)



PLANIFICATION ET MISE EN ŒUVRE DU RÉSEAU ROUTIER, DES OUVRAGES ET DU FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

4.1 Classification des routes

4.2 Caractéristiques du réseau routier

4.3 Caractéristiques des routes

- 4.3.1 Profil en travers
- 4.3.2 Tracé en plan
- 4.3.3 Profil en long

4.4 Construction des routes

- 4.4.1 Règles générales
- 4.4.2 Etude du tracé
- 4.4.3 Déforestation
- 4.4.4 Terrassement
- 4.4.5 Ensoleillement
- 4.4.6 Amélioration et compactage des chaussées

4.5 Drainage: fossés, exutoires, buses et dalots

- 4.5.1 Eviter la pénétration de l'eau
- 4.5.2 Evacuation des eaux de pluie par écoulement
- 4.5.3 Drainage des couches constitutives de la chaussée

4.6 Franchissement des cours d'eau: gués et ponts

- 4.6.1 Passage à gué
- 4.6.2 Ponts

4.7 Entretien du réseau routier

- 4.7.1 Entretien courant
- 4.7.2 Rechargement de la chaussée
- 4.7.3 Autres opérations d'entretien

4.8 Impacts consécutifs à la construction des routes

4.9 Recommandations

PLANIFICATION ET MISE EN ŒUVRE DU RÉSEAU ROUTIER, DES OUVRAGES ET DU FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

Objectifs:

- assurer un accès efficace à la forêt dans les meilleures conditions;
- limiter la superficie dégagée par le réseau de routes afin de réduire au minimum les impacts sur la forêt, sur l'érosion des sols et les coûts d'exploitation;
- assurer l'évacuation des produits des zones exploitées jusqu'au lieu de vente/transformation;
- permettre un transport efficace et sûr du personnel;
- réduire les coûts d'entretien de l'équipement de roulage;
- respecter les obligations contractuelles du cahier des charges.

4.1 CLASSIFICATION DES ROUTES

Les routes forestières peuvent se classer en quatre catégories:

- les routes d'accès ou de liaison au chantier qui assurent la liaison entre les limites de la concession 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 durant toute la durée de l'exploitation du permis et doit donc être praticable en permanence. Elle draine annuellement quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de m³;
- les routes principales internes au chantier qui desservent tout ou partie de la concession et s'articulent autour d'une dorsale qui traverse pratiquement l'ensemble du permis. Cette dorsale ainsi que toutes les routes débloquent les unités de gestion ou desservant un village ou toute autre implantation d'intérêt public devront être permanentes. Les autres routes servent au minimum 1 an et souvent plusieurs années. Elles doivent être maintenues en bon état et praticables toute l'année;
- les routes secondaires ou bretelles permettent l'accès à chaque zone d'exploitation. Leur durée de vie est donc limitée à quelques semaines ou quelques mois au plus. Elles demandent souvent peu d'entretien. Les parcs de chargement sont, dans la majorité des cas, répartis le long de ces routes;
- les épis routiers, courts tronçons sommairement terrassés, sont utilisés en terrain facile et en saison sèche pour faire la liaison entre certains parcs de chargement et des routes secondaires.

4.2 CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU ROUTIER D'EXPLOITATION

Le réseau routier d'exploitation répond, dans la majorité des cas, à certaines caractéristiques spécifiques qui le différencient du réseau routier public:

- les routes sont généralement privées; leurs caractéristiques sont souvent imposées par les seuls besoins de l'exploitant qui est libre de choisir la taille de son matériel de roulage et d'y adapter son infrastructure;
- ces routes jouent un rôle de ramassage de produits plutôt qu'un rôle de liaison. La circulation peut y être moins rapide, ce qui autorise des routes plus sinueuses, «suivant le terrain», nécessitant ainsi moins de terrassements;
- le trafic y est réduit, limité à l'évacuation des produits forestiers et aux activités liées. Un passage de 30 à 40 véhicules par jour peut être considéré comme un maximum moyen sur une route principale;
- la nécessité d'un approvisionnement régulier des points d'évacuation ou d'utilisation des bois impose la possibilité d'une circulation permanente tout au long de l'année sur les axes principaux de la concession;
- les transports s'effectuant dans un sens privilégié, de la forêt vers les lieux d'évacuation ou d'utilisation, les véhicules revenant à vide vers la forêt, accepteront des déclivités supérieures à celles qu'ils peuvent gravir en charge;
- la plupart de ces routes sont bâties pour une durée d'utilisation limitée, en particulier les routes secondaires qui serviront le temps d'évacuer le bois et seront ensuite fermées jusqu'à la prochaine rotation - 25 ou 40 ans plus tard. Leurs normes de construction et leur capacité de résistance pourront donc être inférieures à celles des routes publiques;
- certaines zones d'accès difficile seront uniquement exploitées en saison sèche; les caractéristiques des routes secondaires qui les desserviront seront inférieures à celles des routes de saison des pluies.

Dans certains pays, les routes principales d'exploitation tombent rapidement dans le domaine public. Elles devront alors répondre au cahier des charges imposé par l'administration.

4.3 CARACTÉRISTIQUES DES ROUTES

Toute route est définie par trois éléments:

- le profil ou coupe transversale de la route;
- le tracé en plan ou vue aérienne de la route;
- le profil en long (projection de la route sur un axe vertical).

4.3.1 Profil en travers

Les largeurs les plus courantes de l'emprise et de ses éléments sont les suivantes:

Emprise	30 à 45 m
Déforestation	15 à 30 m
Terrassement	7 à 12 m
Nivellement	6 à 9 m
Eclaircissement à terrain peu accidenté	10 à 17 m
Eclaircissement à flanc de coteau	5 à 30 m

A flanc de coteau, l'éclaircissement est toujours beaucoup plus large en amont. Une route est-ouest nécessite un éclaircissement moins large qu'une route nord-sud car elle est ensoleillée plus longtemps.

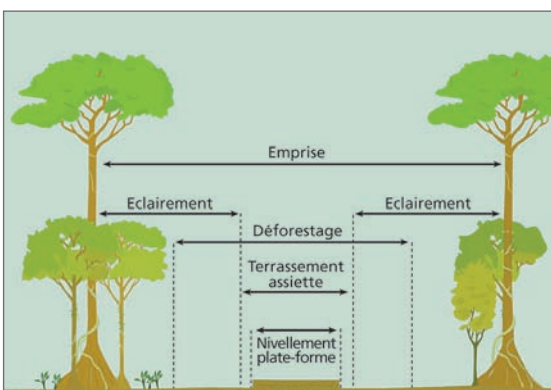


Figure 7. Profil transversal de l'emprise d'une route principale en terrain plat

Largeur de la plate-forme (entre bords intérieurs des fossés)

On constate couramment les valeurs ci-dessous:

Routes d'accès	10-12 m
Routes principales	8-10 m
Routes secondaires	5-7 m

Profil de la chaussée et accotements

Le profil de la chaussée doit toujours avoir une forme bombée pour favoriser l'écoulement des eaux de pluie vers l'extérieur. La pente la plus efficace, évitant tout ravinement, se situe entre 3 et 5 pour cent.

