

GUIDE SUR LE DRAINAGE SYLVICOLE



Québec 

GUIDE SUR LE DRAINAGE SYLVICOLE

Ce document a été préparé par le Service
des traitements sylvicoles et produit par
la Direction des communications du
ministère de l'Énergie et des Ressources

Dépôt légal – 3^e trimestre 1989
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© Gouvernement du Québec, 1989
ISBN : 2-550-19917-0

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
ÉTAPE I : LES ÉTUDES PRÉALABLES	3
L'ÉTUDE DU SOL	3
ÉVALUATION DU DRAINAGE	4
ÉVALUATION DE LA TEXTURE	6
ÉVALUATION DE LA STRUCTURE	9
CARACTÉRISATION DU DÉPÔT ORGANIQUE	11
L'ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION	13
LA VÉGÉTATION DES TOURBIÈRES.....	13
LES CONDITIONS PRÉALABLES AU TRAITEMENT.....	19
LA FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE	20
L'ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE	22
ÉTAPE II : LA CONCEPTION DU RÉSEAU DE DRAINAGE.....	23
LE DIAGNOSTIC ET LES SOLUTIONS	23
CAS OU L'EXCÈS D'EAU ORIGINE DE L'EXTÉRIEUR DE LA SUPERFICIE.....	23
CAS OU L'EXCÈS D'EAU EST PROPRE À LA SUPERFICIE.....	23
LES FOSSÉS SECONDAIRES.....	26
CHOIX DU TYPE DE SECTION.....	26
LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE DU SOL (K)	28
LE CALCUL DE L'ESPACEMENT.....	32
LA DISPOSITION DES FOSSÉS.....	33
LES FOSSÉS COLLECTEURS	35
LE BASSIN VERSANT ET LES DÉBITS DE POINTE	35
LE DESIGN DES FOSSÉS COLLECTEURS	37
LES INFRASTRUCTURES DE PROTECTION.....	40
LA MISE EN PLAN ET LES RÈGLEMENTS À RESPECTER	42
LE PLAN.....	42
LE PROFIL.....	43
LA LISTE DES TRAVAUX À EFFECTUER.....	44
LES LOIS ET LES RÈGLEMENTS À RESPECTER.....	44
ÉTAPE III : LA RÉALISATION DES TRAVAUX.....	45
LA PRÉPARATION DU CHANTIER.....	45
LES ÉQUIPEMENTS DE DRAINAGE	46
LE MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	49
LE SUIVI ET L'ENTRETIEN DU RÉSEAU	52
RÉFÉRENCES.....	53

INTRODUCTION

Le drainage sylvicole consiste à établir un réseau de fossés dans le but d'évacuer les surplus d'eau de surface et d'infiltration. Cette action favorise la croissance des peuplements forestiers ainsi que les taux de survie des reboisements.

Comme pour tout autre traitement sylvicole, la décision de drainer à un endroit donné procède d'une analyse détaillée des conditions du site. Cette analyse se fait à trois niveaux: le sol, la végétation et le relief. Ces études préliminaires seront le sujet de la première partie de ce guide.

Un réseau de fossés remplit essentiellement deux fonctions: le rabattement de la nappe et le transport de l'eau. Le planificateur retrouvera dans la deuxième partie du guide les notions nécessaires à la conception des systèmes de drainage.

Finalement, dans la troisième partie, les aspects pratiques de la réalisation des travaux seront détaillés.

ÉTAPE I : LES ÉTUDES PRÉALABLES

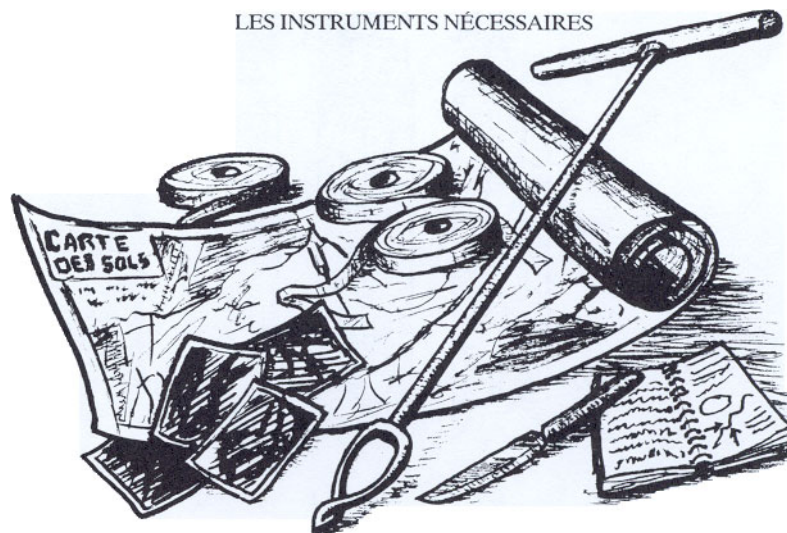
L'ÉTUDE DU SOL

Cette étude se réalise dès la première visite du terrain qu'on projette de drainer. Toutefois, afin d'effectuer un premier dégrossissage, il faut consulter au préalable la documentation existante (carte des sols, carte écologique, photographies aériennes).

Un sondage du sol doit être effectué. Ce sondage se fait à l'aide d'une tarière de type à lames ouvertes, sur au moins 1.5 m. de profondeur ou jusqu'à ce qu'on atteigne la couche imperméable. Les paramètres suivants sont à évaluer et font l'objet d'un chapitre distinct de la présente section :

- La classe de drainage
- La texture
- La structure
- La profondeur et le type de dépôt organique
- La profondeur de sol perméable

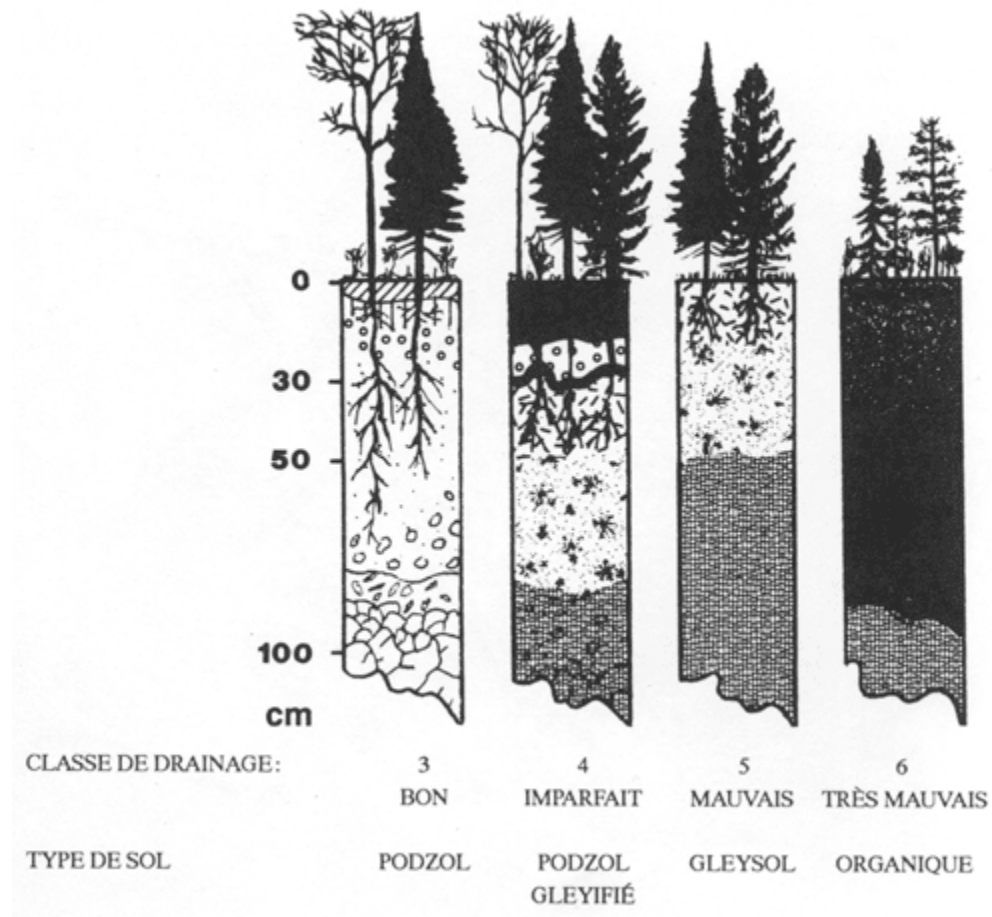
Les premiers résultats de cette étude permettront au planificateur de stratifier la superficie en zones homogènes. Chaque zone homogène possédera des caractéristiques pédologiques différentes des autres et sera susceptible de se voir appliquer un traitement de drainage différent.



RÉFÉRENCES : Servat et al., 1972
Day et McMenamin, 1982

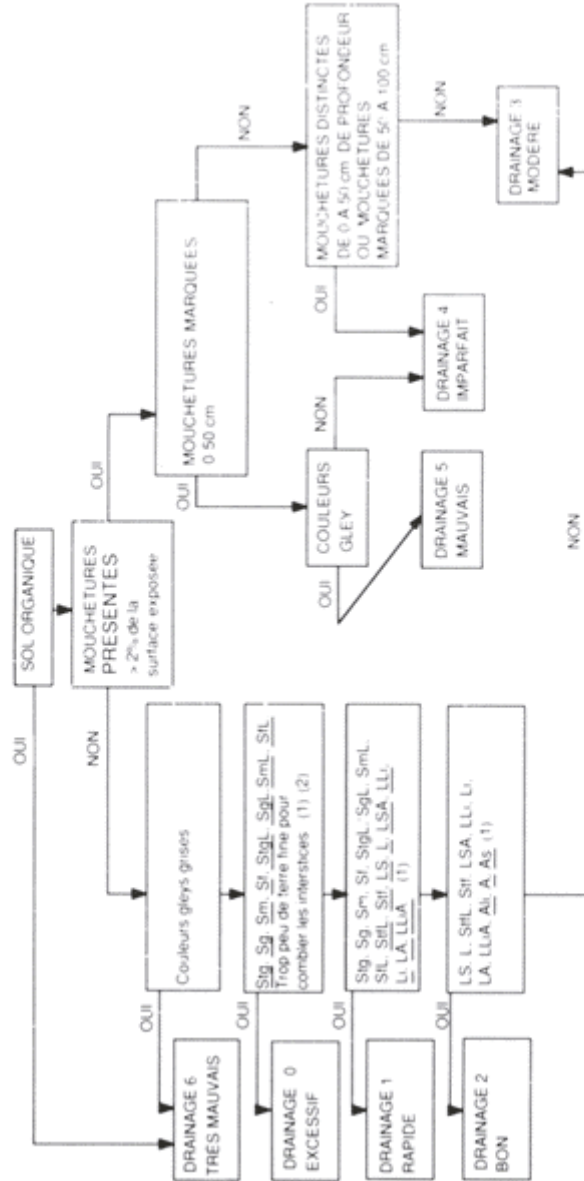
ÉVALUATION DU DRAINAGE

L'évaluation du drainage vise à déterminer la fréquence et la durée des périodes où le sol est saturé d'eau. Cette évaluation permet de voir si le sol est suffisamment affecté pour justifier un traitement de drainage. Lorsque la période de saturation est longue, le sol est gleyifié. Les couleurs gleys vont du gris au gris bleuté. Le profil des sols humides est généralement tacheté de mouchetures. Ce sont des taches de couleurs et de teintes différentes mêlées à la couleur dominante du sol. Plus le drainage est lent, plus elles sont abondantes dans le profil. Généralement de couleur rouille, elles traduisent une oxydation locale du sol et sont d'autant plus visibles que le sol est grisâtre.



En général, seuls les sites à drainage mauvais et très mauvais peuvent bénéficier d'une manière significative d'un traitement de drainage. Par ailleurs, quelques sites à drainage imparfait peuvent subir une forte remontée de la nappe après coupe. Le traitement permet alors de redonner un nombre de microsites de plantation acceptable.

LOGIGRAMME DE DRAINAGE

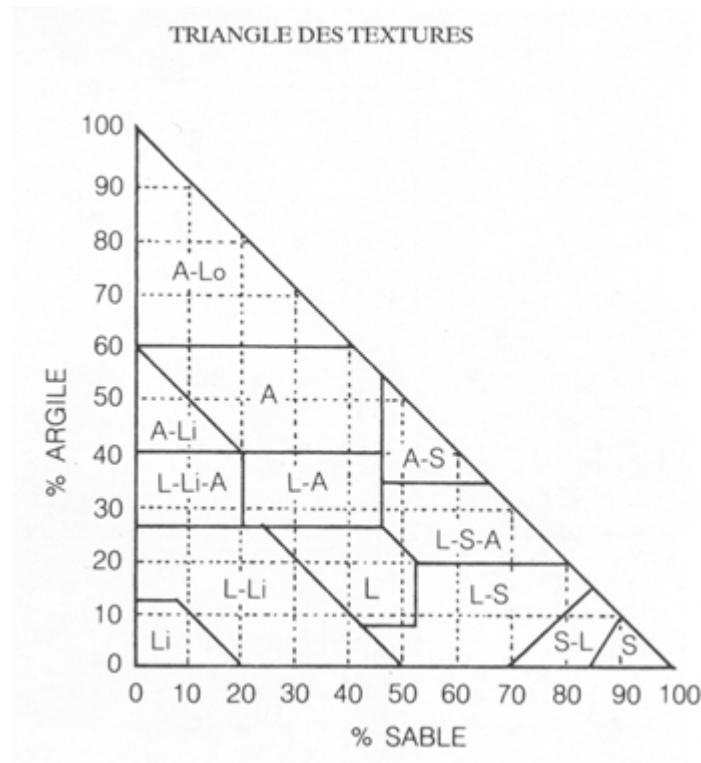


(1) Les textures soulignées sont celles où plus de 35% (volumen du sol est occupé par des fragments de plus de 2 mm)
 (2) S = sable, Li = limon, L = loam, A = argile, Ig = très grossier (1.0 à 2.0 mm), g = grossier (0.5 à 1.0 mm), m = moyen (0.25 à 0.5 mm), f = fin (0.10 à 0.25 mm), # = très fin (0.05 à 0.10 mm)

RÉFÉRENCE : Bates et al., 1982

ÉVALUATION DE LA TEXTURE

Cette évaluation doit être réalisée pour chaque zone homogène et pour chaque couche de sol en se servant de la méthode exposée ici. L'évaluation de la texture est nécessaire pour effectuer la conception du réseau de drainage (Étape II). Par exemple, les sols sableux sont souvent instables et nécessitent des fossés très ouverts. Les sols à texture fine et sans structure sont peu perméables, ce qui implique des espacements réduits.



Après avoir caractérisé la fraction fine du sol, il faudra évaluer le pourcentage en volume de sol occupé par les fragments grossiers. Ces fragments ont un effet sur l'excavation, la stabilité des sols et leur résistance à l'érosion. Il peut s'agir de gravier (2mm à 8 cm), de cailloux (8 cm à 25 cm), de pierres (25 cm à 60 cm) ou de blocs (plus de 60 cm). Un adjectif ajouté à la désignation de la texture indique les proportions. Par exemple, un

- loam graveleux contient de 15 % à 35 % en volume de gravier;
- loam très graveleux en contient de 35 % à 60 % en volume;
- loam extrêmement graveleux en contient plus de 60 % en volume.

MÉTHODE D'ÉVALUATION TEXTURALE

ESSAI DE MOULE HUMIDE Prendre un peu de sol humide et le serrer dans la main. Si le sol se tient et forme un moule, il faut en éprouver la résistance en le lançant d'une main à l'autre. Plus le moule garde sa forme, plus le sol renferme d'argile.

ESSAI DE RUBANAGE Rouler un peu de sol humide en forme de cigarette, et l'écraser entre le pouce et l'index pour former un ruban aussi long et mince que possible. Plus la texture du sol est fine, plus on peut allonger et amincir le ruban.

ESSAIS TACTILES Granulosité-Frotter le sol entre le pouce et les doigts pour évaluer le pourcentage de sable. Plus le sol est granuleux au toucher, plus il renferme de sable.

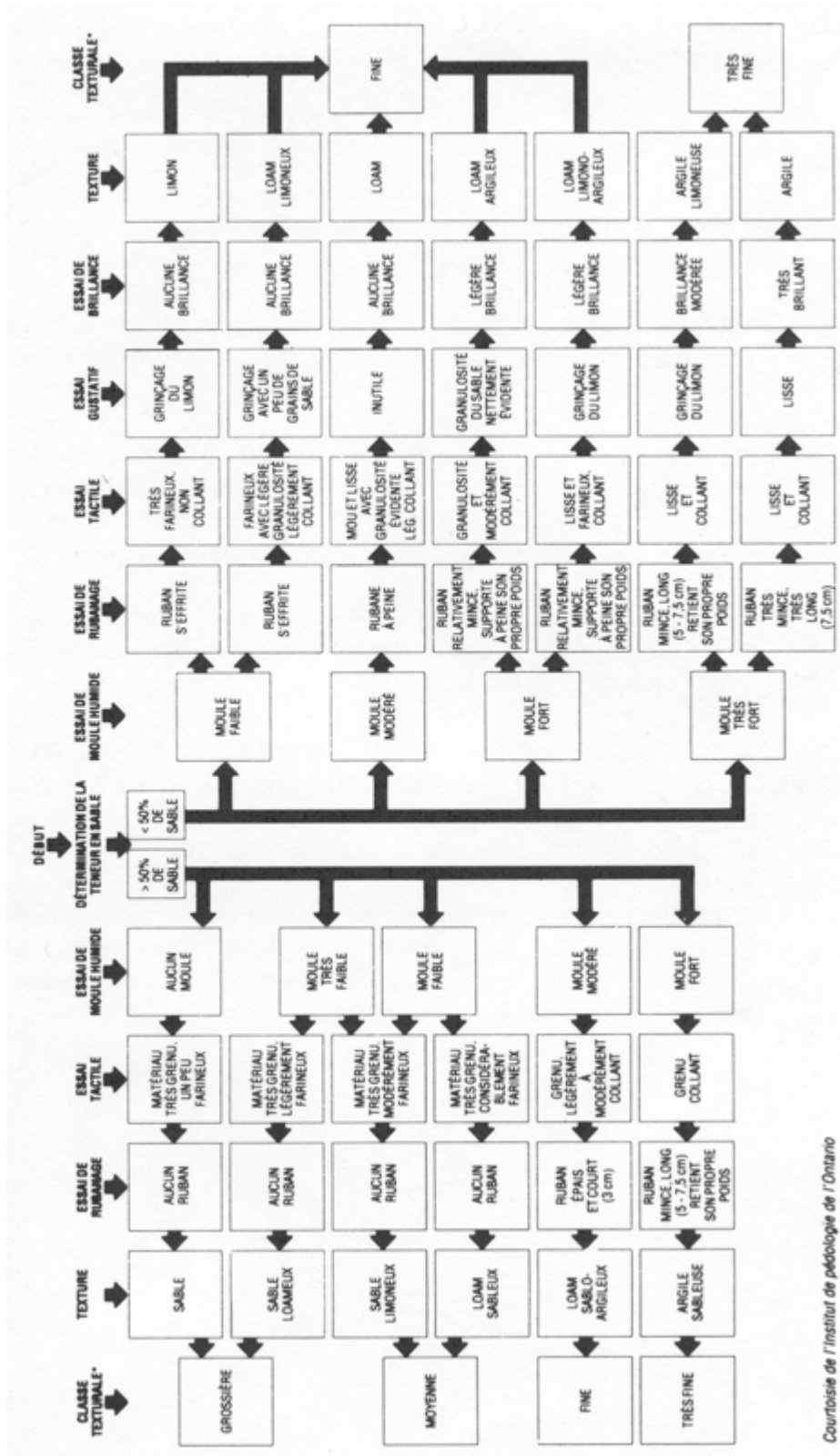
Sensation sèche-Sols renfermant plus de 50% de sable. Frotter le sol dans la paume de la main pour l'assécher. Lorsque les particules sont sèches, elles se séparent et on peut en estimer la taille. On les laisse ensuite tomber et on note la quantité de matériaux plus fins (limon et argile) qui reste dans la main.

