

PM-606.

IICA-CIDIA



INSTITUT INTERAMÉRICAIN DE COOPERATION POUR L'AGRICULTURE

Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola

11 AGO 1987

IICA - CIBIA

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆  
 ☆ MARNDR ☆  
 ☆ FAMV ☆  
 ☆ IICA ☆  
 ☆  
 ☆ PREMIER ☆  
 ☆ COURS NATIONAL ☆  
 ☆ POST-GRADUE ☆  
 ☆ SUR L'IRRIGATION, ☆  
 ☆ LE DRAINAGE ☆  
 ☆ ET LA GESTION ☆  
 ☆ DES RESSOURCES ☆  
 ☆ HYDRIQUES ☆  
 ☆  
 ☆ 15 Juillet - 30 Septembre 1955 ☆  
 ☆  
 ☆ Port-au-Prince, Haïti ☆  
 ☆  
 ☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

DRAINAGE DES TERRES AGRICOLES

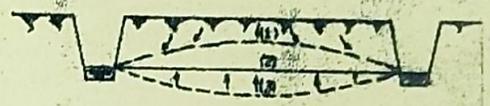


Fig. 1Y-1. Schema du drainage par fossés ouverts.

PAR

Déjean Bélizaire Ing. Civil (EPH)

PM  
 ISSN 606-0534-5391

REVISION ET EDITION: HUMBERTO PIZARRO  
 Spécialiste en Irrigation et Drainage  
 IICA/HAÏTI

06



00008279

~~00000632~~

PREMIER COURS NATIONAL POST-GRADUE  
SUR L'IRRIGATION, LE DRAINAGE  
ET LA GESTION DES RESSOURCES HYDRIQUES

COORDINATION:

INSTITUT INTERAMERICAIN DE  
COOPERATION POUR L'AGRICULTURE (IICA)  
FACULTE D'AGRONOMIE ET  
MEDECINE VETERINAIRE (FAMV)

SOUTIEN FINANCIER:

AGENCE DE DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL (USAID)  
AGENCE CANADIENNE POUR LE DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL (ACDI)  
INSTITUT INTERAMERICAIN DE COOPERATION POUR L'AGRICULTURE (IICA)  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES NATURELLES ET  
DEVELOPPEMENT RURAL (MARNDR)  
FACULTE D'AGRONOMIE ET MEDECINE VETERINAIRE (FAMV)

TEXTE : : DRAINAGE DES TERRES AGRICOLES  
DACTYLOGRAPHIE : LAURENCE JOACHIM ET MOYSETTE VICTOR  
DESSINS : JEAN ROBERT MOREL  
IMPRESSION : JEAN NICOLAS JOSEPH

# DRAINAGE DES TERRES AGRICOLES

## TABLE DE MATIERE

	PAGE
TABLE DE MATIERE	
LISTE DE FIGURES	v
LISTE DE TABLEAUX	vii
CHAPITRE I	
RAPPEL SUR LES RELATIONS SOL-PLANTE-EAU	1
1.2 Texture du sol	2
1.3 Structure du sol	3
CHAPITRE II	
INCONVENIENTS DES SOLS HUMIDES	
2.1 Caractéristiques des sols humides	3
2.1.1 Imperméabilité à l'air des sols humides	4
2.1.2 Abaissement de la température dans les sols humides	5
2.1.3 Résistance aux travaux de labour	5
2.1.4 Résistance à la pénétration des racines	5
2.1.5 Conséquences de ces inconvénients sur la production	6
CHAPITRE III	
OBJECTIFS DU DRAINAGE	
3.1 Importance du drainage	7
3.2 Mécanisme du drainage du point de vue de la nappe phréatique	8
3.2.1 Le drain et la nappe phréatique	8
3.3 Mécanisme du drainage du point de vue de la végétation	9
3.4 Moyen d'action	9
3.4.1 Aménagement d'émissaires	10