Figure 8. Profil en travers type déblai-remblai sur route à flanc de coteau

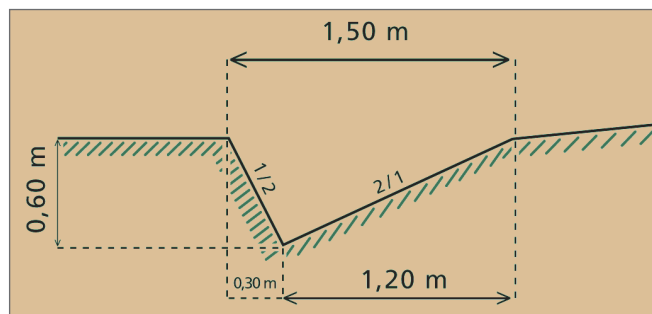
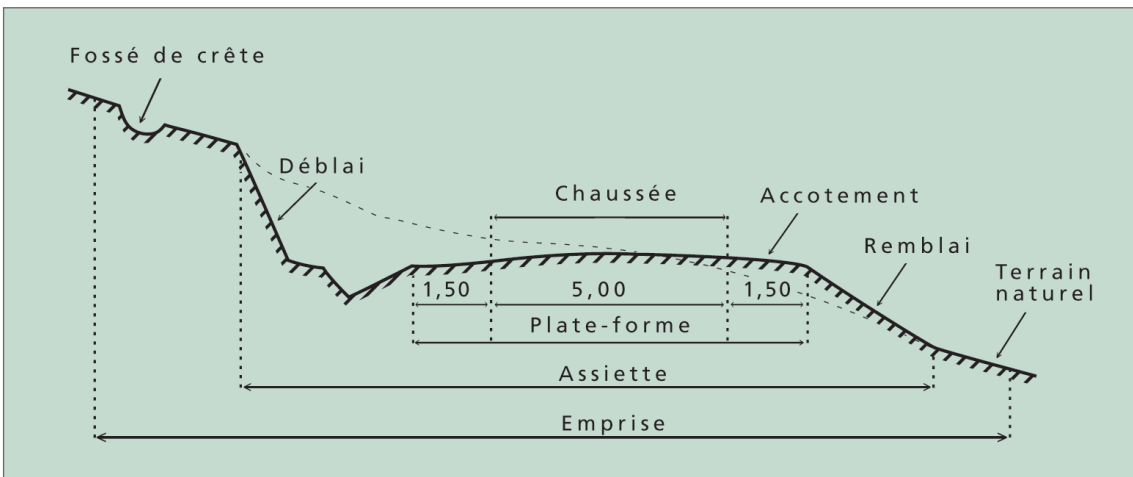


Figure 9. Profil en travers d'un fossé

Fossés

Les fossés collectent les eaux de ruissellement et les évacuent vers les exutoires. Ils ont une forme triangulaire lorsqu'ils ont été creusés à la niveleuse. La largeur au sommet atteint 1 à 1,5 m. On admet généralement une pente de talus de 2/1.

4.3.2 Tracé en plan

Chaque tracé présente un cas particulier, mais répond à quelques règles générales:

- en terrain peu ou moyennement accidenté, les routes sont établies sur les crêtes ou à leur voisinage immédiat pour économiser du terrassement et faciliter le drainage ou éviter l'inondation en saison des pluies;
- dans les zones sans crêtes continues, les routes passent d'un col à l'autre, en suivant les flancs de coteau entre deux points de passage obligés successifs;
- en terrain fortement accidenté, les routes passent dans les vallées en franchissant les petits marigots le plus loin possible de leur embouchure.

Courbes

Le rayon minimum des courbes est donné par le rayon de braquage extérieur des véhicules.

	Rayon minimum	Rayon à adopter
Terrain peu accidenté	40 m	100 m
Terrain très accidenté	20 m	40 m

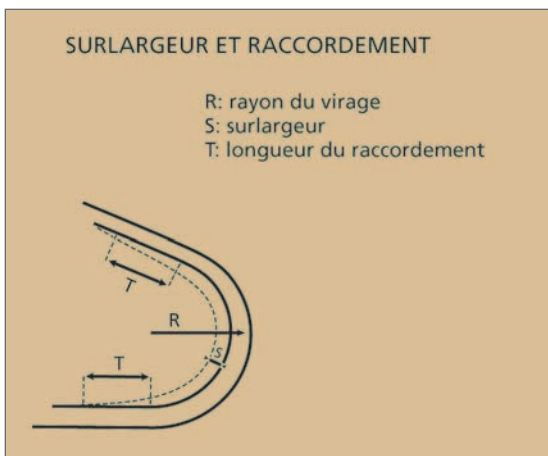
Tableau 9. Rayons de courbe

Pour les grumiers, ce rayon est de 15 à 20 m, mais on adopte généralement des rayons très supérieurs.

Surlargeurs dans les courbes

Dans les courbes à court rayon, les véhicules articulés s'inscrivent mal. Les roues arrières de la remorque décrivent une trajectoire différente des roues du tracteur. Il faut donc prévoir une surlargeur dans la courbe qui est progressivement raccordée aux alignements droits à l'entrée et à la sortie.

Figure 10. Tracé en plan d'une courbe avec surlargeur



Rayon (R)	Surlargeur (S)	Longueur de raccordement (T)
20 m	2,5 m	20 m
50 m	1,0 m	30 m
100 m	0,5 m	30 m

Tableau 10. Surlargeur dans les courbes

Deux courbes de sens contraire doivent être séparées autant que possible par un alignement droit de 40 à 50 m en terrain facile et d'au moins 10 m en terrain très accidenté. Aucune courbe ne doit être placée avant un pont; il est indispensable d'avoir une ligne droite d'au moins 50 m à l'entrée et la sortie de l'ouvrage pour assurer la sécurité.

Visibilité dans les courbes

La visibilité dans les courbes est indispensable à la sécurité. La distance minimum de visibilité doit être, à vitesse donnée, le double de la distance d'arrêt.

Vitesse (Km/h)	Distance d'arrêt (m)	Distance de visibilité (m)
30 m	20 m	40 m
50 m	45 m	90 m
60 m	60 m	120m

Tableau 11. Distance de visibilité

En terrain accidenté, on dérase le talus, créant ainsi une banquette de visibilité au niveau de l'œil du conducteur, c'est-à-dire à environ 1 à 1,25 m au-dessus de la chaussée.

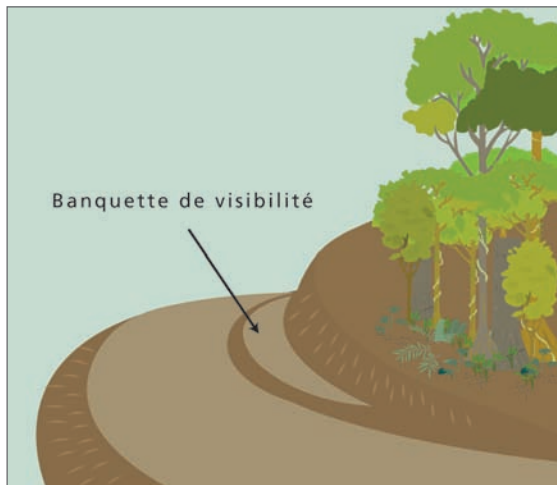


Figure 11. Banquette de visibilité

4.3.3 Profil en long

Le profil en long d'une route doit permettre:

- d'assurer l'écoulement des eaux tout en empêchant le ravinement. Une pente minimale, 1 pour cent par exemple, est toujours préférable à un palier. A l'opposé, les dégradations dues au ravinement s'accroissent très vite dès que la pente dépasse 5 pour cent et obligent à un entretien onéreux;
- d'éviter les fortes pentes à la montée ou à la descente. Les pentes maximales suivantes ne devraient pas être dépassées:

	En charge	A vide
Terrain peu accidenté	4 %	8 %
Terrain très accidenté	8 %	12 %

Si cela est inévitable, une pente supérieure peut être admise, mais sur une très courte section. A noter que:

- dans les virages, la pente doit être inférieure à ce qu'elle est en ligne droite;
- dans un lacet, la pente doit être nulle;
- dans les longues rampes, prévoir des paliers ou des tronçons à pente atténuée;
- il faut faire attention à ne pas trop accentuer les pentes dans le sens à vide, afin de permettre la circulation normale des attelages en charge vers la forêt (porte-chars, camions citernes, etc...).