Viscosité-Mouiller le sol et le comprimer entre le pouce et l'index. Le degré de viscosité du sol est proportionnel à son étirement et à son adhérence au pouce et à l'index lorsque la pression est relâchée.

ESSAI GUSTATIF Prendre une petite quantité de sol et la placer entre les dents antérieures. Les grains de sable se détachent et font grincer les dents alors que les particules limoneuses sont beaucoup moins rugueuses on ne sent donc aucun grain. Les particules d'argile ne provoquent aucun grincement.

ESSAI DE BRILLANCE Façonner une petite quantité de sol modérément sec en une boule qu'on frotera une fois ou deux contre un objet dur et lisse, comme une lame de couteau ou l'ongle d'un pouce. Si la partie de la balle ainsi frottée devient luisante, cela indique que le sol est argileux.

EVALUATION TACTILE DE LA TEXTURE DU SOL



Courtoisie de l'Institut de pédologie de l'Ontario

Extrait de Day et McMenamin, 1982

ÉVALUATION DE LA STRUCTURE

La structure du sol désigne le mode d'agrégation des particules primaires du sol. L'évaluation de la structure permet de mieux connaître la facilité avec laquelle l'eau circule dans le sol et, ainsi, servira à déterminer l'espacement entre les fossés.

Les agrégats sont séparés les uns des autres par des plans de moindre résistance. La structure est classée selon quatre types principaux :

1. *Sans structure* : aucune agrégation visible ni disposition ordonnée et définie autour des lignes naturelles de faible résistance.

A. Particulaire : masse meuble et non cohésive de particules isolées, comme les sables.

B. Amorphe (massif) : masse cohésive ne représentant aucun signe d'une disposition définie des particules.

2. *Polyédrique* : particules disposées autour d'un point et délimitées par des surfaces planes ou arrondies.

A. Polyédrique (polyédrique angulaire) : faces rectangulaires et aplaties, à arêtes très aiguës.

B. Polyédrique subangulaire : faces subrectangulaires, à arêtes surtout obliques ou subarrondies.

C. Granulaire-sphéroïdale : à arêtes arrondies.

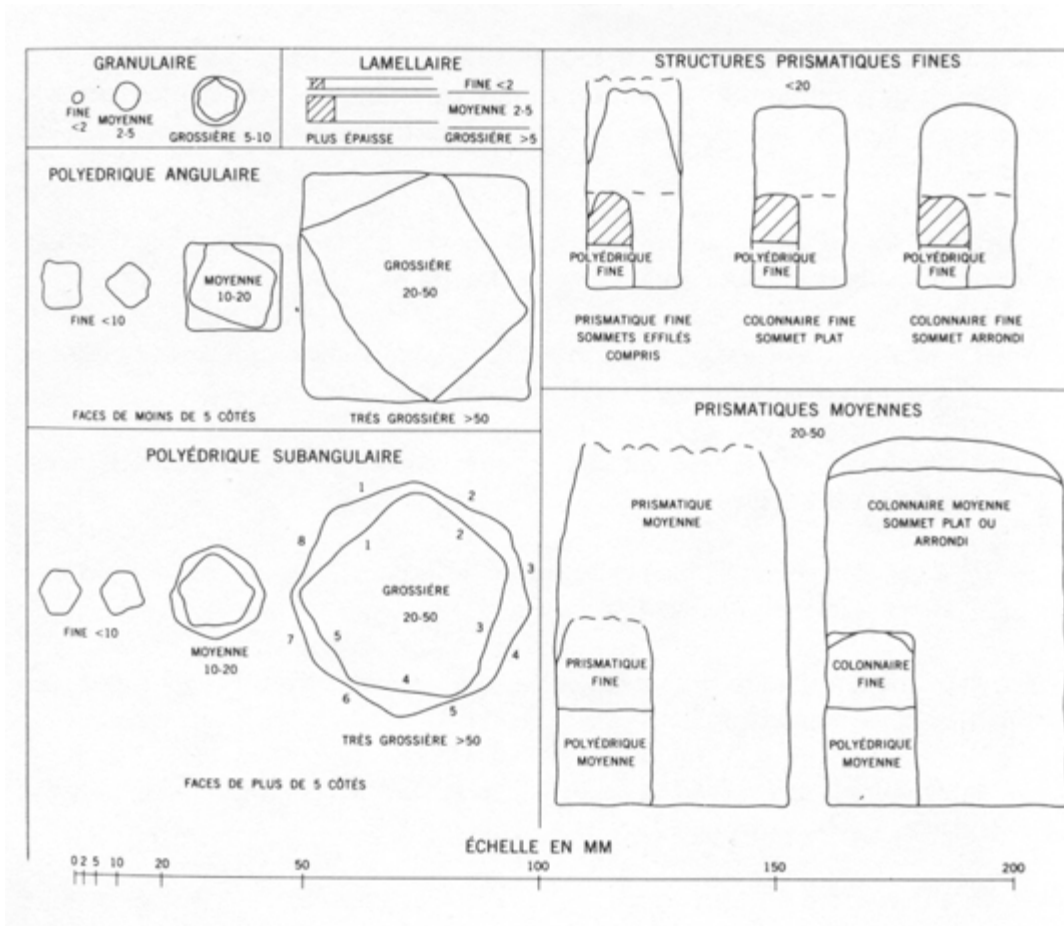
3. *Lamellaire* : particules disposées sur un plan horizontal et généralement délimitées par des surfaces relativement planes et horizontales.

4. *Prismatique* : particules disposées autour d'un axe vertical et généralement délimitées par des surfaces relativement planes.

A. Prismatique : faces verticales bien définies et arêtes aiguës.

B. Colonnaire : les arêtes verticales près du sommet ne sont pas aiguës.
Les colonnes peuvent avoir un sommet plat, arrondi ou irrégulier.

TYPES, SOUS-TYPES ET CLASSES DE STRUCTURE DU SOL



RÉFÉRENCE : Day et McMenamin, 1982

CARACTÉRISATION DU DÉPÔT ORGANIQUE

Le dépôt organique résulte de l'accumulation de débris végétaux en raison de conditions défavorables à leur décomposition. Les propriétés physiques (densité, perméabilité) du dépôt varient en fonction du type de plante qui le compose ainsi qu'en fonction du degré de décomposition de la tourbe. Il est donc nécessaire d'évaluer ces paramètres afin de choisir l'espacement approprié entre les canaux de drainage.

Les dépôts de tourbe sont le plus souvent composés de sphaignes, de débris ligneux et de carex.

TOURBE DE SPHAIGNE (*S*): Matériau collant et visqueux lorsque frotté entre le pouce et l'index.

TOURBE LIGNEUSE (*L*): Présence de morceaux de bois de plus ou moins grande dimension. Le frottement entre le pouce et l'index est légèrement granuleux.

TOURBE DE CAREX (*C*): Présence de racines et de feuilles de forme allongée. Aspect fibreux.

En général, les tourbes ligneuses sont plus perméables que les tourbes formées de carex. Celles-ci sont plus perméables que les tourbes de sphaigne.

L'ÉCHELLE VON POST

L'échelle Von Post sert à évaluer le degré de décomposition. Cet essai sur le terrain consiste à presser un échantillon de matériau organique tenu à l'intérieur de la main fermée et d'observer la couleur de la solution qui s'échappe entre les doigts, la nature des fibres et la proportion de l'échantillon original qui reste dans la main.

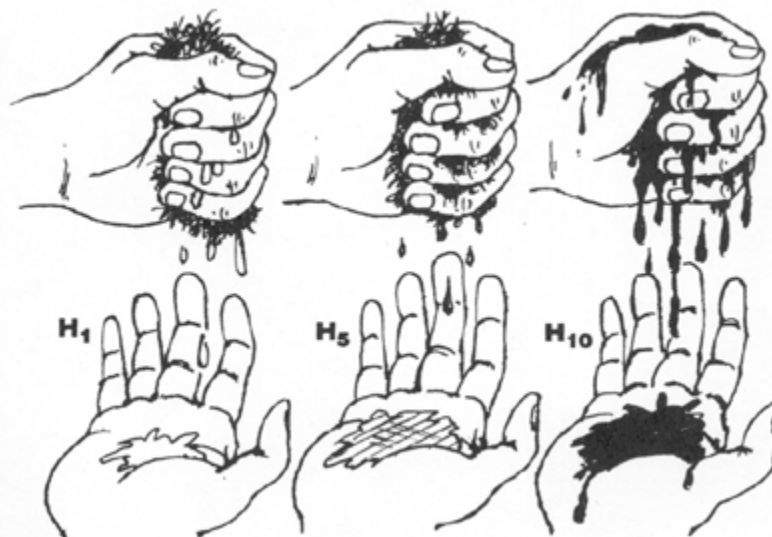
NON DÉCOMPOSÉ (H1): Structure des plantes non altérée; donne de l'eau claire de couleur brun jaunâtre pâle.

TRÈS FAIBLEMENT DÉCOMPOSÉ (H3): Structure des plantes distincte; donne de l'eau distinctement trouble et brune; aucune substance de la tourbe ne passe entre les doigts; le résidu n'est pas bourbeux.

MODÉRÉMENT DÉCOMPOSÉ (H5): Structure des plantes encore claire mais devenant indistincte; donne de l'eau brune très trouble; un peu de tourbe s'échappe entre les doigts; résidu très bourbeux.

FORTEMENT DÉCOMPOSÉ (H7): Structure des plantes indistincte mais encore reconnaissable; environ la moitié de la tourbe s'échappe entre les doigts.

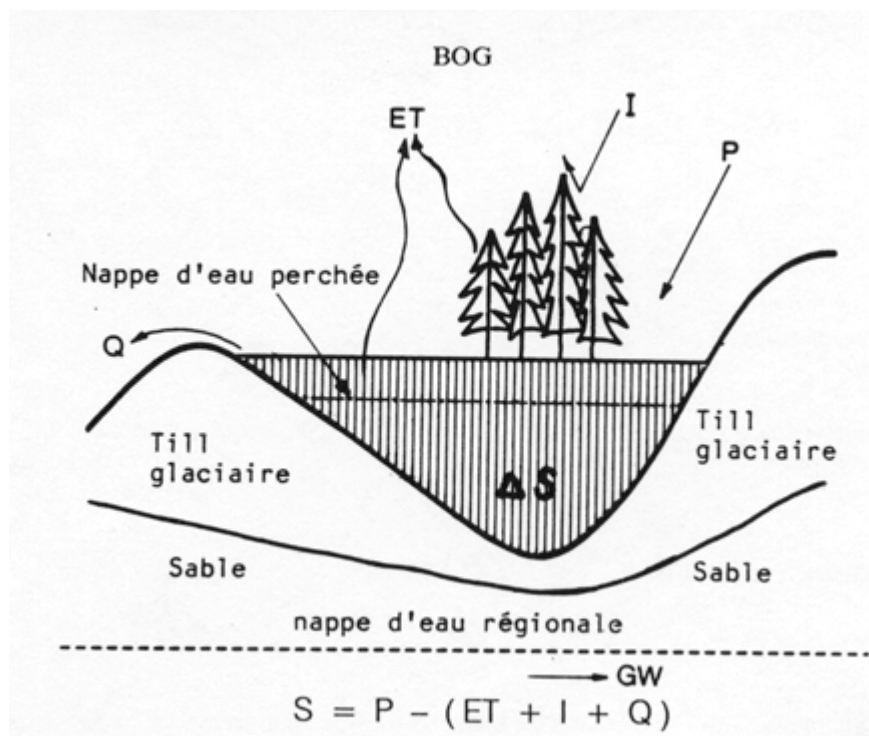
COMPLÈTEMENT DÉCOMPOSÉ (H10) : Structure des plantes non reconnaissable, toute la tourbe s'échappe entre les doigts.



L'ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION

LA VÉGÉTATION DES TOURBIÈRES

La fertilité des sols organiques est quelquefois déficiente. Les pessières noires et les mélézins peuvent s'établir sur des sols très pauvres. Par contre, leur développement après le drainage sera insuffisant si le dépôt organique est mal alimenté en éléments nutritifs. Du point de vue hydrologique, les tourbières sont de deux types: les tourbières ombrotrophes (bogs) et les tourbières minérotrophes (fens). La première est pauvre, acide et n'est alimentée que par les pluies. Les fens pour leur part, sont alimentés par le ruissellement et par les précipitations, ce qui les rend plus riches et plus aptes à supporter la croissance d'un peuplement forestier.



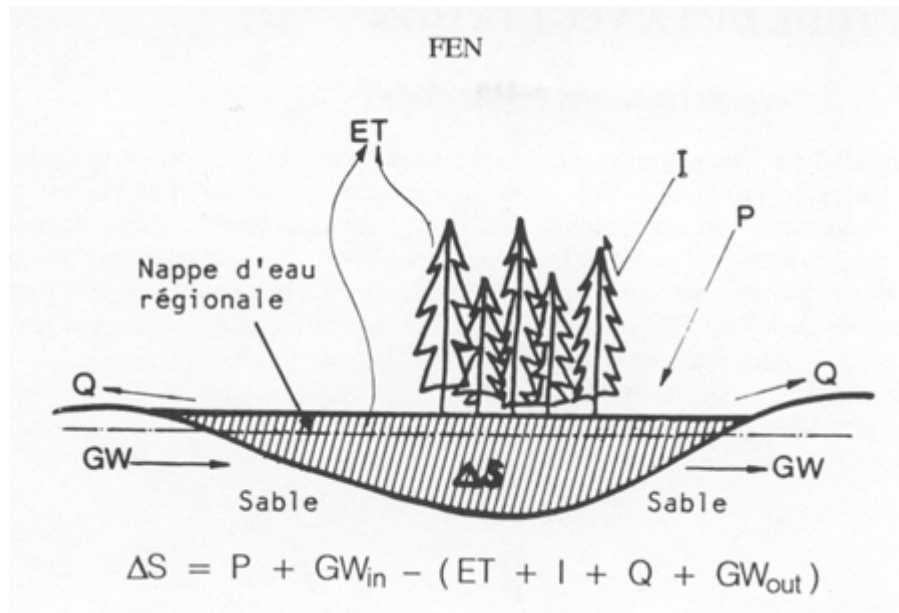
Tourbière ombrotrophe (bog)
Système clos
Contenu ionique peu élevé
PH : 3 à 5

S= eau retenue
I= interception

P= précipitation
Q= écoulement

ET= évapotranspiration
GW=circulation des eaux
souterraines

RÉFÉRENCES : Rothwell, 1986.
Schneider, 1986.



Tourbière minérotrophe (fen)
 Système ouvert
 Contenu ionique élevé
 PH : 5 à 7

S= eau retenue
 I= interception

P= précipitation
 Q= écoulement

ET= évapotranspiration
 GW= circulation des eaux
 souterraines

RÉFÉRENCES : Rothwell, 1986.
 Schneider, 1986.

La végétation est un bon indice du statut nutritif de la tourbière. Les pages qui suivent montrent quelques types de tourbières que l'on rencontre dans la partie méridionale du Québec, ainsi que les plantes indicatrices ou dominantes. Même si les tourbières du sud du Québec ressemblent à celles de la région boréale, leur composition floristique peut être très différente. Ces variations sont dues à une différence de climat. Afin d'obtenir des renseignements précis, il est suggéré de consulter les études écologiques de votre région.