	PAGE
3.4.2 Assèchement	10
3.4.3 Types de drains	12
3.4.3.1 Fossés ouverts	12
3.4.3.2 Tuyau enterré	14
3.4.3.3 Drains de charrue-taupe	16
3.4.3.4 Puits absorbants	16
CHAPITRE IV	
BASE DE CALCUL OU INFORMATION DE BASE POUR LA QUANTIFICATION DES BESOINS DE DRAINAGE	18
4.1 Information de base	18
4.1.1 Niveau optimal de la nappe	18
4.1.2 Submersion: Dégats causés - Durée admissible	22
4.1.3 Pluie critique	24
4.1.4 Débit moyen	24
4.2 Drainage du sous sol	25
4.2.1 Ecoulement souterrain vers les drains	25
4.2.2 Etude expérimentale de la forme de la nappe et du mou- vement de l'eau dans le sol drainé	26
4.2.3 Etude rationnelle des sols drainés au moyen de files de tuyaux	30
4.2.3.1 Positions des drains	31
4.2.3.2 Ecartement des drains pour le cas particulier: nappe libre et reposant sur une couche imperméable	32
4.2.3.3 Cas général	37
4.3 Etude des sols drainés au moyen des fossés ouverts	40
CHAPITRE V	
DRAINAGE PAR TUYAUX ENTERRES	42
5.1 Nature du drainage par tuyau	42
5.2 Etudes préalables: Données de base	44
5.3 Tracé du réseau	43

	PAGE
5.3.1 Etude de la topographie du terrain	43
5.3.2 Disposition générale	43
5.3.3 Direction des petits drains	44
5.3.4 Collecteurs	46
5.3.5 Cas particulier	46
5.3.5.1 Drains de ceinture	46
5.3.5.2 Petite dépression du terrain formant entonnoir	46
5.3.5.3 Terrain sourceux	46
5.4 Profondeur du réseau - Ecartement des drains	47
5.4.1 Profondeur	47
5.4.2 Ecartement des drains	47
5.5 Diamètre et longueur des petits drains	48
CHAPITRE VI	
DRAINAGE PAR FOSSES	52
6.1 Conception générale	52
6.2 Ouvrages de ceinture	52
6.2.1 Canal de ceinture tracé et caractéristiques	53
6.2.1.1 Débit	53
6.2.1.2 Pente et profil	59
6.3 Les petits fossés	62
6.4 Collecteur	64
6.5 Conditions d'emploi	65
6.6 Avantages et inconvénients	65
CHAPITRE VII	
DRAINAGE PAR POMPAGE	67
CHAPITRE VIII	
MACHINES ET EQUIPEMENT POUR LE DRAINAGE	69
8.1 Matériel pour l'équipement manuelle	69
8.2 Matériel pour l'exécution mécanique	69

	PAGE
CHAPITRE IX	
ASPECTS ECONOMIQUES DU DRAINAGE	77
CHAPITRE X	
ENTRETIEN D'UN SYSTEME DE DRAINAGE	79
10.1 Curage	79
10.2 Faucardement	80
BIBLIOGRAPHIE	81

## LISTE DE FIGURES

FIGURE		PAGE
III.1	Comportement de la nappe phréatique par la présence des drains	8
III.2	Les fossés recueillent les eaux de ruissellement superficiel et (par infiltration) les eaux de la nappe souterraine	13
III.3	Mode d'action des drains: Pénétration de l'eau par les intervalles des tuyaux	15
III.4	Puits absorbants	17
IV-1	Schéma du drainage par fossés ouverts	26
IV-2	Position de la nappe phréatique par l'effet des drains Les tubes d'observations sont utilisés pour déterminer la position de la nappe	30
IV-3	Ecartement des drains, cas particulier: les drains reposant sur la couche imperméable	32
IV-4	Influence, sur une nappe alimentée latéralement, d'un drain unique reposant sur la couche imperméable	36
IV-5	Abaque à points alignés donnant l'écartement des drains lorsque ceux-ci reposent sur la couche imperméable	37
IV-6	Ecartement des drains (cas général)	39
V-1	Schéma de disposition des panneaux des drains	44
V-2	Collecteur de reprise coupant des lignes trop longues	50
V-3	Collecteur de reprise parallèle à un collecteur de gros diamètre	50
V-4	Exemple de disposition des drains de ceinture	50
V-5	Abaque à points alignés pour la détermination des diamètres à donner aux tuyaux de drainage	51
VI-1	Courbes Intensité - Durée - Fréquence. Martinique Port-au-Prince	56
VI-2	Courbes - Intensité - Durée - Fréquence - Haiti	57

		PAGE
VL-3	Abaque pour le calcul du temps de concentration pour les petits bassins versants (Zonas Rurales). D'après la formule de P-Z. Kirpich	58
VI-4	Schéma d'une section transversale composée d'un fossé	60
VI-5	Schéma d'une section transversale d'un fossé à flanc de coteaux	61
VIII-1	Schéma d'une pelle fouilleuse	70
VIII-2	Schéma d'une pelle équipée en dragaline	72
VIII-3	Schéma Gradall M2460 monté sur chassis Camion	75
VIII-4	Schéma d'une charrue-taupe ouvrant une galerie	76