4.4 CONSTRUCTION DES ROUTES

4.4.1 Règles générales

Les caractères originaux des routes forestières justifient des règles particulières de construction:

- le souci d'économie qui préside à leur construction implique que leur tracé en long soit proche de celui des courbes de niveau: il en résulte des routes sinueuses. Les terrassements consisteront surtout en des transports transversaux; les terrassements longitudinaux seront limités à de courtes distances et

- pour des travaux spéciaux (digues, accès aux ponts);
- les pentes doivent être aussi faibles que possible en raison de la prédominance du trafic de grumiers. Les déclivités maximales dans le sens montant vers la forêt (retour à vide) peuvent être supérieures à celles admises dans le sens descendant de la forêt - aller en charge;
- les chaussées sont réalisées en sol naturel compacté, avec quand cela est possible, apport d'une couche d'amélioration le plus souvent de type latéritique, sur une faible épaisseur. Leurs normes de résistance ne sont donc pas comparables à celles des routes publiques. Cela conduira à respecter les contraintes météorologiques (système de barrières de pluie), c'est-à-dire proscrire le roulage pendant les heures ou les jours où il pleut ou qui suivent la pluie.

4.4.2 Etude du tracé

Les tracés routiers se déterminent par approximations successives et complémentaires entre tracé provisoire préparé au bureau, avec l'assistance du SIG ou de l'ensemble des documents cartographiques existants, et reconnaissances sur le terrain.

Le tracé provisoire se prépare d'abord en prenant connaissance des formes du terrain, en repérant le tracé des talwegs et des principales lignes de crêtes qui constituent une sorte d'esquisse faisant ressortir les traits essentiels du relief. On recherche ensuite le tracé de proche en proche, en déterminant les points de passage obligés, puis en indiquant le tracé provisoire entre eux. Celui-ci découle du choix de l'emplacement général de la route:

- sur les crêtes en terrain facile ou moyennement accidenté (économie de terrassements, facilité de drainage et débardage vers le haut);
- d'un col à l'autre en suivant les flancs de coteau, en zones sans crêtes continues;
- dans les vallées, en terrain accidenté avec des vallées suffisamment larges.

Enfin, les passages à rechercher prioritairement sont les zones plates et riches en bois et les savanes ou zones d'anciennes plantations faciles à traverser.

Le tracé provisoire doit être confronté avec la configuration réelle du terrain au cours de reconnaissances à pied. C'est en saison des pluies que l'on apprécie le mieux les caractéristiques du sol, la limite des zones marécageuses, la largeur et le niveau des cours d'eau. Pour déterminer le tracé définitif, il faut conserver quelques règles présentes à l'esprit:

- en terrain accidenté, c'est la route principale qui passe d'une vallée à l'autre. Chaque route secondaire dessert seulement une vallée secondaire;

elle n'a pas à franchir de crête;

- à flanc de coteau, on recherche les zones de pente modérée;

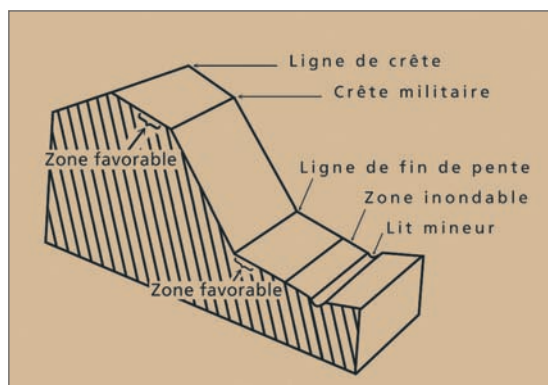


Figure 12. Relief d'un terrain à flanc de coteau avec zones favorables pour le tracé de la route

- à flanc de coteau, si la pente transversale est forte, il faut principalement réaliser un profil en déblai afin de gagner une meilleure assise de la route et faciliter le drainage. De plus, le travail en déblai permet d'opérer en période de pluie, le terrain supportant la plate-forme n'étant pas remué.

Dans une vallée à fond large et plat, on évite généralement de couper les cours d'eau au voisinage de leur confluent afin de faire l'économie de ponts.

Le tracé définitif est matérialisé sur le terrain par un layon d'un mètre environ et les alignements jalonnés. Bien évidemment, le tracé routier devra respecter impérativement les zones protégées et dans la mesure du possible, les zones sensibles et les arbres d'avenir et patrimoniaux.

4.4.3 Déforestation

Il consiste à débarrasser l'assiette de la route de toute la végétation et du sol végétal qui la recouvre. Il s'effectue toujours au tracteur à chenilles. Par mesure de sécurité, l'abattage des gros arbres est effectué à la scie à chaîne, préalablement à leur dessouchage par le tracteur.

4.4.4 Terrassement

Le terrassement de l'assiette de la route intervient directement après le déforestation. Ce sont généralement les mêmes tracteurs à chenilles qui effectuent tous les travaux de déplacement de matériaux, construction de remblais, de fossés et d'exutoires de fossés. Les transports de matériaux doivent être limités à ce qu'un bulldozer peut effectuer économiquement. Les transports de terre longitudinaux seront peu importants (remblais de franchissement de talwegs, digues, accès de ponts).

En terrain accidenté, pour la construction de routes à flanc de coteau, en profil déblai-remblai, l'utilisation d'une pelle hydraulique sur chenilles, bien que peu fréquente en Afrique, est une alternative offrant plusieurs avantages:

- les souches, houppiers et débris végétaux divers provenant de la zone de déblai peuvent être facilement extraits et placés au pied du remblai, constituant un andain de filtration empêchant, par exemple, les sédiments de ruisseler dans un cours d'eau avoisinant. Cela évite aussi à ces débris de se mélanger avec la terre du remblai, où leur décomposition ultérieure peut créer des zones de faiblesse;
- la quantité de matériaux de déblai peut être réduite de 20 à 30 pour cent par rapport au bulldozer pour un même profil de terrain;
- le remblai sera constitué de couches successives de 30 à 50 cm d'épaisseur, plus facilement et mieux compactées, s'appuyant à la base, si la nature du terrain le permet, sur une fondation de pierres, rochers ou troncs d'essences de grande durabilité naturelle, mise en place par la pelle;
- la mise en forme d'un profil amont, parfaitement adapté à la pente du terrain est facilitée, réduisant ainsi les risques d'érosion et d'éboulement;
- le profil aval du remblai peut être mis en forme, régulé et recouvert de branchages, réduisant la surface non protégée et offrant une meilleure reprise de la végétation sur la pente.