Érablière rouge à bouleau gris

Pessière à sphaigne et à aulne rugueux

Pessière à némopante

Pessière à kalmia

Pineraie grise tourbeuse

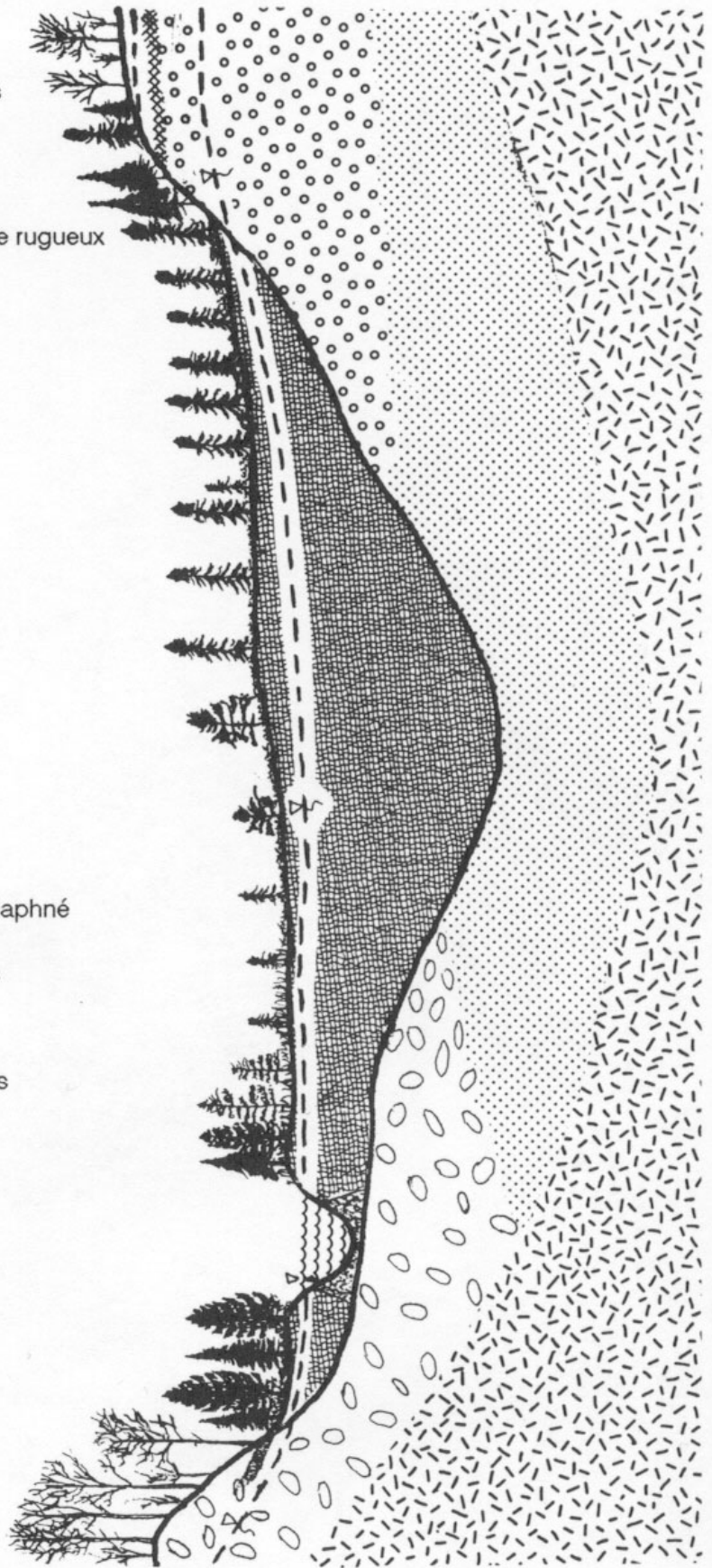
Pessière à ledum et chamaedaphné

Pessière à petites cypéracées

Mélézin à grandes cypéracées

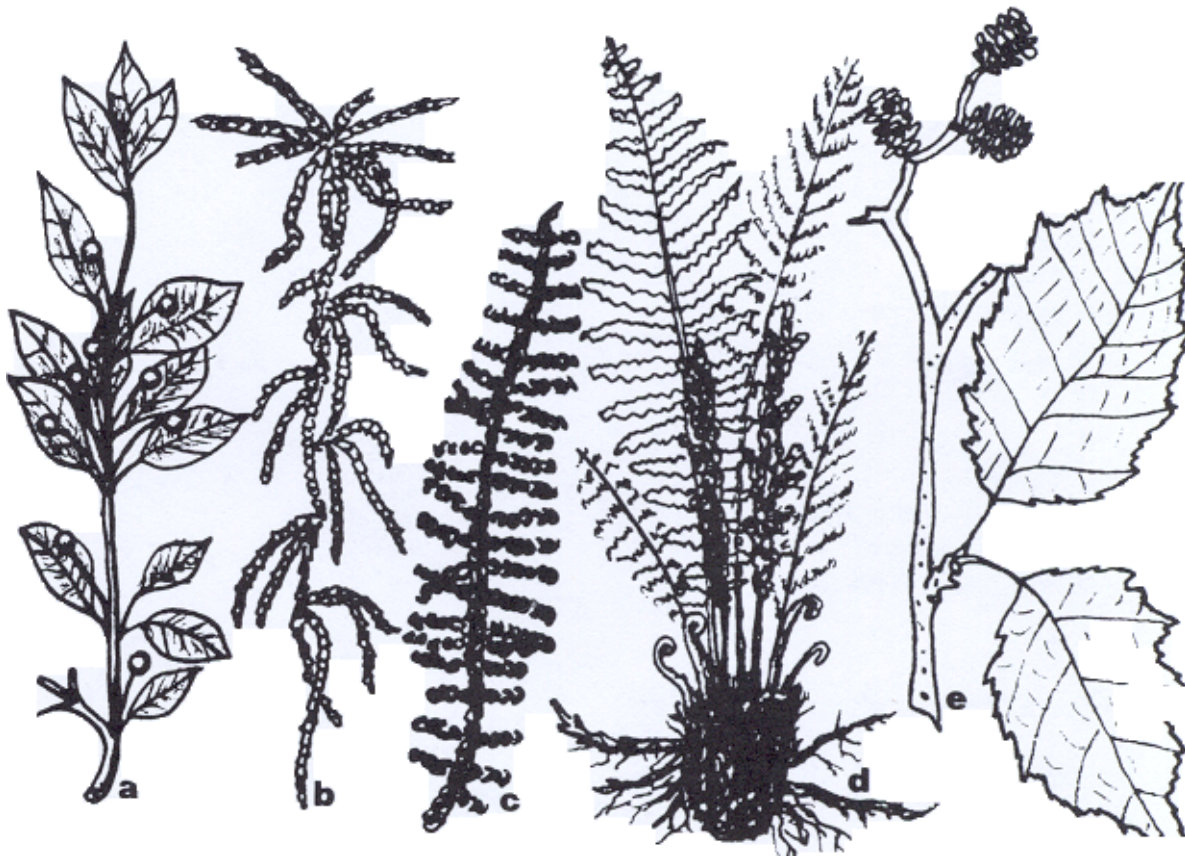
Sapinière à thuya

Cèdrière à sapin



PESSIÈRE À NÉMOPANTHE

Réaction au drainage : bonne



- a** *Nemopanthus mucronatus*
- b** *Sphagnum girgensohnii*
- c** *Ptilium crista-castrensis*
- d** *Matteuccia Struthiopteris*
- e** *Alnus rugosa*

MÉLÉZIN À GRANDES CYPÉRACÉS

Réaction au drainage : moyenne



- a** *Vaccinium angustifolium*
- b** *Carex stricta*
- c** *Sphagnum magellanicum*
- d** *Carex lasiocarpa*

PESSIÈRE À LEDUM ET CHAMAEDAPHNÉ

Réaction au drainage : faible



	a <i>Sphagnum fuscum</i>	
	b <i>Ledum groenlandicum</i>	
	c <i>Chamaedaphne calyculata</i>	
	d <i>Eriophorum spissum</i>	
	e <i>Scirpus cespitosus</i>	
	f <i>Andromeda glaucophylla</i>	

LES CONDITIONS PRÉALABLES AU TRAITEMENT

Lorsque l'on veut favoriser la croissance d'un peuplement par le drainage, on doit tenir compte des critères suivants :

LA DENSITÉ En sélectionnant les peuplements denses, on optimise l'effet du drainage en plus de favoriser l'évapotranspiration.

LE POURCENTAGE DE CIME Dans les forêts tourbeuses, les arbres ont parfois une cime déficiente. Ceux dont la cime verte occupe au moins la moitié de la hauteur ont une meilleure capacité de réaction. Les tiges qui n'ont pas de flèche terminale distincte ne constituent pas des arbres d'avenir.

LE STADE DE DÉVELOPPEMENT Les arbres de grande dimension ont de la difficulté à s'adapter à de nouvelles conditions de drainage. Il faut choisir les peuplements dont le stade ne dépasse pas le perchis (diamètre de moins de 20 cm.).

L'ÂGE Les tiges plus jeunes vont mieux réagir au drainage. Par contre, l'âge physiologique d'une tige indique mal sa capacité de réaction. Il faut plutôt se fier aux caractères précédents.

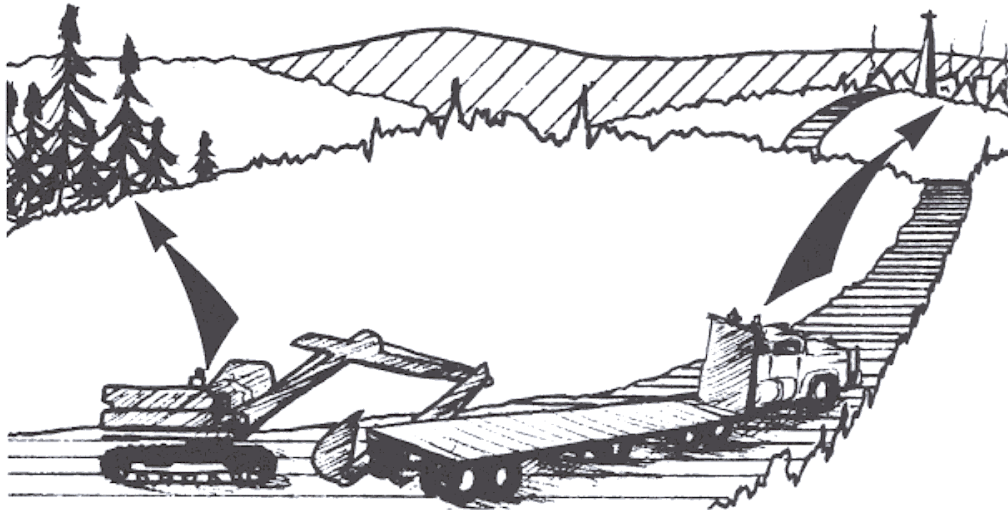
Lorsque le peuplement ne rencontre pas ces conditions, le drainage doit être combiné à d'autres traitements afin d'établir une nouvelle génération d'arbres (coupes de régénération, reboisement, etc.).



LA FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE

Le coût d'une opération de drainage dépend principalement des facteurs suivants :

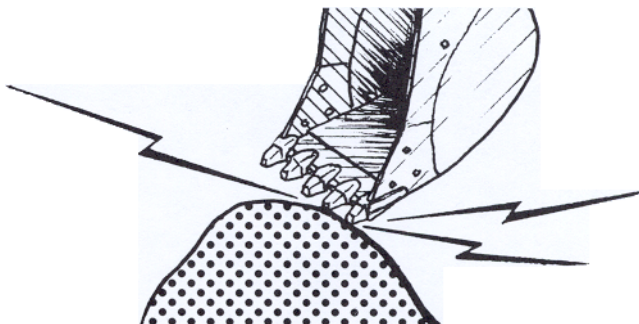
- La distance de transport de la machinerie et la facilité d'accès au site



- La dimension de la parcelle à drainer

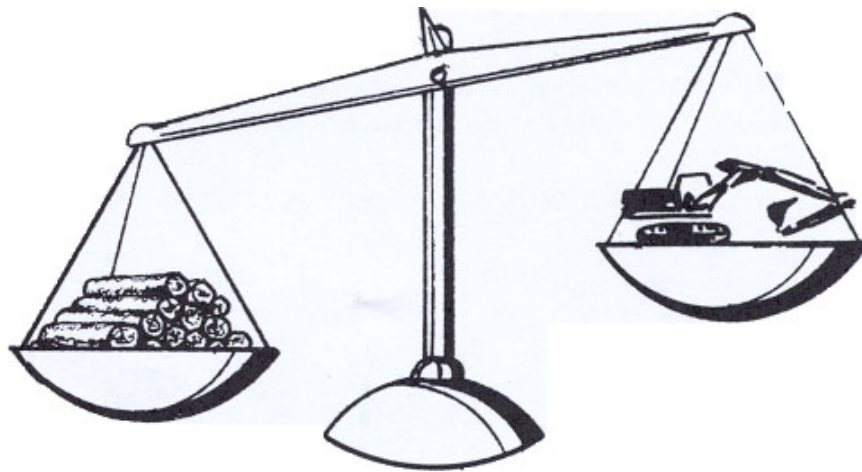


- La difficulté d'excavation du sol



- Les structures hydrauliques à construire (ponceaux, fossés, collecteurs, bassins de sédimentation, seuils, chemins d'accès)
- Les coûts d'entretien des fossés
- Le coût du déboisement des corridors
- L'intensité du drainage
- Les coûts de la sylviculture, particulièrement en milieu drainé, par exemple, les coûts liés à l'utilisation d'une machine à faible pression au sol pour le débardage
- Les coûts de la planification et du suivi.

En définitive, l'opération de drainage doit être économiquement bien fondée. Il doit y avoir équilibre entre les coûts et les revenus anticipés. Pour atteindre cet équilibre, le coût d'établissement du réseau doit se situer entre 300 \$ à 500 \$ l'hectare, selon le potentiel de production du site.



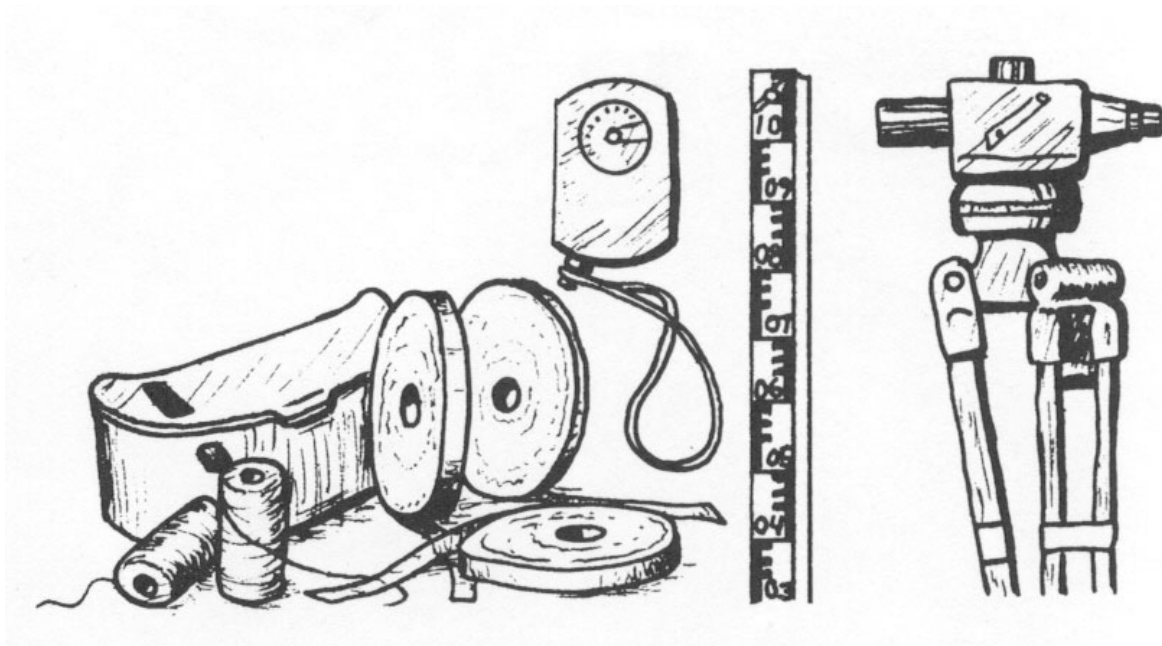
L'ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE

Lorsque la décision de drainer est positive, on procède à l'étude du relief. Cette description sera à la base du design des fossés ainsi qu'à leur disposition sur le terrain. Au cours de cette étude, les tâches suivantes sont à réaliser :

- Mesurage des courbes de niveau
- Délimitation des bassins versants
- Localisation du réseau hydrographique existant et des structures hydrauliques
- Localisation des chemins forestiers, des lignes de lot, des affleurements rocheux, des lignes téléphoniques et des conduites d'eau enfouies
- Localisation de tout élément susceptibles d'affecter la disposition des fossés (secteurs à protéger, sol trop mou...)
- Mesurage de la hauteur de la berge du cours d'eau récepteur. Cette profondeur limitera celle du fossé collecteur.

Ces renseignements vont permettre au planificateur de disposer efficacement les fossés de drainage. La topographie des fossés importants sera mesurée après qu'ils auront été marqués sur le terrain afin de guider leur excavation.

LES INSTRUMENTS NÉCESSAIRES



ÉTAPE II : LA CONCEPTION DU RÉSEAU DE DRAINAGE

Les calculs que l'on retrouve dans cette section peuvent être effectués par des logiciels prévus à cette fin et faciliter d'autant la tâche des utilisateurs.

LE DIAGNOSTIC ET LES SOLUTIONS

Cette partie du travail de planification consiste à déterminer l'origine du problème d'humidité et à trouver les solutions appropriées. Les renseignements recueillis pendant l'étude du sol vous seront très utiles.