## LISTE DE TABLEAUX

TABLEAU		PAGE
IV-1	Relation entre la profondeur de la nappe et le rendement des cultures	19
IV-2	Profondeur optimale de la nappe phréatique pour différents types de sols et pour différentes cultures	20
IV-3	Profondeur optimale de la nappe (en m) pour différents types de sols	21
IV-4	Des dommages subis par les plantes (en % de la récolte) en cas d'une submersion de 3, 7, 11 et 15 jours.	23

## CHAPITRE I

RAPPEL SUR LES RELATIONS SOL, PLANTES, EAU

1.1 Par ce rappel notre propos est de situer l'importance du drainage dans le développement de l'agriculture.

La production agricole est dominée par la sempiternelle relation plante-eau-sol. En effet de même que les êtres vivants doivent trouver dans leur champ d'activité les quantités d'eau nécessaire à l'entretien de leurs cellules, de même, les végétaux en ont besoin pour naître et pour croître. Cette eau, les plantes la recueillent dans l'atmosphère par leurs feuilles et la puisent dans le sol par leurs racines. Elle joue de multiples rôles dans la vie des plantes. Associée aux fonctions de photosynthèse, elle permet la constitution des tissus, elle est le véhicule des sels dissous et l'élément indispensable de la régulation thermique du végétal qui se manifeste principalement par la transpiration. Dans ce processus le sol agit à la fois comme véhicule et comme réservoir d'emmagasinement.

Ainsi le développement des cultures étant tributaire de la présence de l'eau dans le sol, tant sur le plan qualitatif que quantitatif, se heurte à deux sortes de limitation:

- D'une part l'absence d'eau prive les plantes des substances minérales ou organiques qui leur sont indispensables et qui ne peuvent leur être fournies que par l'eau dans sa fonction de véhicule des sels dissous.
- D'autre part, un excès d'eau surtout en l'absence de renouvellement régulier est à la fois dommageable aux plantes et aux êtres du règne animal.
- Mais l'existence de situation d'excès d'eaux est liée à la topographie, à la structure et à la texture du sol.

Dans le cas d'absence d'eau dans le sol et plus précisément de déficit en eau, c'est aux techniques d'irrigation qu'il faut recourir pour apporter à la plante les volumes d'eau nécessaire et suffisants pour assurer et compenser les pertes par transpiration et autres.

Dans le cas de situation d'excès d'eau ou de risques d'inondation c'est aux techniques de drainage et d'assainissement qu'il faut penser pour apporter au sol l'aération nécessaire à la vie et à la croissance des plantes.

## 1.2 Texture du sol

Elle est définie par les quantités relatives des divers constituants granulométriques contenus dans le sol. Ces quantités résultent de l'analyse granulométrique qui permet de classer et d'identifier les sols.

La composition des sols permet de les classer dans l'une des quatre catégories suivantes:

- Terre franche contenant:
  - 30 à 50% de sable grossier
  - 20 à 30% de sable fin
  - 10% d'argile
  - 10% de calcaire
  - 5% d'humus
- Terre légère ou silicieuse contenant:
  - 70 à 100% de sable grossier
  - 0 à 2% de sable fin
  - 0 à 7% d'argile
- Terres lourdes ou argileuse contenant:
  - 0 à 6% de sable grossier
  - 30 à 90% de sable fin et de limon
  - 10 à 40% d'argile.
- Terres calcaires contenant: 50 à 70% de calcaire.

Dans la pratique on trouve une gamme beaucoup plus variée de terres :

- sols sableux
- Sols sablo-limoneux
- Sols limono-sableux
- Sols limoneux
- Sol limono-argileux
- Sol argilo-limoneux
- Sol sablo-argileux
- Sol argilo-sableux
- Sol-argileux

### 1.3 Structure du sol

Entre les agrégats constitués par le groupement des éléments définis par l'analyse granulométrique existent des vides où circulent l'eau et l'air. Cet agencement des agrégats les uns par rapport aux autres définit la structure du sol.

## CHAPITRE II

### INCONVENIENTS DES SOLS HUMIDES

#### 2.1 Caractéristiques des sols humides

Un sol humide est défini comme un sol caractérisé par une situation de saturation persistante. Les sols humides présentent de nombreux inconvénients notamment :

- Leur imperméabilité à l'air
- L'abaissement de leur température

- Leur résistance aux travaux de labour
- La résistance qu'ils opposent à la pénétration des racines des plantes.