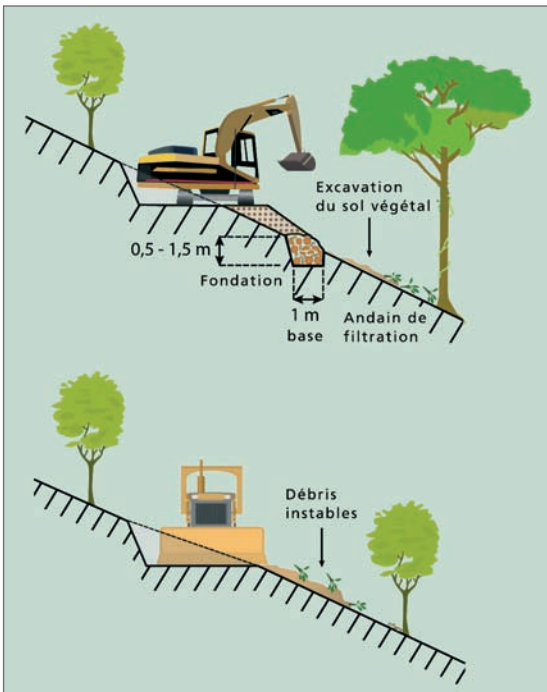


Figure 13. Construction de route à l'aide d'une pelle hydraulique et d'un tracteur à chenilles

Sur une route déblai-remblai, aucun cordon latéral de terre susceptible de freiner l'écoulement des eaux provenant de la chaussée ne devra exister du côté aval de la chaussée.

En terrain plat, les cordons ou andains latéraux constitués par les souches, les houppiers et autres débris provenant des arbres, du déforestation et de l'ensoleillement devront être réduits au minimum. Une ouverture devra y être pratiquée tous les 100 m environ, afin de rendre plus aisé le passage du petit gibier.

Tous les arbres d'essence, de taille et de qualité réglementairement exploitables, abattus pour les besoins de la construction de la route, devront être récupérés, conditionnés et commercialisés.

4.4.5 Ensoleillement

L'évaporation en surface dépend directement de l'ensoleillement et de l'aération de la chaussée. En forêt, l'ombre portée des grands arbres voisins de la plate-forme fait écran aux rayons du soleil et empêche la chaussée de sécher. En les supprimant on augmente la période d'ensoleillement et on améliore l'aération.

L'ensoleillement ou éclairage latéral de la chaussée est exécuté à la scie à chaîne. L'abattage n'est pas directionnel et les arbres sont dégagés par le tracteur sur les côtés de l'emprise. Une équipe d'abattage peut, en moyenne, sur un débroussé de 10 à 30 m de large, éclairer les abords de 1 000 à 1 500 m de route par mois. Rappelons que:

- à flanc de coteau, l'éclairage est toujours beaucoup plus large en amont qu'en aval;
- une route est-ouest, toujours ensoleillée plus longuement, à proximité de l'Equateur, nécessite un ensoleillement moins large qu'une route nord-sud;
- une chaussée sur sol argileux doit être plus éclairée qu'une chaussée sur sol sablonneux;
- une voie principale doit toujours être plus dégagée qu'une route secondaire.

A intervalles réguliers, dans les zones peu sujettes à l'érosion ou au détrempe de la chaussée, il faudra veiller à maintenir des ponts de canopées assurant la continuité du couvert végétal de part et d'autre de la route, afin de permettre le passage aérien de certaines espèces de singes. Il est utile de faire remarquer que si les ouvertures dans les andains latéraux de terrassement bord de route et le maintien de ponts de canopée facilitent le passage du gibier, ils simplifient également le travail du chasseur puisqu'ils constituent des zones de piégeage et de tirs privilégiées.

4.4.6 Compactage et amélioration des chaussées

Les routes forestières sont presque uniquement construites à partir de sols naturels compactés,

auxquels on apporte une couche de matériaux d'amélioration.

Une fois décapé de la terre végétale et après terrassement, le sol naturel 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.

Dans les cas favorables, le sol naturel peut jouer à la fois le rôle de fondation et de couche de roulement, par exemple, pour les routes établies sur sols latéritiques riches en gravillons. A l'inverse, si le sol naturel ne présente que des caractéristiques médiocres en raison d'un excès d'argile, on devra augmenter l'épaisseur de la couche d'amélioration, au moins dans les zones à risques.

En zone tropicale, cette couche est très souvent constituée par un tout-venant latéritique extrait de carrières peu éloignées, comprenant des éléments grossiers et une partie fine argileuse. Une bonne granulométrie permet la stabilisation de cette couche par compactage. Les cailloux de plus de 30 à 40 mm sont à éviter pour faciliter le nivellement et éviter les arrachements de surface par la circulation ainsi que par mesure de sécurité pour améliorer la stabilité des véhicules. La couche d'amélioration doit avoir une épaisseur de 10 à 25 cm avant compactage.

Pour utiliser un sol quelconque comme couche de chaussée, il faut le stabiliser, c'est-à-dire améliorer ses qualités routières pour qu'il puisse supporter la circulation, même dans des conditions défavorables d'humidité. Cette amélioration peut se faire au moyen de plusieurs techniques: par compactage seul, ou par correction de la granulométrie (apport et mélange de matériaux, puis compactage).

Le compactage seul est généralement le moyen le plus souvent employé pour les routes forestières. Celui-ci a lieu sous l'action des pluies, des engins de terrassement, du roulage et aussi des engins de compactage. Après terrassement de la route, il est important de mettre en forme, le plus tôt possible, le sol naturel à la niveleuse, puis de compacter la surface. Ensuite la route est mise en attente et c'est pendant cette période que s'effectue un compactage naturel en profondeur sous l'action de la pluie. Ensuite, avant utilisation, la route sera remise en forme à la niveleuse, les matériaux d'amélioration épandus et la chaussée compactée au rouleau. C'est la raison pour laquelle tout chantier bien géré doit avoir au moins 1 an de routes d'avance.

L'action des rouleaux légers (rouleaux vibrants, pieds de mouton, rouleaux à pneus), se limite au tassement après deux ou quatre passes d'une couche superficielle de 10 cm environ. Leur rôle est de damer la surface de la chaussée et de la «fermer» pour que l'eau ruisselle dessus. Diminuant la porosité du sol et donc facilitant l'évacuation de

l'eau, le compactage des sols argileux doit être accompagné par des moyens complémentaires de drainage efficaces si on veut éviter une plasticité progressive des particules argileuses.

4.5 DRAINAGE: FOSSÉS, EXUTOIRES, BUSES ET DALOTS

La protection des chaussées en sol naturel contre la dégradation de la résistance de charge due à l'eau doit constituer une préoccupation permanente pour l'exploitant. Si la circulation a lieu sur une chaussée ayant perdu sa résistance, les déformations, les ornières et les trous sont irrémédiables pendant toute la saison des pluies, avec toutes les contraintes et les surcoûts que cela entraîne. Alors que si on veille à prendre les précautions nécessaires, l'eau s'évacue rapidement, l'épaisseur de la chaussée détrempée reste assez faible pour sécher en quelques heures et supporter le trafic des grumiers. Une fois le compactage maximal réalisé, il est donc essentiel d'empêcher les intrusions d'eau ultérieures. Les dégradations sont, en effet, habituellement imputables à la réduction de stabilité du terrain ou d'une couche de la chaussée sous l'action de l'eau. Les mesures à prendre doivent tendre à:

- éviter la pénétration des eaux de pluie dans la chaussée et l'imbibition par capillarité;
- assurer l'évacuation des eaux de pluies par écoulement;
- assurer le drainage des couches constitutives de la chaussée;
- favoriser l'aération en surface.