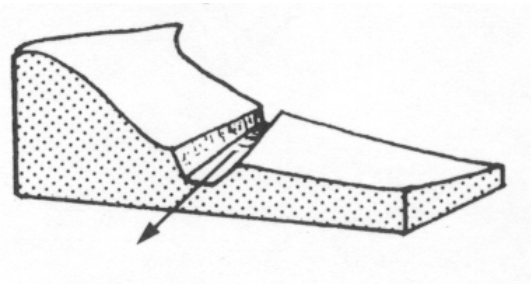
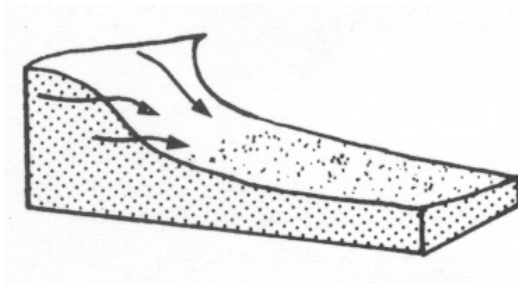
CAS OU L'EXCÈS D'EAU ORIGINE DE L'EXTÉRIEUR DE LA SUPERFICIE

PROBLÈME

Ruissellement superficiel
Mouillères
Sources

SOLUTION

Fossé de ceinture dirigé vers un cours d'eau récepteur



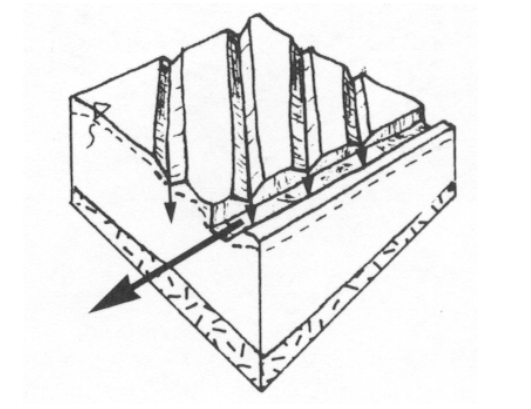
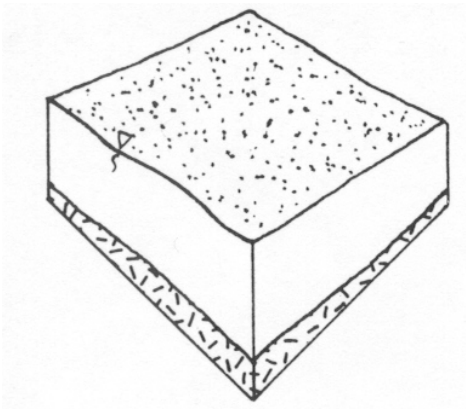
CAS OU L'EXCÈS D'EAU EST PROPRE À LA SUPERFICIE

PROBLÈME

Sol perméable profond ; toute la surface est affectée

SOLUTION

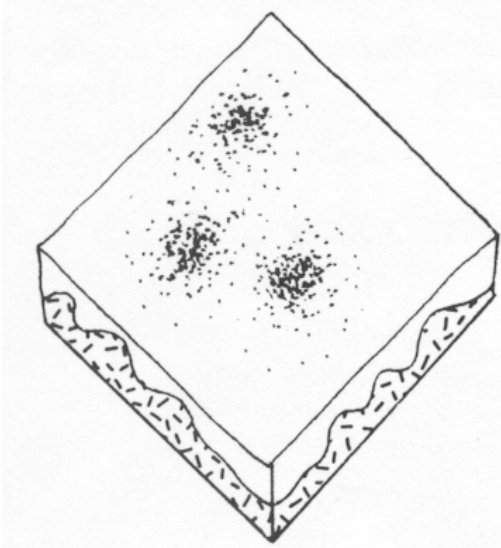
Réseau systématique de fossés



CAS OU L'EXCÈS D'EAU EST PROPRE À LA SUPERFICIE

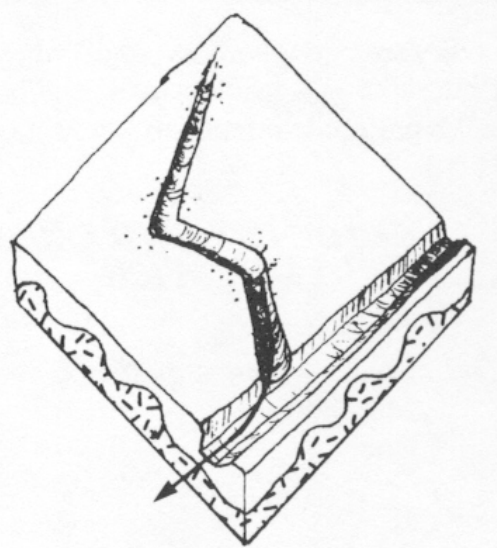
PROBLÈME

Sol perméable de profondeur variable :
présence de petites dépressions humides



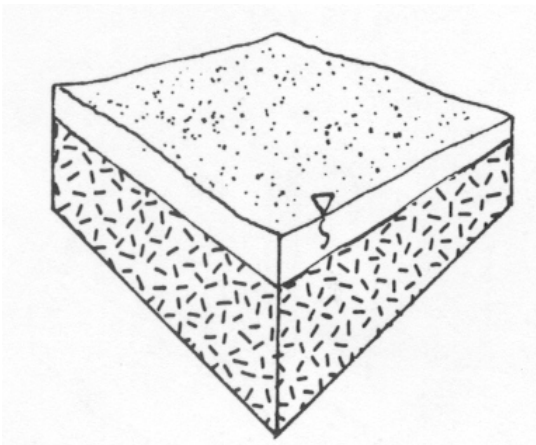
SOLUTION

Drainage partiel : Fossé qui relie les zones
humides



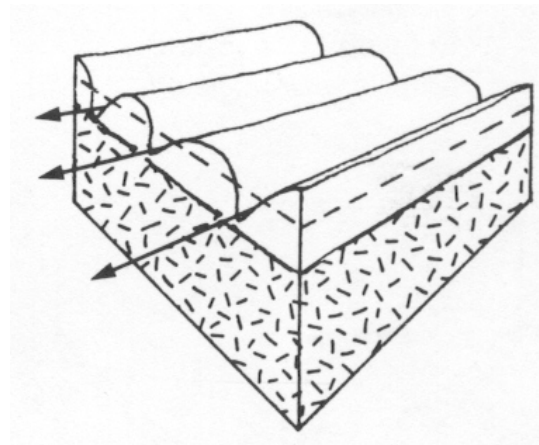
PROBLÈME

Sol perméable de moins de 50 cm. de
profondeur
Reboisement sur terrain agricole abandonné



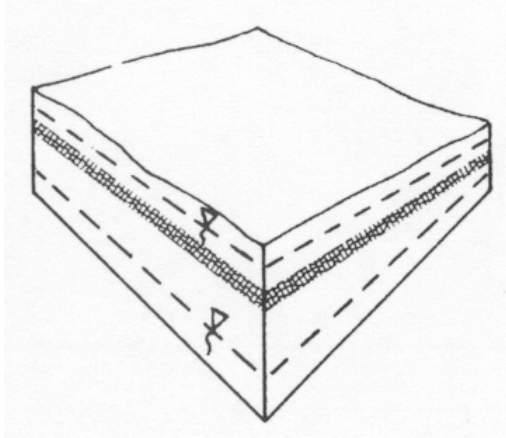
SOLUTION

Assainissement de surface par profilage de
planches rondes

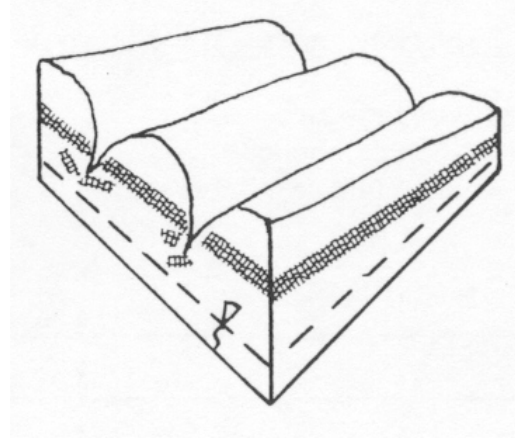


PROBLÈME

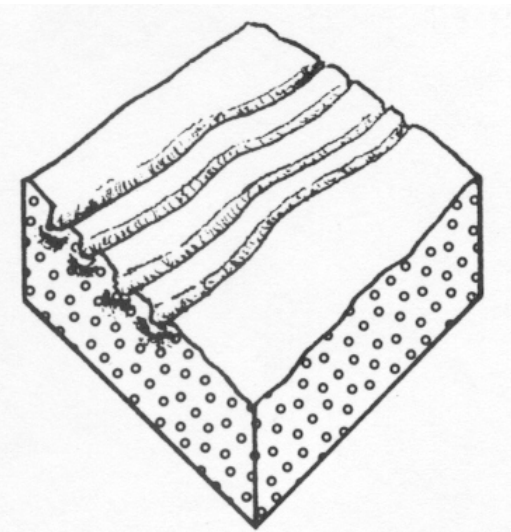
Présence d'une couche indurée à moins de 50 cm. de la surface

**SOLUTION**

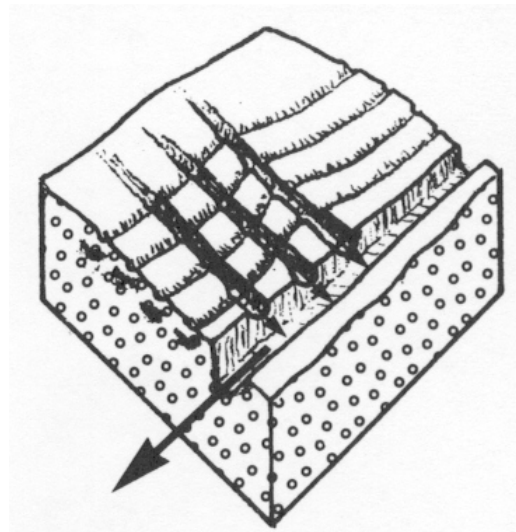
Labour complet ou sous-solage afin de briser la couche imperméable

**PROBLÈME**

Sols compactés par la machinerie d'exploitation forestière et de préparation de terrain

**SOLUTION**

Drainage de surface par fossés peu profonds



RÉFÉRENCES : Féodoroff A. et G. Guyon, 1972.

LES FOSSÉS SECONDAIRES

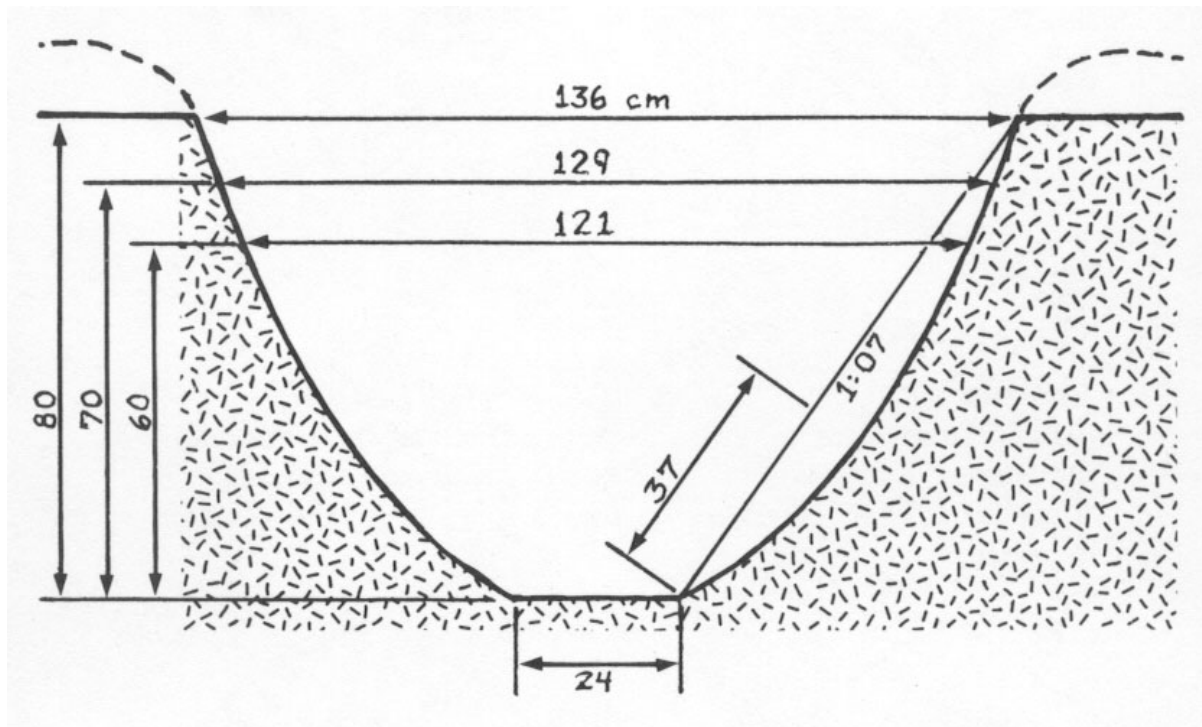
Les fossés secondaires ont pour fonction de rabattre la nappe d'eau et de recueillir le ruissellement de surface. Les propriétés physiques du sol, principalement la cohésion entre les particules, déterminent la profondeur, la forme et l'angle des talus. L'écartement ou l'espacement entre les fossés se calcule après avoir mesuré la conductivité hydraulique, c'est-à-dire la vitesse à laquelle l'eau circule dans le sol.

CHOIX DU TYPE DE SECTION

Sol organique

Section parabolique

Volume unitaire : 0.9 m³/m.

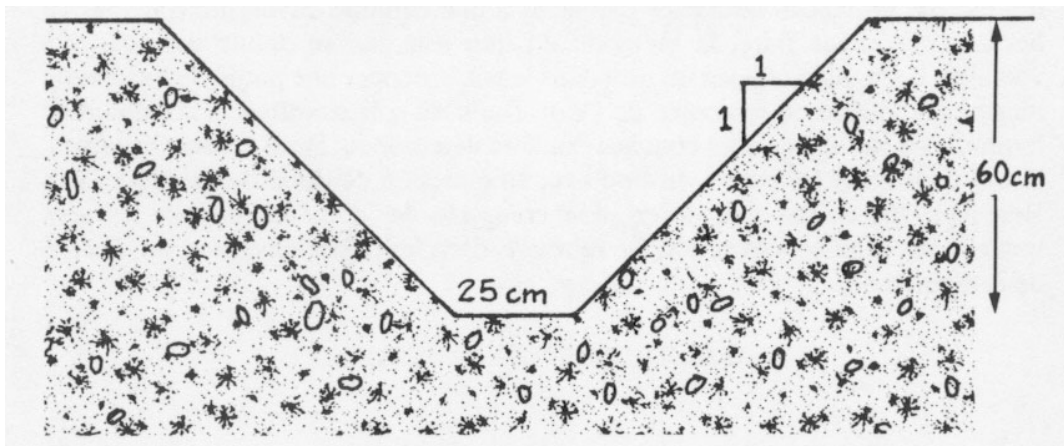


Sol minéral

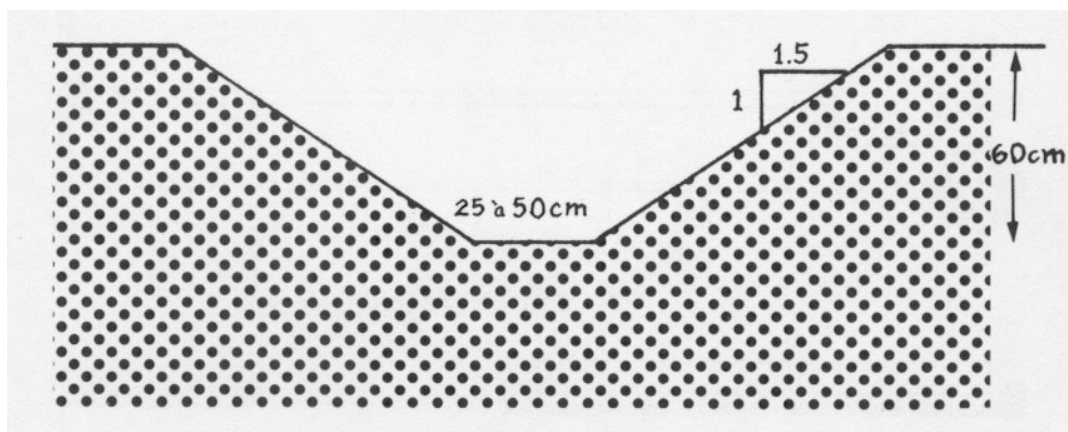
Section trapézoïdale.

L'angle des talus et la largeur du fond varient selon la texture du sol

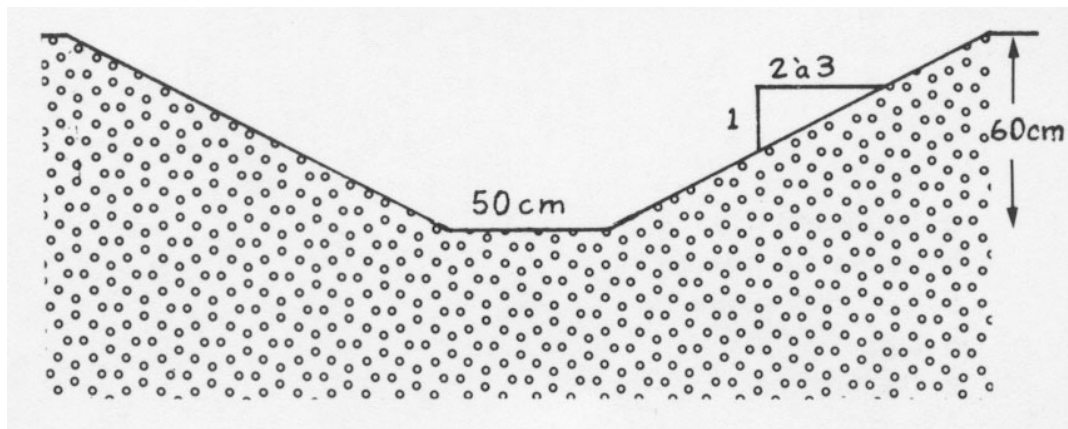
SECTION DANS LES ARGILES



SECTION DANS LES LOAMS



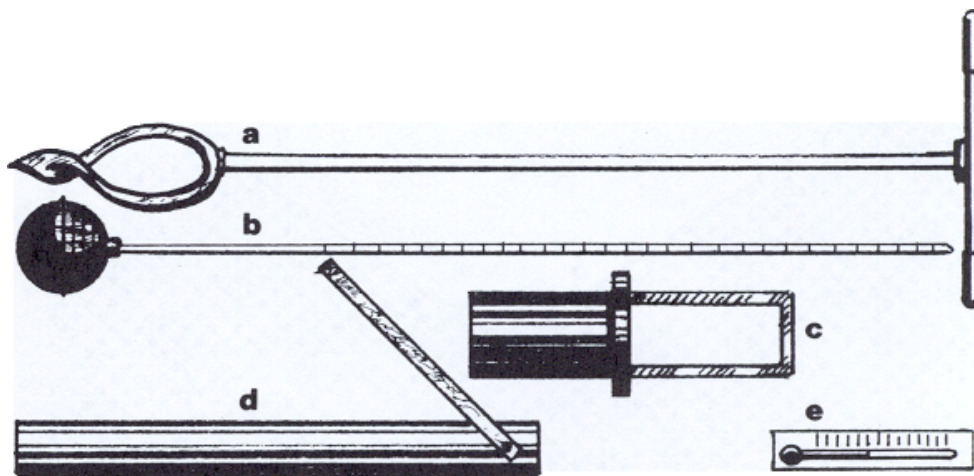
SECTION DANS LES SABLES



LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE DU SOL (K)

Se définit comme étant la vitesse apparente à laquelle l'eau circule dans un sol saturé. Il est essentiel de mesurer cette valeur sur le terrain lorsque la superficie à drainer par un réseau de fossés parallèles a une certaine envergure (plus de 10 hectares). Pour ce faire, la méthode du trou à la tarière donne des résultats valables. Il s'agit de creuser un trou dans le sol, d'écooper une partie de l'eau et de mesurer la vitesse de remontée de l'eau. Dans les sols stratifiés, la conductivité hydraulique des différentes couches doit être déterminée. Dans les sols instables, il faut consolider les parois du trou avec une section de drain de plastique. van Beers (1970) donne une description complète de la méthode pour les sols homogènes et les sols stratifiés. On retrouve, dans les pages suivantes, un résumé de cette méthode.

LES INSTRUMENTS NÉCESSAIRES



- a** Tarière de 10 cm
- b** Flotte et tige graduée
- c** Support de lecture
- d** Écope
- e** Thermomètre

FICHE DE TERRAIN

ESSAI DE PERMÉABILITÉ «K»

DATE _____ HEURE _____

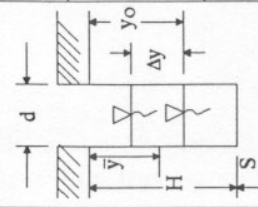
TROU N° _____
 DATE DE CREUSAGE _____

PROFIL DU SOL

Observations (texture, structure, etc.)



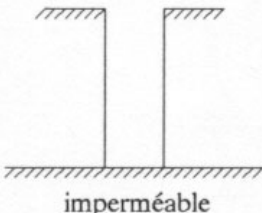
NAPPE (N)	cm	DIAM. TROU (d)	cm	H = F - N	cm	H	> 40 cm < 250 cm
FOND (F)	cm	TEMP. EAU (T)	°C	$y_0 = N - H_0$	cm	y_0	> 20 cm < 0,2H = _____ < 0,5H = _____
TEMPS (sec.)	HAUTEUR D'EAU (cm)	REMARQUES					
0	(H_0)						
		$\Delta Y = \frac{y_0}{4} = \frac{\quad}{4} = \quad$ cm $\Delta T = \quad$ sec $\bar{y} = y_0 - \frac{1}{2} \Delta Y = \frac{1}{2} \Delta Y = \quad$ cm $\frac{d}{10\text{cm}} = \frac{1}{2} = \quad$ cm $H' = \frac{H}{dx} = \quad$ cm $\bar{y}' = \frac{\bar{y}}{dx} = \quad$ cm C = _____					
		$K_T = C \times \frac{\Delta Y}{\Delta T} = \quad \times \quad = \quad$ m/j $K_{5^\circ C} = K_T \times F = \quad \times \quad = \quad$ m/j					
		SIGNATURE :					

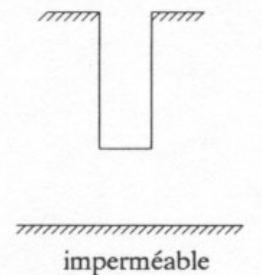


NOMBRE D'ESSAIS NÉCESSAIRES

- Surface de moins de 20 ha : 5 premiers ha : 3
5 ha additionnels : 1
- Surface de plus de 20 ha : 20 premiers ha : 6
6 ha additionnels : 1

CALCUL DU COEFFICIENT C

◦ Si  $C = \frac{9 \times 10^4}{(H+50)(2 - y/H)y}$

◦ Si  $C = \frac{10^5}{(H+100)(2 - y/H)y}$

FACTEURS DE CORRECTION DE K POUR LA RAMENER À CELLE DE 5°C (valeur standard de référence)

Temp. de l'eau	Facteur	Temp. de l'eau	Facteur
4	1.03	12	0.81
5	1.00	14	0.77
6	0.97	16	0.73
8	0.91	18	0.70
10	0.86	20	0.66

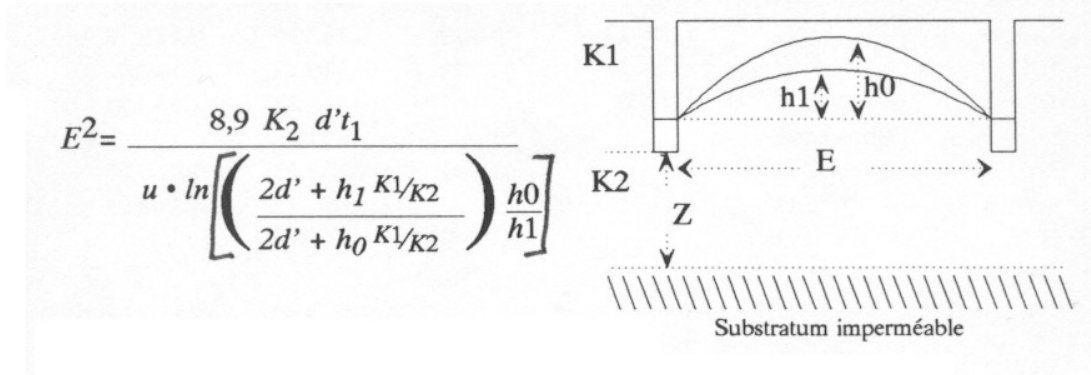
VALEUR DE K : INDICATIONS GÉNÉRALES (m/j)					
Structure Texture	Massive	Lamellaire	Prismatique	Polyédrique angulaire	Polyédrique granulaire
A	-0.05	-0.05-.24	-0.05-.04	-0.05-4.27	.04-1.83
L-Li-A	.04	-0.05-.24	-0.05-.24	0.4-1.83	.12-1.83
L-A	.12	.04-1.2	.04-.12	.12-1.83	.12-1.83
L-Li	.24	.12-.24	.04-.24	.12-1.22	.24-1.22
L	.61	.12-.61	.24-.61	.61-1.83	.63-1.83
	particulaire				
L-S	1.22	.24-1.22	.61-1.22	1.22-1.83	1.22-7.27
S-L	1.83			1.22-1.83	1.83-4.27
S	4.27				
S-gr	45.72				

VALEURS DE K : SOLS ORGANIQUES (TOURBE DE SPHAIGNE)			
Degré de décomposition	K (m/j)	Profondeur (cm)	K (m/j)
1	1.90	0-10	1.45
2	0.91	10-20	0.46
4	0.29	20-30	0.08
6	0.09	30-40	0.04
8	0.03	40 +	0.03
10	0.009		

RÉFÉRENCES : van Beers, 1958
Luthin, 1978
Lagacé, 1978
Päivänen, 1979

LE CALCUL DE L'ESPACEMENT

L'espacement varie surtout en fonction de la perméabilité du sol, de la profondeur de sol perméable et de la vitesse de rabattement désirée. Le modèle de Guyon peut être utilisé pour calculer l'espacement :



$$E^2 = \frac{8,9 K_2 d' t_1}{u \cdot \ln \left[\left(\frac{2d' + h_1 K_1/K_2}{2d' + h_0 K_1/K_2} \right) \frac{h_0}{h_1} \right]}$$

- E = Espacement (m)
- K1 = Conductivité hydraulique dans la zone des fossés (m/j)
- K2 = Conductivité hydraulique sous les fossés (m/j)
- t1 = Période unitaire du rabattement = 1 jour
- h0 = Hauteur de la nappe au-dessus du niveau de l'eau dans le fossé à t=0. (m)
- h1 = Hauteur de la nappe au-dessus du niveau de l'eau dans le fossé t=t1 (m)
- Z = Profondeur du substratum imperméable sous les fossés (m)
- u = Porosité de drainage
- d' = Profondeur équivalente de drainage si Z > 0

Valeurs estimées de la porosité de drainage (u)			Calcul de la profondeur équivalente de drainage	
K(m/j)	Argile	Sable	$d' = \frac{Z}{1 + \frac{8Z}{\pi E} \ln \frac{Z}{P}}$	
0.1 < K < 0.5	.02-.03	.03-.05	où P= périmètre mouillé	
0.5 < K < 1.0	.03-.05	.05-.08		
1.0 < K < 5.0	.04-.06	.08-.10		
K > 5.0	.05-.07	.10-.12		
Sol organique : u=0.15				

L'espacement est déterminé par itération en donnant la valeur Z à d' pour le premier calcul si Z est plus grand que 0.

Si Z = 0

$$E^2 = 4,8 \frac{K}{u} t_1 \frac{h_0 h_1}{(h_0 - h_1)}$$

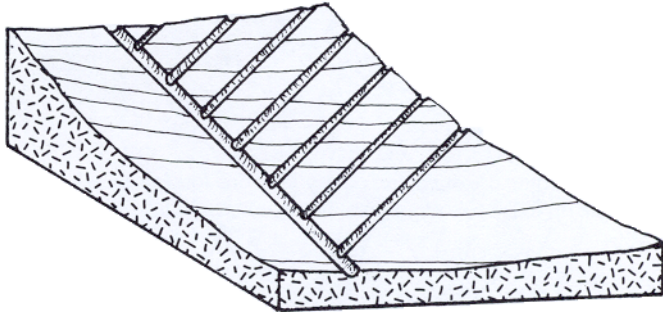
Conditions initiale :

- nappe à 20 cm. de la surface
- vitesse de rabattement : 5 cm/j

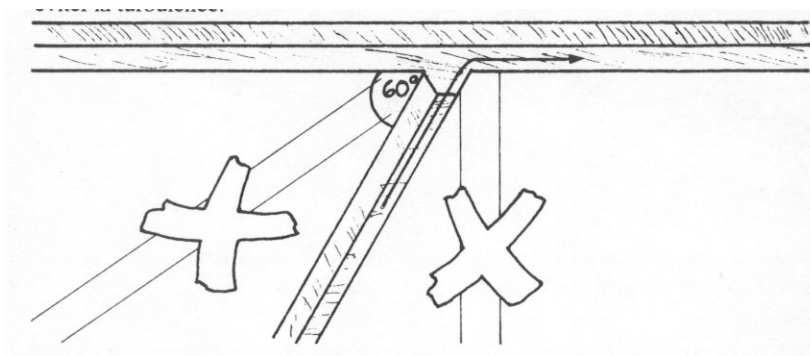
RÉFÉRENCES : Lagacé, 1987.

LA DISPOSITION DES FOSSÉS

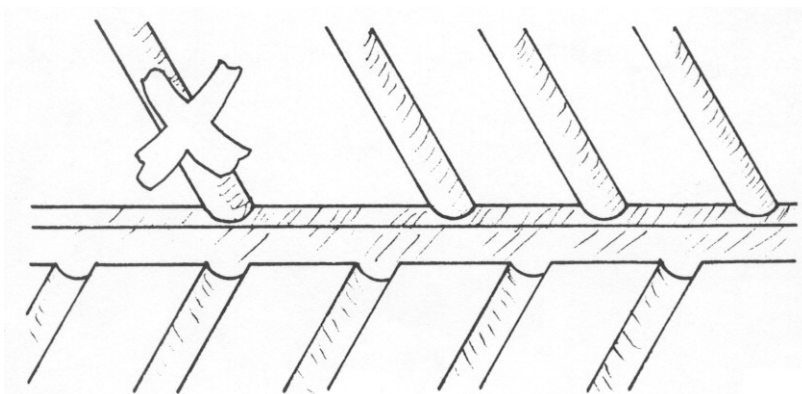
Les fossés secondaires doivent être parallèles et disposés de manière à couper la direction de la pente, en tenant compte des obstacles existants.



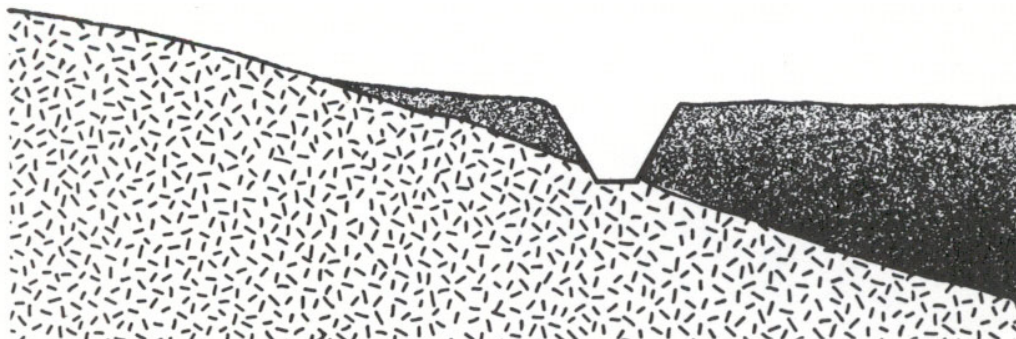
La jonction entre deux fossés se faire en angle légèrement aigu, de manière à éviter la turbulence.



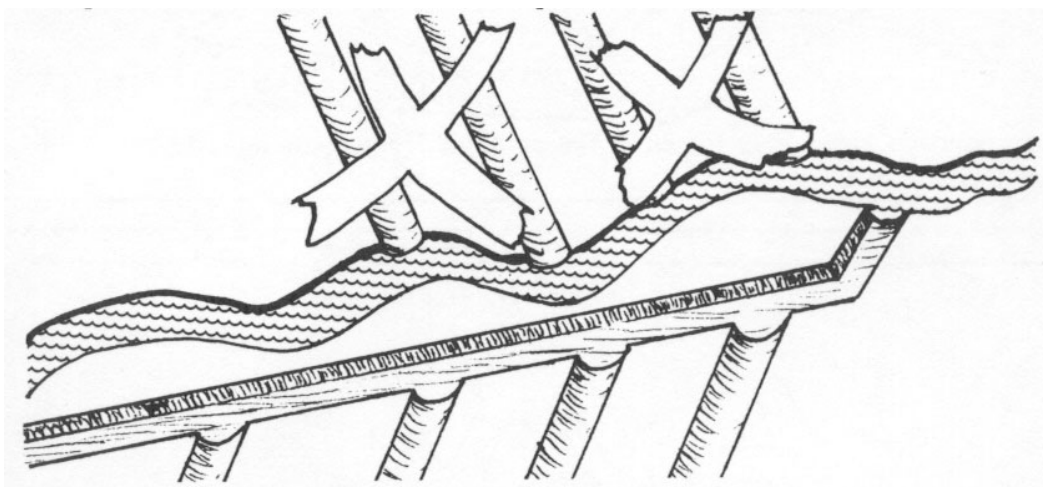
Sur un fossé principal, éviter de relier deux fossés secondaires au même point.



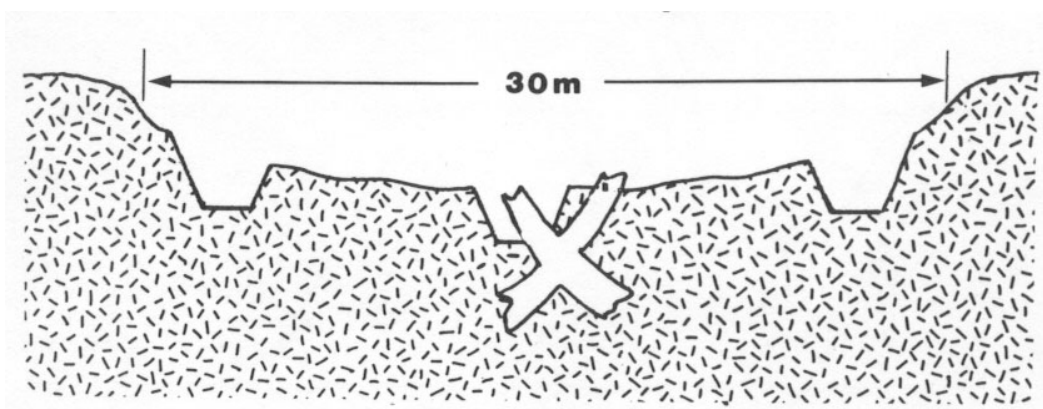
Les fossés de ceinture sont disposés en bordure de la zone humide. S'assurer que le fond touche le sol minéral.



Éviter de recreuser un cours d'eau naturel ou d'y jeter des fossés secondaires. Il faut plutôt construire un fossé collecteur parallèle au cours d'eau.



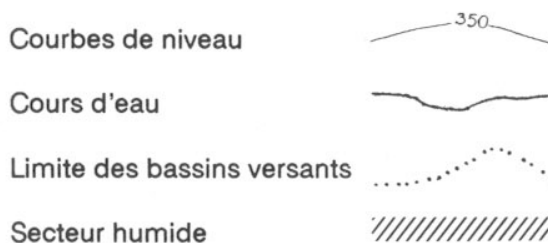
Les secteurs humides étroits seront mieux drainer avec deux fossés de ceinture plutôt qu'avec un seul fossé situé au centre de la dépression.



LES FOSSÉS COLLECTEURS

LE BASSIN VERSANT ET LES DÉBITS DE POINTE

Pour déterminer la dimension du fossé principal, on doit connaître le débit qu'il aura à évacuer. Pour ce faire, il faut d'abord déterminer la superficie du bassin versant en amont. Un bassin versant est une surface de terrain dont les eaux de ruissellement se concentrent en un seul point, dans sa partie la plus basse. La délimitation des bassins versants s'effectue à l'aide des courbes de niveau et des photographies aériennes.