4.5.1 Eviter la pénétration de l'eau

La pénétration des eaux de pluie est limitée par la présence des couches supérieures compactées présentant une perméabilité réduite. Cette compacité et la forme bombée de la chaussée contribuent à limiter l'imbibition superficielle par les eaux de pluie. L'eau ne peut séjourner et est immédiatement conduite vers les fossés avant de pouvoir saturer le substrat. Le bombé de la chaussée est réalisé à la niveleuse opérant après le tracteur de terrassement. Les travaux d'entretien rétablissent ensuite régulièrement la forme bombée pour éviter toute stagnation d'eau en flaques.

Rappelons que le choix de la pente transversale du profil résulte d'un compromis entre une pente assez forte pour assurer l'évacuation rapide des eaux et une pente assez faible pour éviter tout ravinement et garantir la sécurité du trafic. L'inclinaison de la pente la plus efficace se situe entre 3 et 5 pour cent.

4.5.2 Evacuation des eaux de pluie par écoulement: fossés, exutoires, dalots et buses

L'évacuation des eaux par les **fossés** doit être aussi rapide que possible. Les fossés latéraux ont pour but de collecter les eaux tombées sur la chaussée pour les conduire dans des exutoires qui les déversent en des points ne causant aucun dégât pour la route.

Pour éviter les infiltrations dans la chaussée, le fond du fossé doit être au moins à 60 cm au-dessous de la surface. Un fossé qui reste plein d'eau contribue à l'imbibition de la chaussée et en réduit beaucoup la résistance. Il est facile à repérer car des sédiments, boue ou sable, s'y déposent.

Il faut éviter la formation de dépôts qui obstruent le fossé et l'érosion qui peut menacer la plate-forme.

Une pente longitudinale minimale facilite l'élimination des dépôts, mais elle doit rester inférieure à 5 pour cent pour ne pas provoquer des ravines. Pour limiter le ravinement des fossés de routes plus escarpés, on peut disposer des blocs le long du fossé qui réduiront la vitesse de l'eau et bloqueront les sédiments en amont.

Lorsque la route est construite en tranchée ou en déblai à flanc de coteau, il est souvent utile de creuser au-dessus du déblai un fossé de crête qui arrête les eaux du versant et les empêche d'atteindre la route. Ils doivent être construits à une distance suffisante de la crête du talus de déblai - 4 à 5 m - pour éviter des infiltrations dangereuses pour la stabilité du talus.

Les fossés sont généralement réalisés à la niveleuse dès la fin du terrassement; cependant, dans certains cas, ils sont creusés ou ouverts manuellement.

Les **exutoires** ont pour vocation d'évacuer les eaux des fossés latéraux vers les talwegs naturels. Leur nombre et leur espacement ne répondent à aucune règle précise. L'observation directe suffit à définir les besoins réels. Cependant, des exutoires nombreux sont nécessaires dans les deux cas suivants:

- lorsque le fossé latéral a une pente faible (1 à 2 pour cent) et donc que la vitesse d'évacuation des eaux est faible;
- lorsque le fossé latéral a une pente forte (supérieur à 5 pour cent) et l'écoulement des eaux peut provoquer des ravines.

L'ouverture des exutoires se fait au bulldozer au moment du terrassement, en même temps que les fossés et en direction des versants qui drainent la zone voisine de la route. Leur construction doit répondre à quelques règles:

- aboutir réellement à un point bas (ce qui n'est pas souvent respecté, alors l'exutoire joue le rôle contraire de celui qui est prévu, retenant l'eau et facilitant son accumulation);

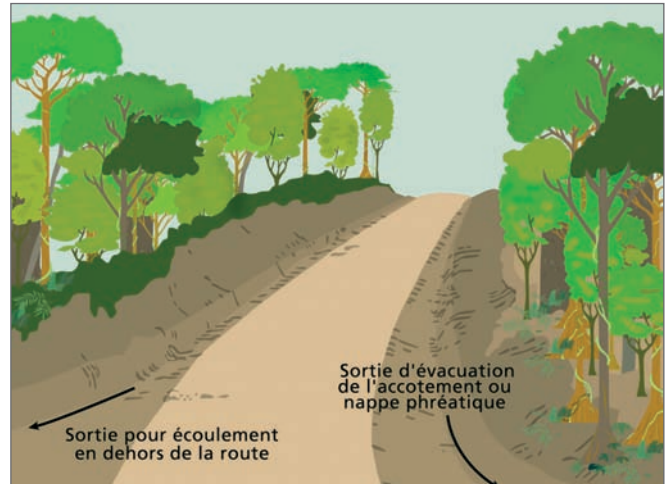


Figure 14.
Drainage
d'une route en
terrain plat

- 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 à celui du fossé;
- se raccorder au fossé suivant un angle assez faible, inférieur à 30°, pour favoriser au maximum l'accès de l'eau;
- être éloignés d'au moins 50 m d'un cours d'eau pour éviter l'apport de sédiments dans celui-ci.

Dans les portions de route situées à flanc de coteau, où l'ouverture d'exutoires côté déblai est impossible, le fossé latéral ne peut se déverser dans un talweg 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 à flanc de coteau, un dalot est nécessaire à chaque talweg.

Selon le type de route, sa durée d'utilisation et les moyens dont dispose le chantier, ces **dalots** seront construits à l'aide de matériaux plus ou moins durables. L'empilage de trois billes qui laissent un espace libre servant de goulotte doit être évité car ce dalot s'obstrue fréquemment.

Arbres creux: des arbres de gros diamètre peuvent être employés. Il faut toujours placer l'orifice le plus étroit vers l'amont pour éviter l'obstruction.

Planches: dans une tranchée creusée dans la route, on place perpendiculairement à l'axe de la chaussée, des cadres en bois de 50 x 50 ou 60 x 60 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 remblaye ensuite la tranchée en compactant la terre.

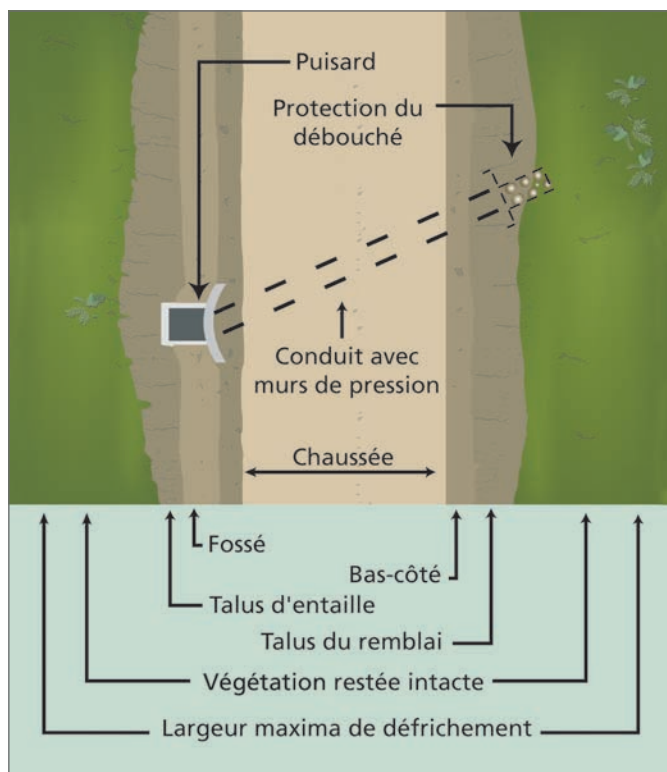
Buses en ciment ou métalliques: leur diamètre est généralement supérieur à 60 cm et peut aller jusqu'à 2 m (il est préférable d'installer une buse d'1 m, plutôt que deux buses de 60 cm placées côte à côte). Les fûts de 200 litres soudés bout à

bout sont équivalents à des buses métalliques bon marché.