Parmi les éléments du bilan hydrique, seul le ruissellement superficiel compte dans le calcul des débits de crue. Les autres formes d'écoulement sont négligeables. L'intensité des pluies dépend de la période de récurrence. En hydrologie, c'est la période qui sépare deux précipitations d'une intensité donnée. Plus cette période est longue, plus la précipitation sera importante. En d'autres termes, la plus forte pluie qui survient sur une période de 20 ans sera probablement plus grande que la plus forte pluie qui survient annuellement. En milieu forestier, cette période est de 2 à 5 ans. Pour les ponceaux, on choisit 20 ans, en raison de risques économiques plus élevés.

$$Q = \frac{A \cdot C \cdot H}{57(5,28 \cdot S)^{-0,43} Pf^{0,27}}$$

Q = débit de pointe (m³/s)

A = superficie du bassin versant (km²)

S = pente du cours d'eau (m/km)

Pf = pourcentage de superficie du bassin versant en forêt

H = précipitation totale pour un temps de concentration et pour une récurrence donnés. Le temps de concentration est la période de cheminement d'une goutte d'eau entre le point le plus éloigné hydrauliquement et l'exutoire. Ce temps est de 6 heures pour les bassins versants de moins de 12 km². Les hauteurs de précipitation sont trouvées en se référant à la publication MP-51 du ministère de l'Environnement.

C = Coefficient de ruissellement. Cette valeur représente le quotient de la lame d'eau qui ruisselle à la surface du sol par rapport à la lame d'eau totale accumulée lors de la précipitation :

$$C = 1 - [a+b+c] \text{ où}$$

a = facteur de topographie

Terrain plat, pente 0,2 à 0,6 m/km	0.30
Terrain vallonné, pente de 2 à 4 m/km	0.20
Terrain montagneux, pente de 25 à 50 m/km	0.10

b = Facteur de sol

Argile compacte, imperméable	0.10
Mélange moyen d'argile et de loam	0.20
Loam sableux bien aéré	0.40

c = Facteur de couvert végétal

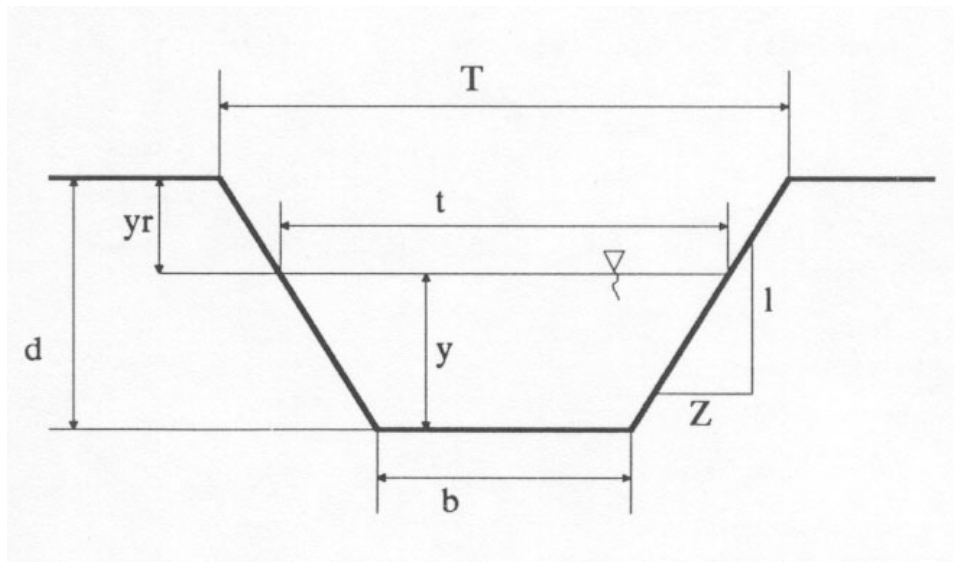
Terrains cultivés	0.10
Forêt	0.20

Le coefficient de ruissellement est calculé pour chaque partie homogène du bassin versant de manière à déterminer une valeur pondérée.

RÉFÉRENCES : MAPAQ, 1986

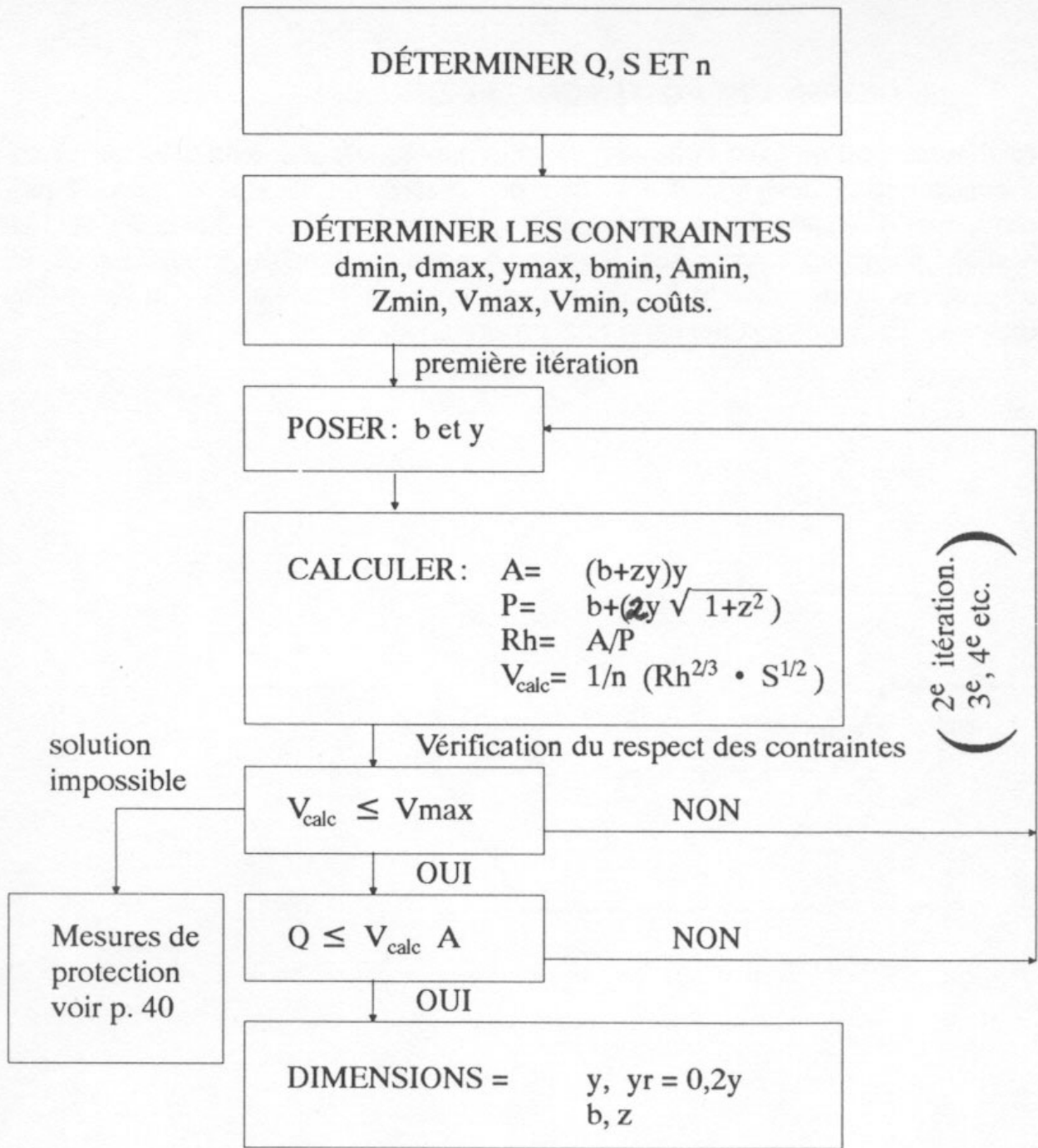
LE DESIGN DES FOSSÉS COLLECTEURS

La dimension d'un fossé collecteur est déterminée en fonction du débit qu'il aura à évacuer. Son design doit respecter des critères de stabilité et ne doit pas provoquer d'érosion. La méthode qui suit est itérative, c'est-à-dire que l'on doit d'abord poser des hypothèses de dimensionnement et vérifier, par la suite, le respect des contraintes du terrain. La meilleure solution est celle qui respecte toutes les contraintes et qui est la plus économique.



- b = largeur au fond
- d = profondeur du cours d'eau
- y = profondeur d'écoulement
- y_r = revanche
- S = pente du cours d'eau (m/m)
- Z = angle des talus
- A = section d'écoulement
- P = périmètre mouillé
- R_h = rayon hydraulique
- n = coefficient de rugosité
- V = vitesse d'écoulement
- Q = débit du bassin versant (m^3/s)

Pour n et V_{max} , voir p. 39



VITESSES MAXIMALES RECOMMANDÉES PAR FORTIER ET SCOBAY

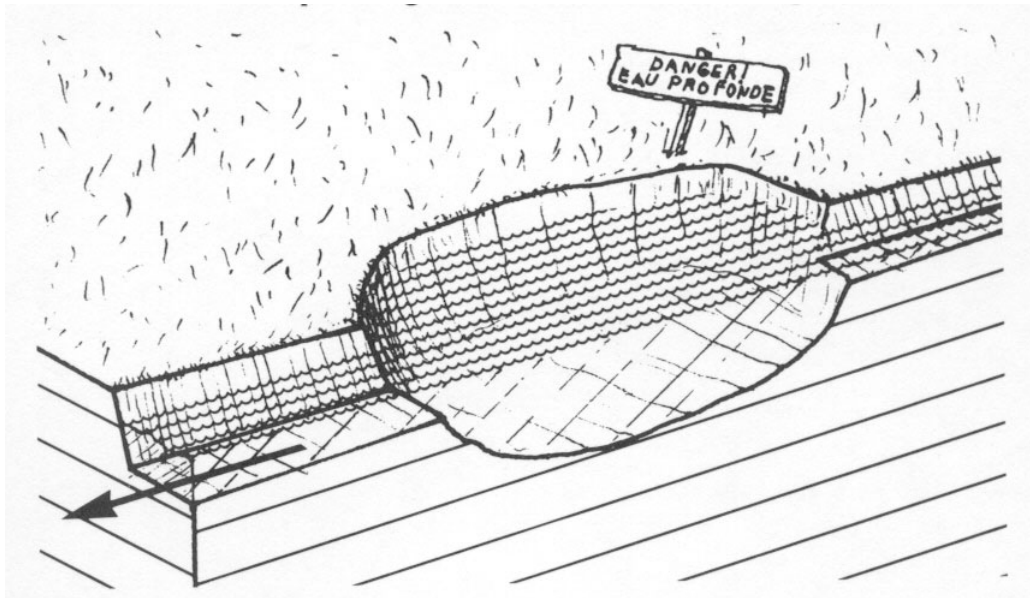
Nature du lit	Coeff. de rugosité n	Eau claire m/s	Eau avec colloïdes m/s
Sable fin cohésif	,020	0,45	0,76
Loam sableux non cohésif	,020	0,53	0,76
Loam limoneux non cohésif	,020	0,61	0,91
Limons alluvionnaires non cohésifs	,020	0,61	1,07
Loam ferme	,020	0,76	1,07
Argile dure, très cohésive	,025	1,15	1,50
Limons alluvionnaires cohésifs	,025	1,15	1,50
Schistes argileux et sols compacts	,025	1,80	1,80
Gravier fin	,020	0,75	1,50
Loam pierreux non cohésif	,030	1,15	1,50
Loam pierreux cohésif	,030	1,20	1,70
Gravier grossier	,025	1,20	1,80
Cailloux et galets	,035	1,50	1,70

RÉFÉRENCES : Lagacé, 1979. MAPAQ, 1986

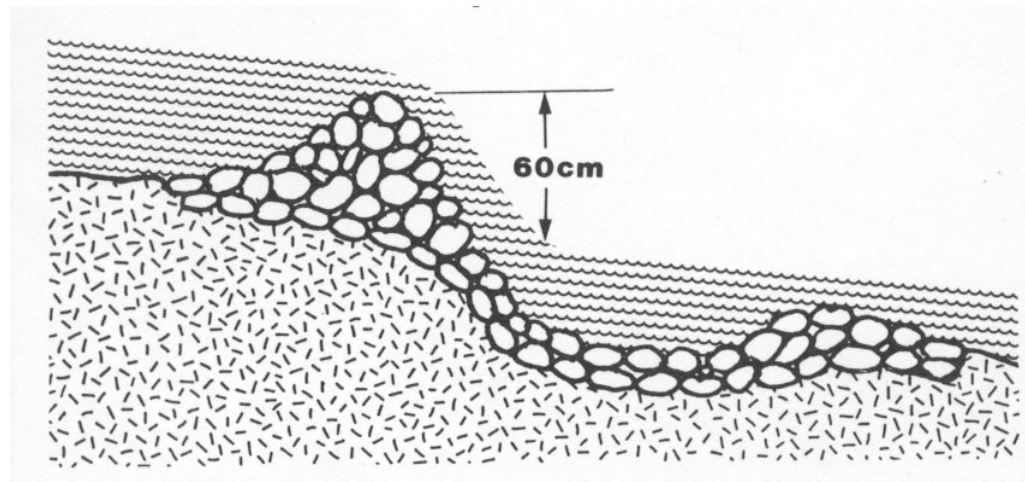
LES INFRASTRUCTURES DE PROTECTION

Ces constructions visent à empêcher l'érosion des fossés ainsi qu'à diminuer dans la mesure du possible, les impacts des travaux sur la qualité de l'eau.

Le bassin de sédimentation récupère les matières mises en suspension au cours des travaux. Il faut inspecter régulièrement le bassin et le vidanger au besoin.



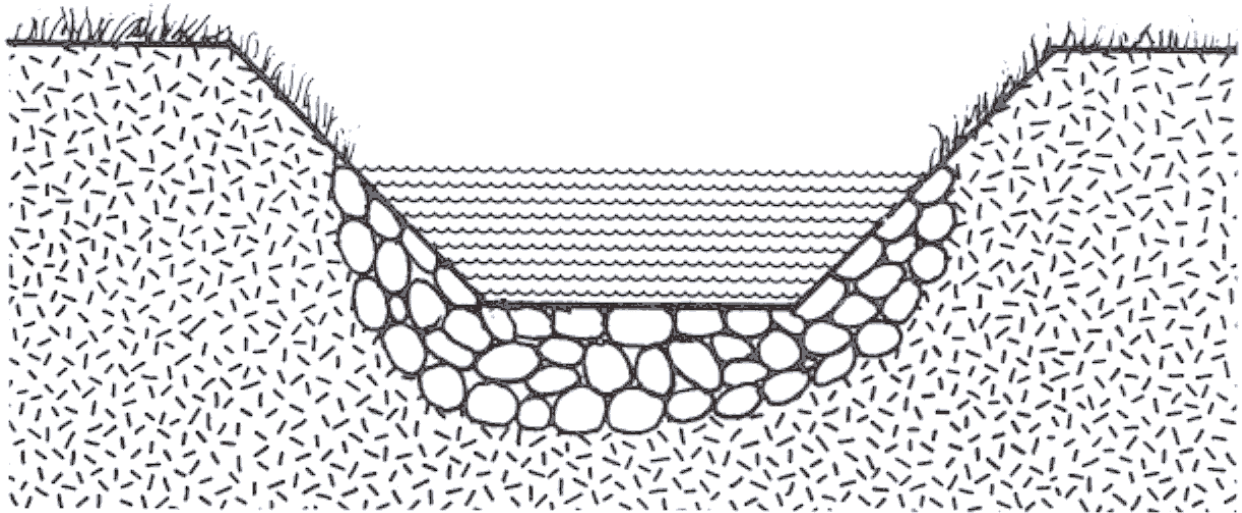
Les seuils sont des aménagements prévus pour diminuer la vitesse d'écoulement de l'eau. Ils sont faits de bois ou de pierre.



RÉFÉRENCES : MAPAQ, 1986 Binesse, M. 1983.

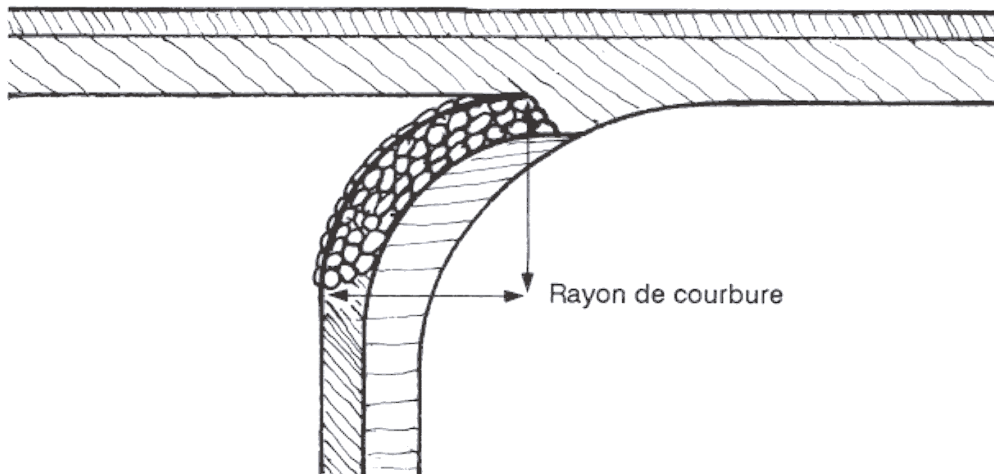
Les talus instables et les pentes fortes doivent être enrochés. La portion située au-dessus du périmètre mouillé doit être ensemencée.

Vitesse de l'eau (m/s)	Diamètre des pierres (cm)
2	3
3	5
4	7
5	10



Les courbes raides des cours d'eau importants sont enrochées. Les jonctions à angle droit doivent être protégées.