Les buses en ciment peuvent être fabriquées à proximité immédiate de leur lieu d'utilisation à l'aide de moules en tôle ou en planches. Elles doivent être recouvertes d'une épaisseur de terre d'au moins 60 cm et reposer sur une assise en béton maigre bien nivelée. Il faut bien tasser la terre autour de la buse lors du remblayage afin d'éviter l'écrasement et l'infiltration d'eau. La mise en œuvre des buses métalliques réclame des précautions particulières :

- une couche de fondation en sol naturel si la portance de ce dernier est bonne; si le sol est mou, une fondation rapportée, composée de matériaux non affouillables soigneusement compactés est nécessaire. En aucun cas, une buse flexible ne doit reposer sur un socle dur rocheux ou bétonné;
- la bonne tenue mécanique de la buse est assurée par la rigidité de la terre compactée de part et d'autre de l'ouvrage. Sa mise en place se fait par couches horizontales successives de 25 cm d'épaisseur maximum, qui sont compactées de manière uniforme;
- il faut prévoir une couche de terre de couverture suffisante au-dessus de la clé de la buse. On admet les valeurs de 50 cm pour un dalot de 60 cm et 70 cm pour un dalot de 200 cm.

Figure 15.
Emplacement
d'un dalot



Les dalots doivent présenter une pente latérale comprise entre 1 et 3 pour cent afin de faciliter la circulation de l'eau tout en évitant l'afouillement à l'extrémité de sortie des eaux.

Si elles sont nécessaires, des précautions (enrochements, maçonnerie, gabions) doivent être

prises afin de limiter l'érosion à l'entrée et la sortie du dalot pour des terrains très érosifs.

4.5.3 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 les eaux de nappes profondes remontées par capillarité, un drainage permanent est nécessaire :

- les fossés latéraux doivent être construits de façon que leur fond soit à un niveau inférieur d'au moins 60 cm à celui de la chaussée; les risques d'imbibition prolongée sont alors limités aux seules couches profondes, même si l'eau stagne dans le fossé;
- en terrain aquifère, lorsque le niveau des nappes se rapproche 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 d'environ 10 cm de sable et de gravier rempli bien ce rôle. Une couche de tissu géotextile convient également bien. Il peut être utile de placer cette couche sur un lit de fascines ou de gaulettes qui évite le mélange avec les terrains sous-jacents.

4.6 FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU: GUÉS ET PONTS

En dehors des buses et des dalots précédemment évoqués, les deux modes de franchissement d'un cours d'eau sont le passage à gué et la construction de ponts. Ce dernier est d'évidence beaucoup plus fréquent.

Accessoirement, des passages temporaires destinés à faciliter le passage à gué des engins de construction de route ou d'ouvrages, peuvent être installés par mise en place d'un lit de billes de bois lourd, parallèlement au courant dans le lit de la rivière :

- la largeur du passage doit être limitée à 4 m;
- le passage doit se faire dans l'alignement de la route ou du futur ouvrage;
- il doit perturber au minimum la végétation de la zone tampon, les berges et le lit de la rivière;
- les bois et tous les débris qui ont pu s'accumuler doivent être retirés dès la fin d'utilisation du passage.

4.6.1 Passage à gué

Le franchissement à gué d'un cours d'eau est possible quand :

- la hauteur des berges est inférieure à 1 m;
- la pente d'approche du cours d'eau est inférieure à 10 pour cent;
- la profondeur de la rivière à hauteur du gué est

- inférieure à 50 cm;
- le lit de la rivière est solide, constitué de gravier ou de rochers.

Si une intervention s'avère nécessaire pour améliorer le passage, elle doit:

- minimiser les mouvements de matériaux, le terrassement et l'impact sur le lit de la rivière;
- prévoir une protection contre l'afouillement en amont et sous le gué;
- être réversible à l'issue de l'utilisation du passage (par exemple, l'enlèvement possible de graviers de renforcement).

4.6.2 Ponts

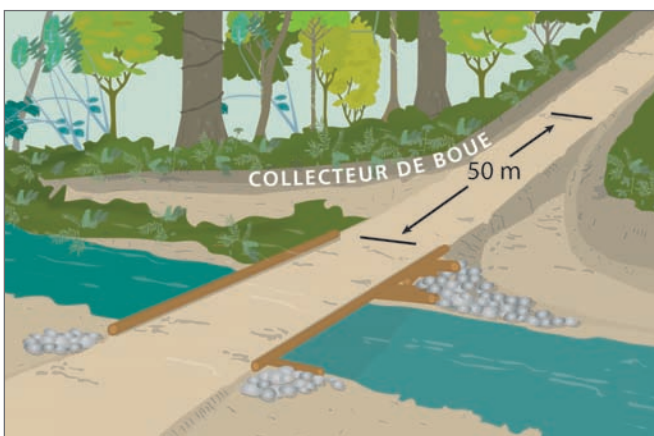
Les ponts forestiers sont majoritairement construits en bois de bonne durabilité naturelle: bois durs et lourds. Ils ne font l'objet d'aucune protection chimique complémentaire. S'ils sont réalisés dans de bonnes conditions, leur durée de vie dépasse une dizaine d'années. Ils sont en principe conçus pour permettre la circulation, sur une voie, de convois d'une cinquantaine de tonnes de poids total roulant sur cinq essieux.

Choix de l'emplacement

L'emplacement d'un pont implique de connaître le régime du cours d'eau à franchir car:

- le pont devant permettre le franchissement en toutes saisons doit avoir son tablier à au moins 1 m au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues pour ne pas constituer un obstacle au passage des troncs et débris divers en temps de crue;
- 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 traversée doit être la plus courte possible afin d'éviter les supports intermédiaires (piles);
- le positionnement de l'ouvrage doit être perpendiculaire au courant;
- l'approche du pont doit être en ligne droite; un tronçon minimum de 50 m est nécessaire pour assurer la sécurité du roulage. Un pont ne doit jamais être construit dans un virage;

Figure 16. Bonne implantation d'un pont



- l'emplacement doit être choisi où le courant est aussi peu variable que possible;
- de fondations sûres doivent être établies, sur un terrain d'assise solide et inafouillable (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.

Choix du type de pont

Ce choix dépend d'un certain nombre de facteurs:

- du personnel, des matériels et matériaux de construction dont on dispose;
- de la nature du trafic à assurer: poids, longueur, largeur des convois;
- de la densité du trafic;
- de la situation des lieux (l'escarpement 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 des crues et l'importance des débris charriés par le courant.

Le cours d'eau sera franchi d'une seule portée si le lit d'étiage ne dépasse pas 17 m. Dans le cas d'eau stagnante, on peut prévoir des supports intermédiaires, car ils ne constitueront pas un obstacle pour la circulation de l'eau.

Supports des ouvrages: culées et piles

Les culées supportent le tablier du pont. C'est sur elles que repose toute la stabilité de l'ouvrage.

a) Culées réalisées avec des grumes ou un empilage de grumes

Culée en pile canadienne

Lorsque cela est nécessaire, pour relever le 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. Ce type de culée, qui présente plusieurs variantes, est appelé pile canadienne ou camarteau.