Largeur d'ouverture du cours d'eau (m)	Rayon de courbure minimal sans protection (m)
5	100
5 à 10	150 à 200

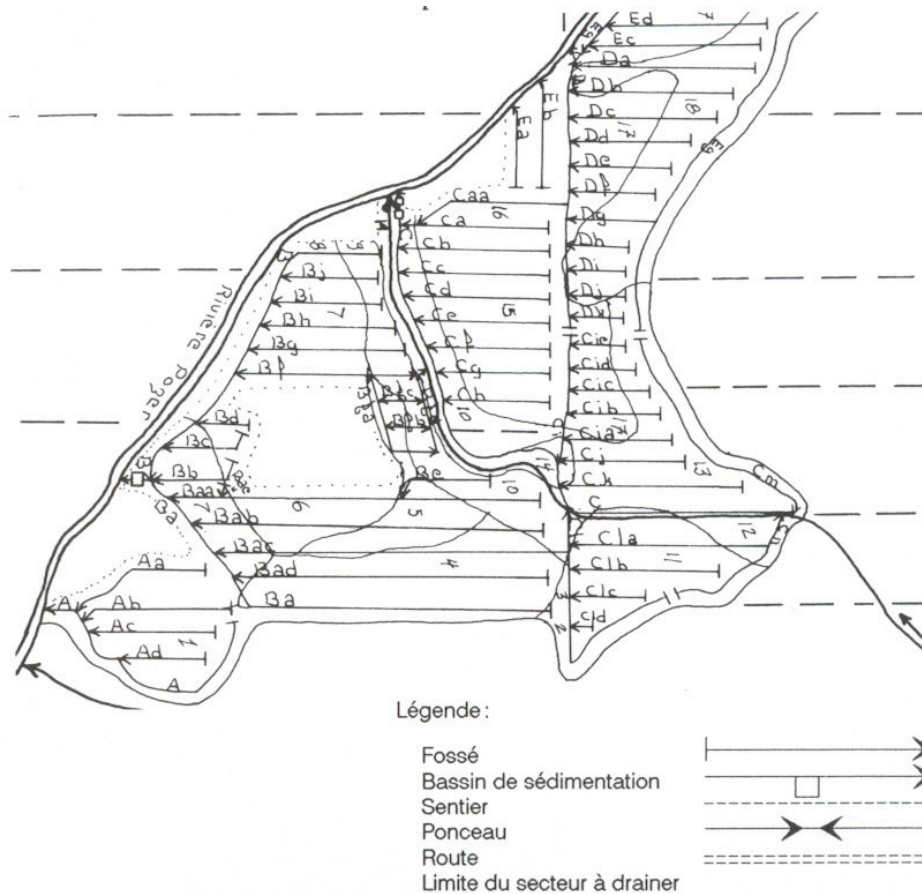


LA MISE EN PLAN ET LES RÈGLEMENTS À RESPECTER

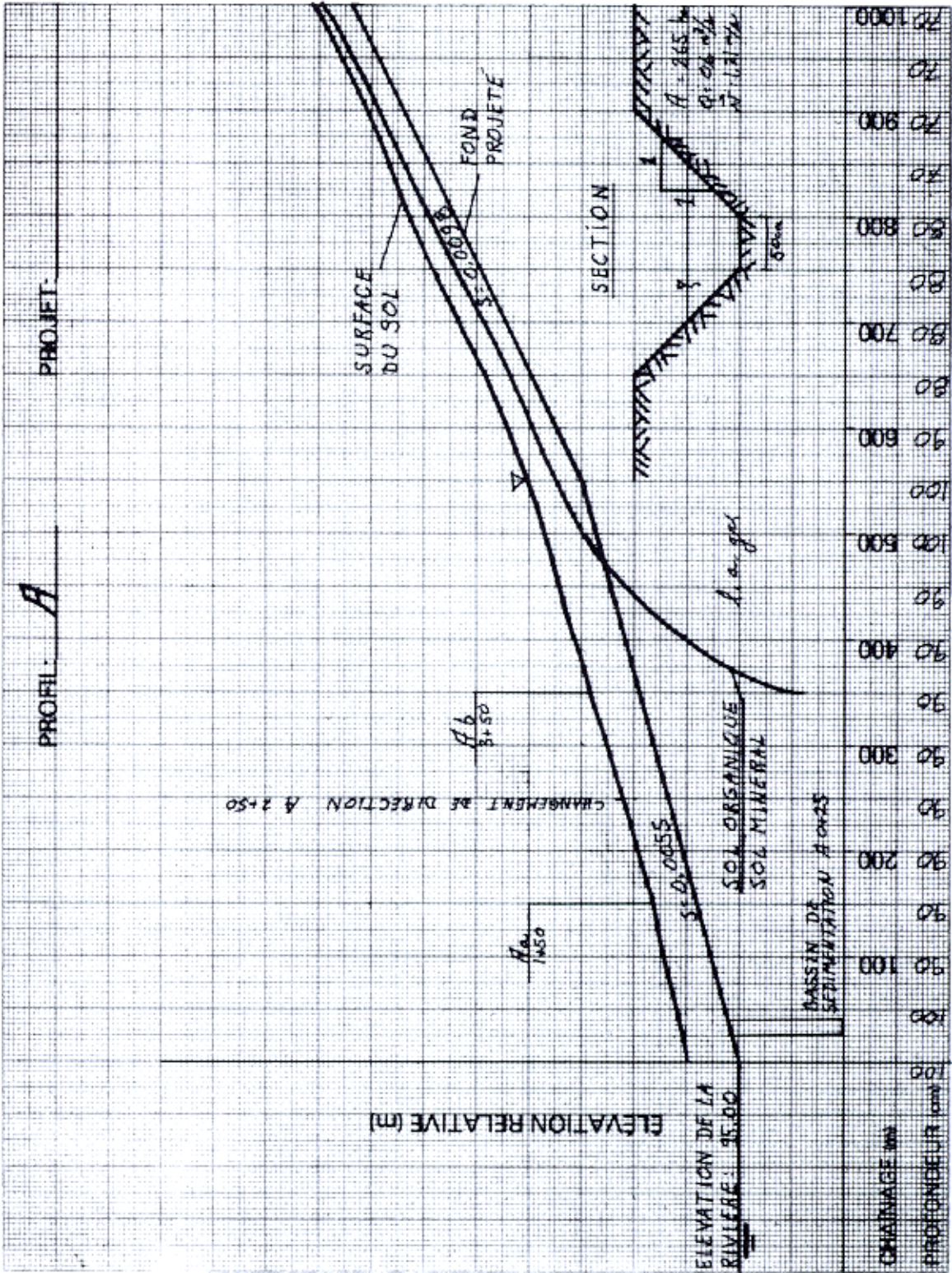


LE PLAN

Les données recueillies, les calculs et la localisation des constructions doivent être résumés dans un document simple.



LE PROFIL



LA LISTE DES TRAVAUX À EFFECTUER

No du fossé ou localisation	longueur m	profondeur m	Section	Volume m3
C	1050	1,20	Voir profil	2635
Ca	245	90	Parabolique	220
Cb	250	90	Parabolique	225
Cc	260	90	Parabolique	235
Cd	260	90	Parabolique	235

LES LOIS ET LES RÉGLEMENTS À RESPECTER

Les travaux de drainage touchent les ressources hydriques ainsi que les milieux humides. Les législations actuelles réglementent donc indirectement ces interventions puisqu'elles ont pour objectif de protéger ces ressources. Il faut obtenir des autorisations auprès des organismes suivants :

- Municipalités régionales de comté : Règlements relatifs à la protection des berges ou à la protection de certains milieux humides.
- Ministère de l'environnement : Un certificat d'autorisation est requis avant de procéder à des travaux de drainage. Pour les travaux de grande envergure, on peut avoir à réaliser une étude d'impact.
- Municipalité : Réglementation municipale, lorsque les travaux impliquent plusieurs propriétaires.

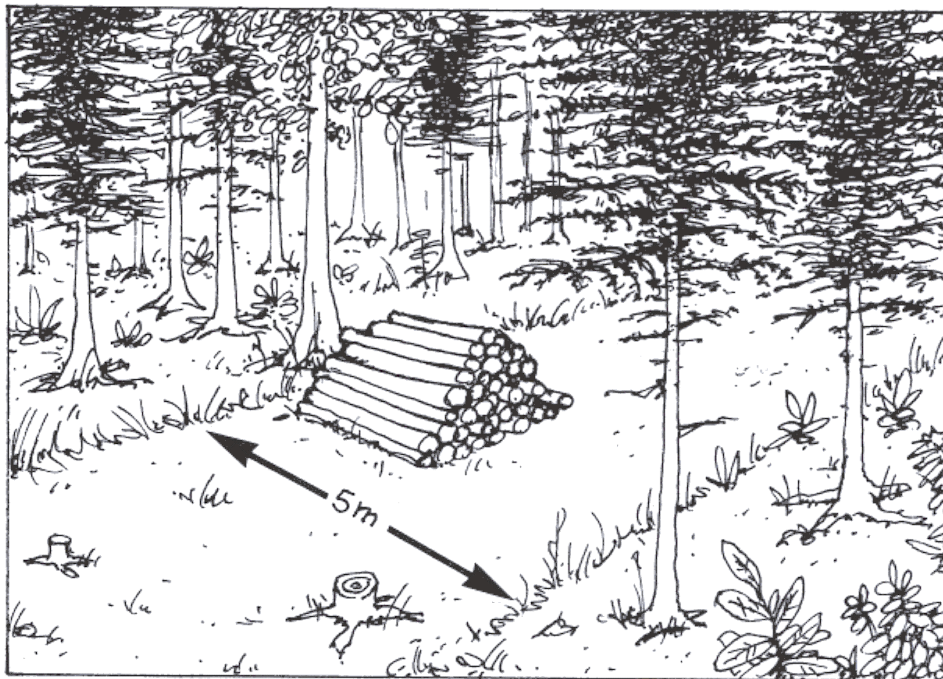
RÉFÉRENCE : MAPAQ, 1975

ÉTAPE III : LA RÉALISATION DES TRAVAUX

LA PRÉPARATION DU CHANTIER

Les tâches suivantes sont à réaliser en vue de préparer un chantier aux travaux d'excavation :

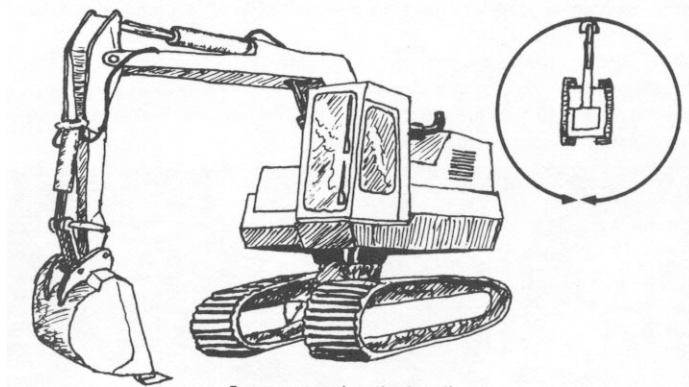
- Marquage des fossés avec du ruban de couleur
- Abattage de l'emprise des fossés et vidange des bois. L'emprise a une largeur de 5 m. Il faut prévoir également des corridors de déplacement pour la machinerie aux extrémités des fossés.



- Jalonnement des fossés et identification du chaînage. Cette opération permet de guider efficacement le travail de la machinerie.
- Établissement de repères altimétriques lorsqu'on utilise un système de guidage Laser.
- Planification des déplacements et des sites d'approvisionnement en carburant.

LES ÉQUIPEMENTS DE DRAINAGE

Les appareils à utiliser sont de petites dimensions afin de minimiser la pression au sol et de pouvoir opérer dans des corridors de largeur restreinte.



Les excavatrices hydrauliques

Poids : jusqu'à 25 t.
Pression au sol : 20 à 50 kPa
Capacité de production : 75 à 125 m³/h.
Usage : Fossés de grande dimension
Sols difficiles à excaver

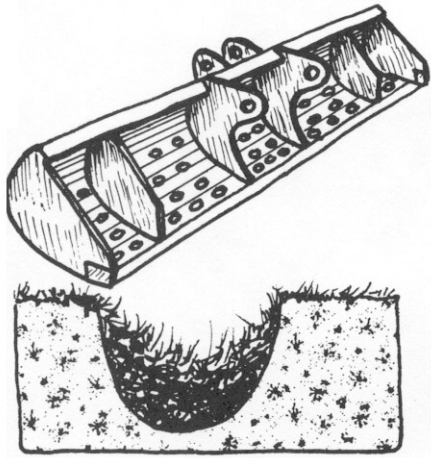


Les rétrocaveuses sur chenille

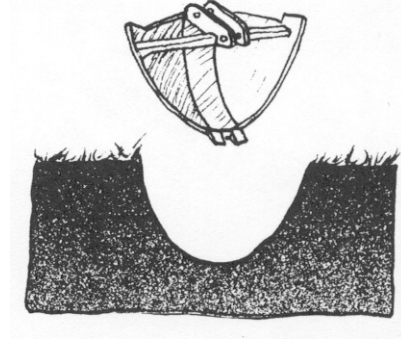
Poids : 8 à 9 t.
Pression au sol : 20 kPa
Capacité de production : 75 à 100 m³/h
Usage : Sols organiques
Terrains difficiles d'accès

LES GODETS

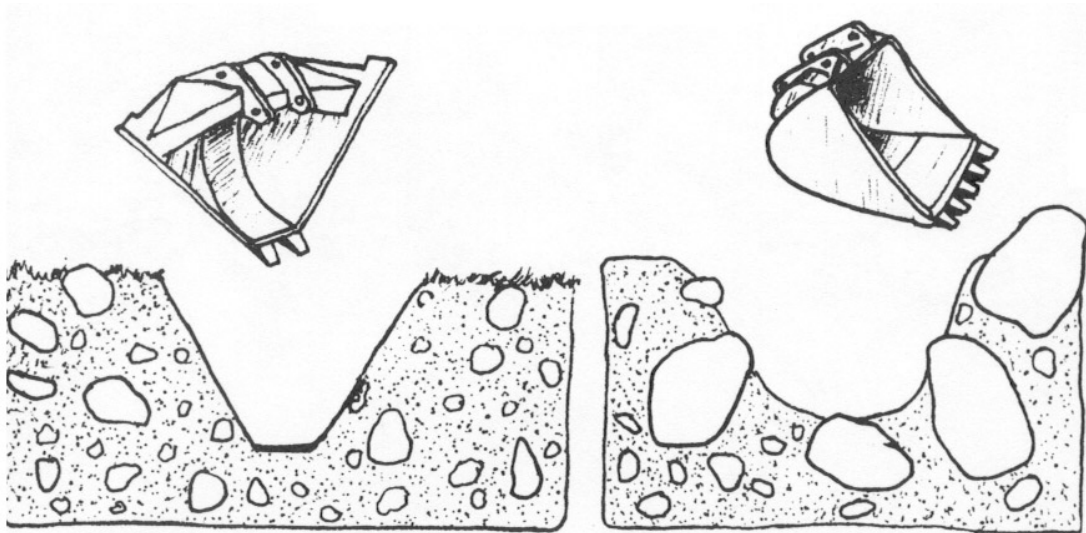
Opérations d'entretien : Excavation latérale



Sols organiques : Excavation longitudinale

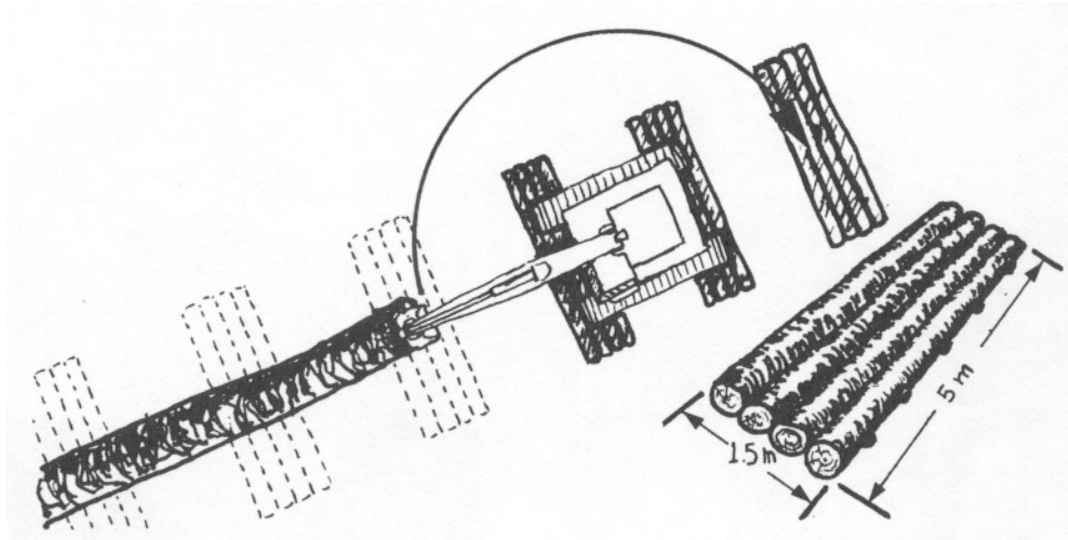


SOL MINÉRAL
Excavation longitudinale

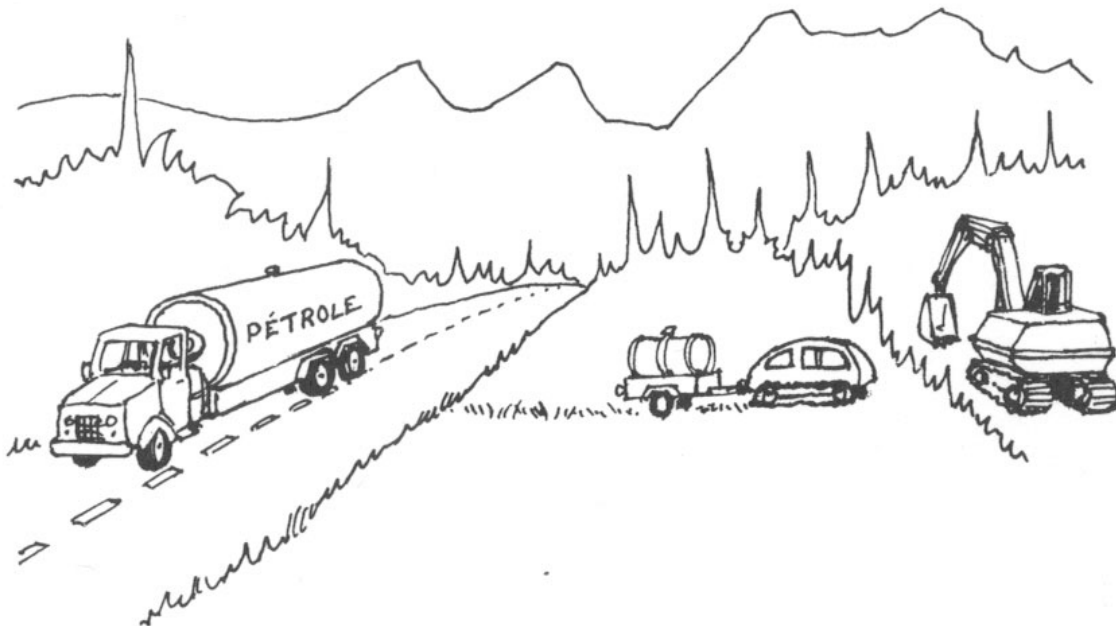


LES MATELAS

Ce sont des pièces de bois qui servent à supporter la machinerie lorsqu'il faut traverser des endroits à très faible capacité de support.