Figure 17. Culée en pile canadienne

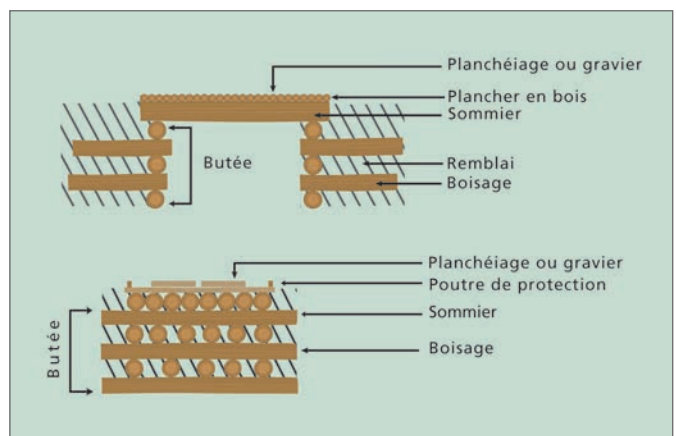
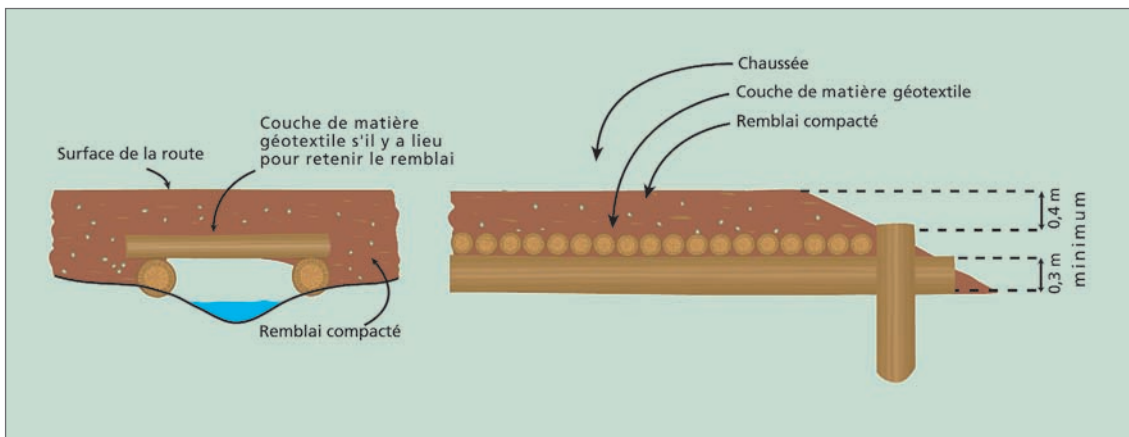


Figure 18.
Culée en corps mort



Culée en corps mort

Le corps mort est constitué par une ou deux grumes de 70 à 100 cm de diamètre, placées au 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 qu'éboulements et affaissements ne soient pas à craindre. Si le terrain n'est pas assez résistant, le corps mort sera établi sur un lit de rondins ou d'avivés dont le but est de répartir l'effort et ramener la pression au sol à une valeur admissible.

b) Culées en béton ou maçonnerie

Si l'ouvrage est important, on peut construire une culée en maçonnerie ou en béton.

Ces culées sont aussi des murs de soutènement; il faut assurer leur stabilité par rapport aux poussées de terre. Ce qui peut s'effectuer par la construction d'un profil à redans, en créant un ou plusieurs décrochements successifs dans le mur de culée. Le remblai reposant sur les redans contribuera par son propre poids à la stabilité de la culée. 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 1,5 m.

c) Supports intermédiaires ou piles

Lorsque le cours d'eau est trop large pour être franchi d'une seule portée, on devra faire reposer chaque travée sur un support intermédiaire. Les supports intermédiaires que constituent les piles sont de même type et exigent les mêmes genres de fondation que les culées.

Ils peuvent être réalisés soit en site terrestre (seuil rocheux, par exemple), soit en site aquatique. Il faudra privilégier le premier pour une plus grande simplicité de mise en œuvre. L'implantation des piles ne s'effectue pas obligatoirement dans l'axe du lit de la rivière; au contraire, dans la plupart des cas, il est préférable de laisser libre le lit majeur de la rivière.

Travure et platelage

a) Poutres de travure

Elles sont constituées de troncs entiers, désaubierés ou équarris. Les ponts étant prévus à une seule voie pour le trafic, quatre poutres (deux de chaque côté) suffisent pour constituer un chemin de roulement de 3,5 m dès lors qu'elles sont situées sous le passage des roues. Le diamètre de poutres à utiliser pour un convoi de cinq essieux, de 50 tonnes de PTR pour *Letestua durissima* (Congotali, correspondant à de bonnes caractéristiques mécaniques) et *Nauclea trillesii* (Bilinga, moins bonnes caractéristiques de la liste des essences recommandées) est:

Portée entre appuis	10 m	12 m	14 m	16 m	17 m
<i>Congotali</i>	58 cm	66 cm	74 cm	81 cm	85 cm
<i>Bilinga</i>	63 cm	71 cm	79 cm	86 cm	90 cm

Tableau 12. Diamètres des poutres de travure

Pour des portées supérieures à 17 m, on estime une augmentation de diamètre d'environ 4 cm par mètre de portée supplémentaire.

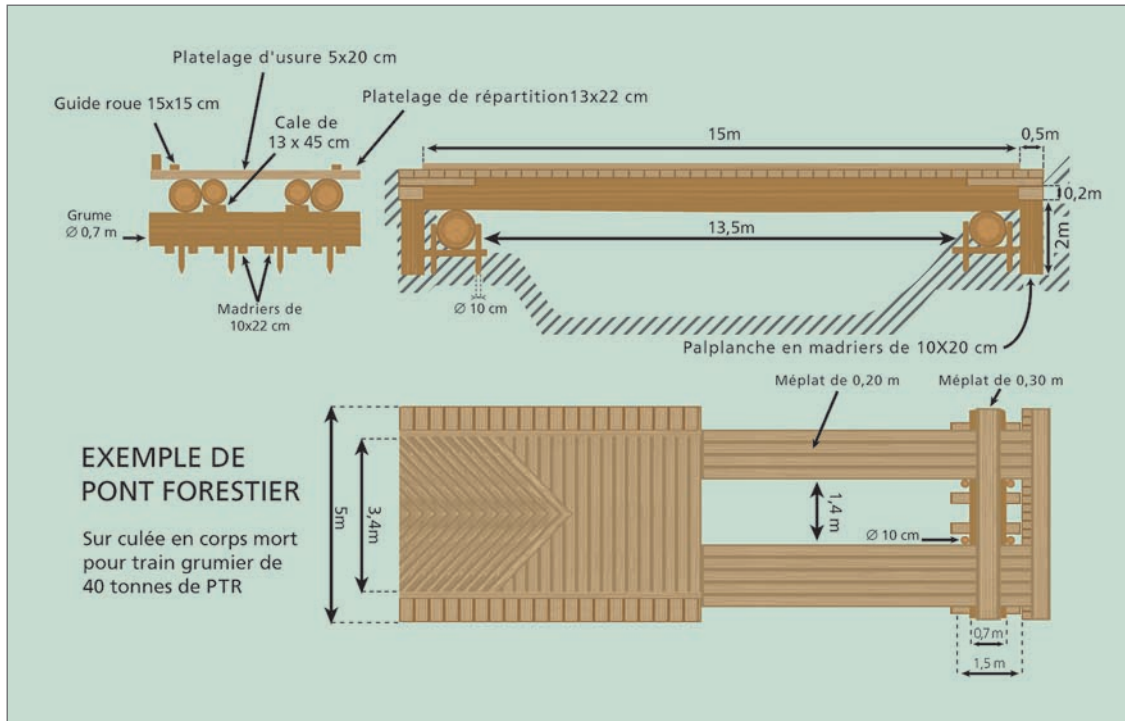
b) Platelages

Les platelages en madriers sont les meilleurs et les plus légers. On distingue habituellement deux platelages superposés et croisés:

- le platelage de répartition placé perpendiculairement aux poutres de travure qui répartit les efforts entre ces dernières. Il est constitué de madriers 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 placés à 45° par rapport à l'axe du pont.