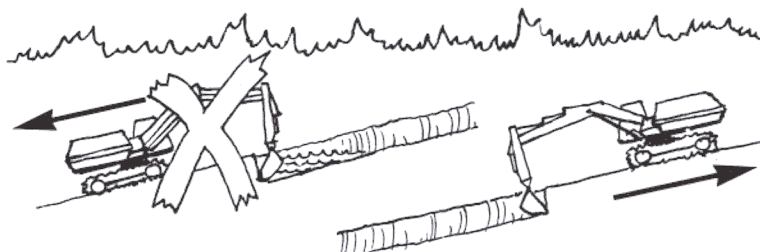


Lorsque le site est éloigné d'un chemin, le transport de carburant peut être assuré par une chenillette ou un véhicule tout terrain.



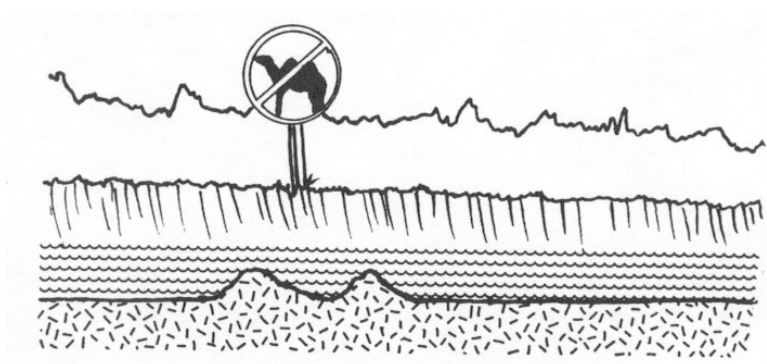
LE MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

L'excavation se fait de l'aval vers l'amont. Ceci permet un meilleur contrôle sur la forme du fossé.

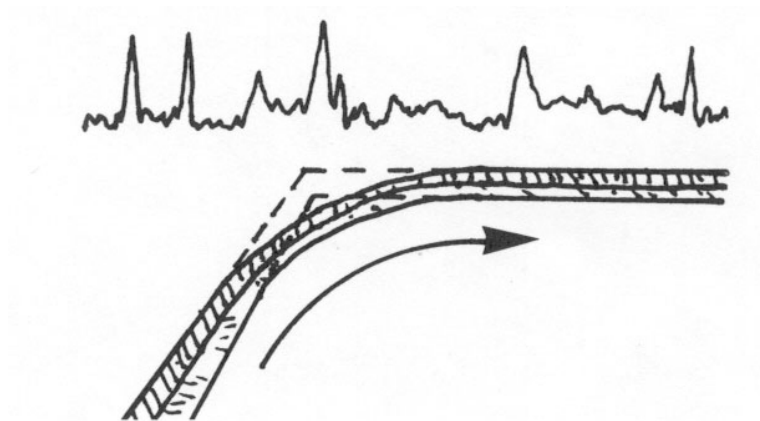


Le fond doit être le plus uniforme possible. Variation maximale permise :

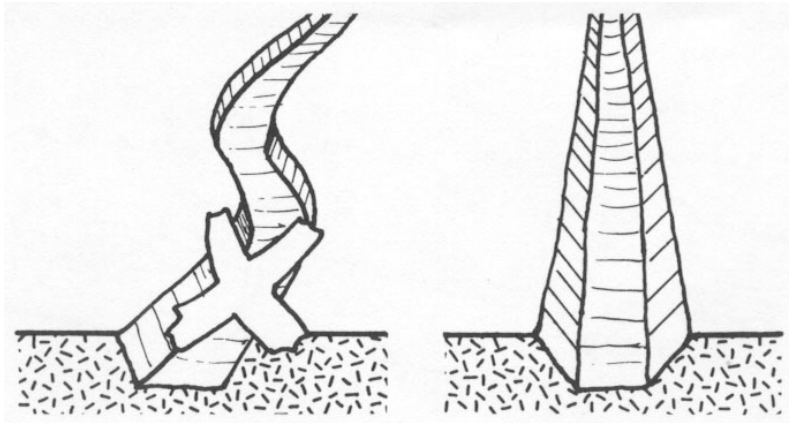
- Secondaires : 10 cm
- Collecteurs : 15 cm



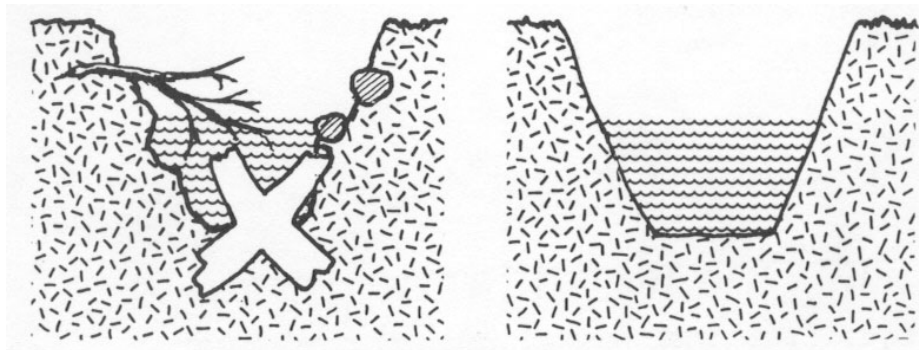
Les changements de direction et les jonctions sont légèrement arrondis. Éviter les angles.



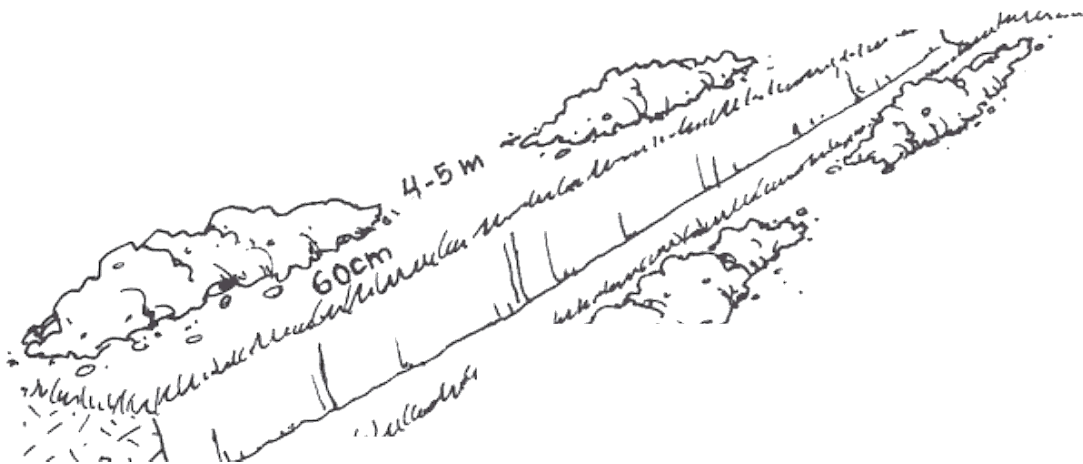
Les fossés doivent être rectilignes. Ceci minimise les coûts et facilitera les opérations d'entretien.



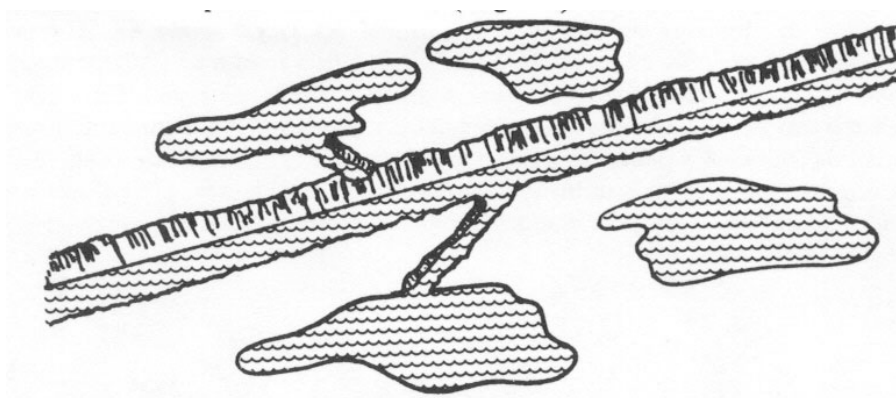
Les talus sont uniformes et lisses. Enlever les branches et les obstacles susceptibles de bloquer le passage des débris, favorisant ainsi la formation de petits barrages.



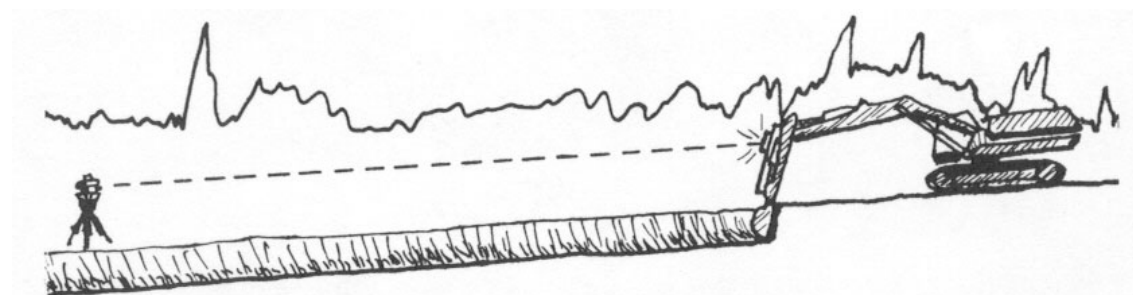
Disposer les déblais par tas à au moins 60 cm de la berge, alternativement de chaque côté du fossé, le ruissellement de surface sera ainsi favorisé.



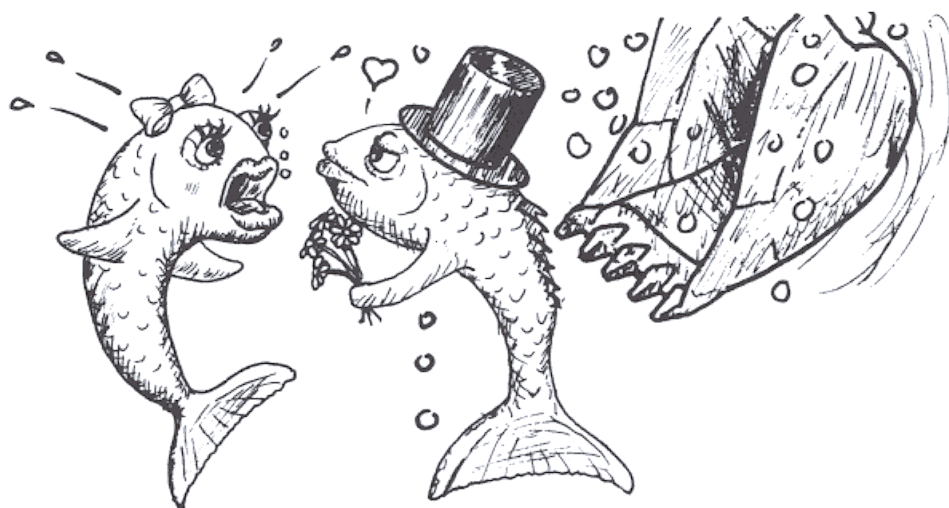
Lorsque de petites dépressions inondées sont présentes (ornières), il faut les évacuer avec de petits fossés latéraux (saignées).



Pour obtenir un meilleur contrôle sur la profondeur des fossés, on peut utiliser un système de guidage laser.

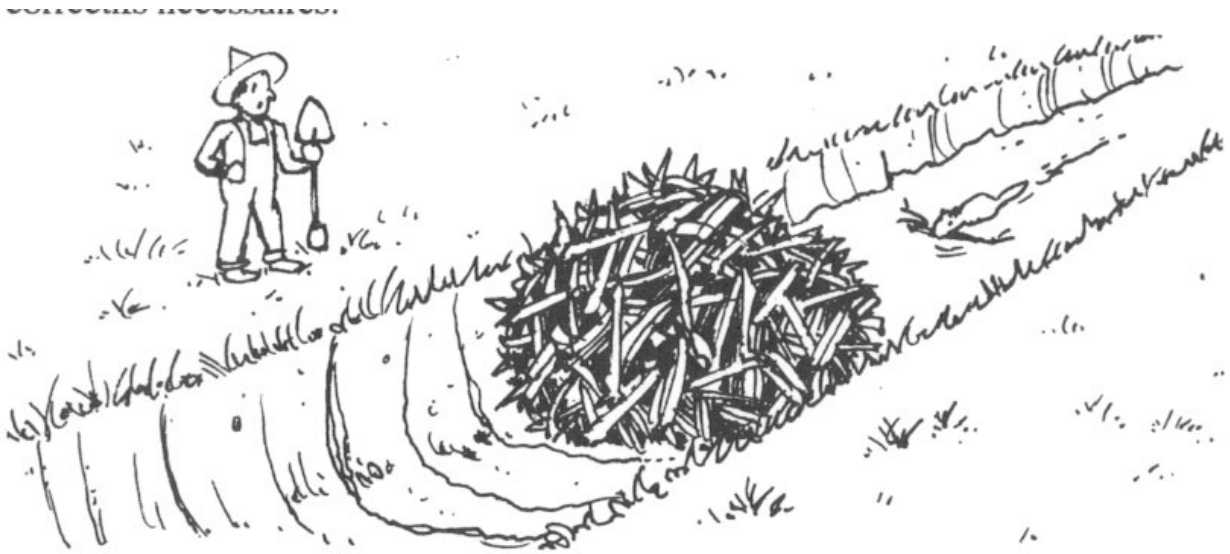


Période d'excavation : autant que possible, pendant la période la plus sèche de l'été soit juillet et août. Éviter les périodes de frai. Les travaux d'excavation pendant l'hiver sont moins productifs.



LE SUIVI ET L'ENTRETIEN DU RÉSEAU

Un réseau de drainage est conçu normalement pour une durée de 20 ans. Toutefois, pour atteindre cet objectif, il faut quelquefois se livrer à une opération de nettoyage des fossés quelques années après le creusage initial. Ce travail consiste à enlever les branches, les arbres et les débris qui s'accumulent et qui risquent de former des petits barrages et ainsi nuire à l'écoulement de l'eau. Des patrouilles régulières permettront de déceler les problèmes d'érosion, les barrages de castor, de vérifier l'état des bassins de sédimentation et d'apporter les correctifs nécessaires.



Les traitements d'éducation des peuplements en milieu drainé doivent tendre à favoriser l'évapotranspiration. Pour ce faire, les peuplements seront maintenus assez denses.

RÉFÉRENCES

- BATES, D.M., BELISLE, J.M., CAMERON, B.H., EVANS, L.J., JONES, R.K., PIERPOINT, G. et VAN DEN BROEK, B., 1982. *Field Manual for Describing Soils*, Ontario Institute of Pedology, University of Guelph, 2^e édition
- BINESSE, M. 1983. *Protection et amélioration des cours d'eau: objectif faune aquatique*, Gouv. du Québec, Min. Loisir, Chasse et pêche. 153 p.
- DAY, J.H. et J. McMENAMIN, 1982. *Système d'information des sols au Canada*. Comité d'experts sur la prospection pédologique, Agriculture Canada. 196p.
- FEODOROFF, A. et G. GUYON. 1972. *Choix du système d'assainissement d'une parcelle*, Bn 271-272, p.803-808.
- LAGACÉ, R. 1978. *La conductivité hydraulique de différentes couches de sol ou de zones de sol différentes*, Génierural-Laval Vol. 10, no.4. Agdex 553-752.
- LAGACÉ, R. 1979. *Notions de base d'hydraulique et de dimensionnement des cours d'eau*, 7e coll. de génie rural: Construction et aménagement des cours d'eau en milieu agricole. Univ. Laval. p. 1-50.
- LAGACÉ, R., 1987. *La théorie de l'ingénieur français Guyon*, Notes de cours, dep. Génie rural, Université Laval. 13 p.
- LUTHIN, J.L., 1978. *Drainage engineering*, R.E. Krieger Publ. co. 281 p.
- MAPAQ, 1986. *Guide d'analyse et d'aménagement de cours d'eau à des fins agricoles*, Gouv. du Québec, Min de l'agric, des pêcheries et de l'alim.,252 p.
- MAPAQ, 1975. *Cours d'eau municipaux*, Gouv. du Québec, min. de l'agric. CPVQ, Agdex 750. 8 p.
- NADEAU, J.P. et B. PARENT; 1982. *L'économie du drainage forestier au Québec*, Gouv. du Québec, Min. des terres et forêts, Mem. no.80. 177 p.
- PÄIVÄNEN, J., 1973. *Hydraulic conductivity and water retention in peat soils*, Acta Forestalia Fennica, vol. 129.68 p.
- ROTHWELL, R.L., 1986. *Foresterie des tourbières et considérations hydrologiques du drainage des forêts en Alberta*, Coll. sur le drainage forestier, Sainte-Foy, 10-11 sept, 1985. p.112-137.
- SCHNEIDER, H., 1985. *Classement des pessières noires et mélézins sur sol organique du Québec pour le drainage forestier*, Rapport l'ion publié, F.P.B.Q., Longueuil, 18 p.
- SERVAT et al., 1972. *Étude pédologique préalable au drainage*, Bull. tech. d'inf, Min. de l'agric, France. no.271-272, p.723-748.
- VAN BEERS, WF J .1958. *The auger hole method*, Bull. no.1. Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen. 32 p.

NOTES