Le platelage en latérite: lorsque les poutres de travure sont jointives sur toute la largeur du pont, on peut après avoir placé une couche de gaulettes de 2 à 3 cm de diamètre dans les espaces entre poutres, recouvrir l'ensemble d'une couche de latérite formant le platelage. Il est souhaitable de

Figure 19.
Exemple de
pont forestier



disposer une couche de tissu géotextile entre le lit de gaulettes et la couche de latérite. Cette solution a l'avantage de la simplicité mais présente plusieurs inconvénients:

- la latérite apporte une surcharge permanente considérable à l'ouvrage (3 à 5 tonnes par mètre linéaire);
- la couche de terre conserve l'humidité et constitue un milieu favorable à la pourriture du bois;
- de nuit, on repère moins la transition entre la route et le pont ainsi que l'état du pont, d'où une moins bonne sécurité.

Elle est cependant d'usage courant.

4.7 ENTRETIEN DU RÉSEAU ROUTIER

Circulation des véhicules et intempéries entraînent des dégradations de la chaussée et des ouvrages auxquelles il faut remédier par un entretien régulier qui peut prendre diverses formes.

4.7.1 Entretien courant

Reprofilage de la chaussée

Cette opération a pour objectif de lutter contre:

- les effets de la circulation; l'usure de la chaussée et de la tôle ondulée en saison sèche;
- 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 chaussée 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 limitant les ornières qui s'opposent à l'évacuation transversale des eaux de pluie vers les fossés.

L'entretien consiste à supprimer les stries et les amorces d'ornières avant qu'elles ne deviennent trop gênantes. Il consiste en une procédure qui ramène sur la chaussée les matériaux qui ont été projetés vers les accotements et rétablit la forme de la chaussée. La niveleuse est l'engin approprié pour cette opération. La solution optimale 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 et n'entamer en aucun point la couche cohérente et stable de la chaussée. Il faut aussi 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 (en fonction de la proportion d'argile dans le sol) pour se compacter après le nivellement. S'il est trop humide, la consistance du sol devient plastique ne permettant plus ni profilage ni compactage.

Remplissage de trous et nids de poule

L'entretien doit intervenir dès que possible après l'apparition de nids de poule. Il faut d'abord bien l'assécher, puis le remplir de matériau latéritique. Le boucher sans le sécher au préalable est inefficace, car l'eau détrempe les couches de la chaussée et en détruit la résistance. Si on cherche à boucher les trous à l'aide de pierres ou de cailloux de latérite,

ces éléments durs, en contact avec les couches détrempées n'offrent plus de résistance et s'enfoncent dans les couches profondes de la chaussée sans résoudre le problème.

Écoulements d'eau et ouvrages

La surveillance de l'état et du bon fonctionnement des différents écoulements d'eau (fossés, exutoires, buses, dalots) doit être une préoccupation permanente de l'équipe chargée des travaux d'entretien. Leurs accès et sorties doivent toujours être parfaitement dégagés afin de pouvoir laisser l'eau s'écouler librement. Il en est de même pour les culées et piles de ponts.

Tous les bois ou débris risquant de réduire le lit ou de freiner le courant doivent être supprimés. L'état sanitaire des poutres de travure doit aussi être régulièrement inspecté. Il faut également surveiller le bon état des platelages d'usure et de répartition et éventuellement en reclouer ou changer certains éléments.

4.7.2 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. En principe, seules les routes permanentes sont l'objet de rechargement.

Il s'agit alors d'un rechargement général en latérite dont la périodicité dépend de nombreux facteurs: intensité de la circulation, qualité des matériaux en place, conditions climatiques, qualité de l'entretien courant, etc...

4.7.3 Autres opérations d'entretien

Certaines parties des routes ne sont parfois pas assez solides et doivent être terrassées à nouveau. Dans les zones de déblai, des éboulements ont souvent lieu. Ils doivent être rapidement déblayés au chargeur frontal ou mieux, à la pelle et le fossé rétabli. 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 de terrassement, en diminuant la pente des talus lors de la construction de la route.

4.8 IMPACTS CONSÉCUTIFS À LA CONSTRUCTION DES ROUTES

Les impacts sont principalement de deux types:

a) *Les impacts environnementaux infligés à la forêt*, la construction des routes entraînant une disparition totale de la végétation et de la couche d'humus sur toute l'assiette de la route. Il faut plusieurs années après la fermeture de la route pour que la nature reprenne ses droits et pour réparer les dégâts occasionnés. Cependant, la route se couvrira progressivement tout d'abord d'une végétation herbacée (herbes, plantes rampantes, etc...) puis arbustive (rejets, semis, etc...) et enfin, arborée.

b) *Les impacts sociaux* qui peuvent être positifs ou négatifs:

Positifs:

- accès de la population locale aux ressources (bois et produits forestiers non ligneux) et désenclavement économique et social;
- apparition de petits commerces, marchés et d'un artisanat en bord de route;
- amélioration des conditions de vie des populations locales (éducation, santé).

Négatifs:

- accès à la forêt facilité pour les braconniers et les exploitants illégaux;
- perturbation de la structure sociale.

4.9 RECOMMANDATIONS

Pratiques d'exploitation à faible impact à la construction de routes:

- planifier le tracé routier respectant les zones protégées, et autant que possible éviter les zones sensibles et les arbres patrimoniaux;
- favoriser l'emplacement de la route sur les crêtes en terrain facile ou moyennement accidenté, afin de faciliter le drainage et le débordage vers le haut;
- préférer l'emploi de la pelle hydraulique sur chenilles à celui du tracteur à chenilles pour le terrassement de routes en profil déblai-remblai, afin de réduire le volume du déblai et le risque d'érosion et d'éboulement;
- éviter de pousser la terre dans les cours d'eau;
- limiter, autant que possible, la largeur de l'ensoleillement d'une route en fonction de sa catégorie, son exposition et du type de sol formant la plate-forme;
- maintenir des ponts de canopée et ouvrir les andains latéraux de terrassement à intervalles réguliers, afin de permettre le passage de certaines espèces de singes et du gibier;
- construire et maintenir des structures de drainage appropriées pour collecter et évacuer l'eau tout en évitant la dégradation des couches constitutives de la chaussée, l'érosion des talus et l'apport de sédiments aux cours d'eau;
- éviter les perturbations de la végétation des rives des cours d'eau, des zones tampon, des berges et du lit de la rivière, lors des travaux de construction;
- évacuer tous les débris végétaux de la zone tampon et les enterrer dans des fosses ou remblais.