Mais l'humidité des sols peut être due à l'une ou plusieurs des causes générales suivantes :

- Arrivées abondantes d'eaux provenant des zones extérieures à la zone humide soit par ruissellement superficiel, soit par infiltration souterraine.
- Stagnation des eaux provoquée par la matière même de la zone humide en question (topographie, sol). Les eaux arrivant directement ou indirectement peuvent être soit des eaux météoriques soit des eaux de source.
- Obstacles à l'évacuation naturelle des eaux. Ces obstacles peuvent être soit naturels (dépôts d'alluvions, coulées volcaniques) soit artificiels (barrages, digue, levés de routes, ponts à seuils trop élevés ou débouchés trop étroits.

#### 2.1.1 Imperméabilité à l'air des sols humides

Lorsque le point de saturation est atteint, tous les espaces libres situés entre les particules terreuses sont occupés par le liquide. Ce qui rend impossible la circulation de l'air. Il en résulte un ralentissement des divers phénomènes chimiques et physiologiques dus à l'action de l'oxygène et de l'azote atmosphérique. Ce ralentissement peut évoluer jusqu'à l'arrêt complet des phénomènes chimiques et physiologiques généralement observés dans le sol, la décomposition des fumiers, la fixation de l'azote par les nodosités des légumineuses. Le ralentissement ou l'arrêt de ces phénomènes sont dus à l'absence de l'oxygène dans le sol. Les phénomènes biologiques n'étant possibles que si le sol contient une certaine quantité d'oxygène.

### 2.1.2 Abaissement de la température dans les sols humides

L'évaporation abondante à laquelle est soumis l'excès d'eau dans le sol entraîne selon le processus ci-après un abaissement considérable de la température du sol.

- L'eau en contact avec l'atmosphère se refroidit très vite, ce qui augmente sa densité et facilite sa pénétration dans le sol pour faire place à de nouvelles couches d'eau qui se refroidissent à leur tour. Ce phénomène provoque un refroidissement intense du sol qui varie selon la nature du terrain et selon les circonstances.

L'expérience a montré que l'excès de température de la terre sèche sur la terre humide, est de 7°C environ pour des sols comparables.

### 2.1.3 Résistance aux travaux de labour

La pratique courante montre aux agriculteurs que les sols humides rendent très difficiles les travaux de labour. Ceci est vrai aussi bien pour le cultivateur traditionnel qui travaille à la houe que pour l'agriculteur moderne qui utilise la charrue à traction animale, le motoculteur et les tracteurs.

Des nombreuses expériences conduites par les experts en machinisme agricole, il ressort que tant pour les labours que pour les façons culturales les terres humides exigent une dépense d'énergie de 25 à 30% plus considérable que pour les mêmes sols pris dans des conditions identiques mais ne contenant que des quantités d'eau normales.

### 2.1.4 Résistance à la pénétration des racines

Dans le cas des sols humides on observe souvent une certaine dégénérescence des plantes due au pourrissement des racines attaquées soit par l'eau souterraine soit par les champignons engendrés par l'excès d'humidité.

### 2.1.5 Conséquences de ces inconvénients sur la production

Lorsque l'excès d'eau dans les sols est tel que ceux-ci sont marécageux, les seules plantes à pouvoir s'y développer sont celles du type aquatique notamment et surtout des joncs, des laiches, difficiles à récolter.

Dans le cas des sols simplement humides les récoltes qu'ils permettent sont de pauvre qualité étant souvent atteintes de maladies cryptogamiques et attaquées par les insectes. Le cout de production dans ces sols est affecté par les fortes dépenses au titre de frais culturaux, de pertes de semences et de gaspillages d'engrais.

## CHAPITRE III

OBJECTIFS DU DRAINAGE3.1 Importance du drainage

Très mal connu chez nous, le drainage, l'une des techniques de l'Assainissement agricole est une amélioration foncière de grande rentabilité qui a connu ses heures de gloire dans les pays de l'Europe et en Amérique du Nord. Il continue de faire le bonheur des peuples de ces pays développés en leur permettant d'ouvrir à l'agriculture de vastes étendues jadis insalubres.

L'objet essentiel du drainage est de s'attaquer aux causes d'humidité pour transformer le sol en un siège de vie active pour les racines des plantes. Le drainage agit, en provoquant d'une part l'appel de l'eau qui remplit les interstices entre les agrégats du sol et d'autre part l'aspiration de l'air qui vient occuper la place rendue disponible par le départ de l'eau en excès. Ces alternances dans l'occupation des interstices du sol ont pour effet de favoriser les réactions chimiques, biologiques ainsi que les phénomènes physiologiques dont dépend la vie des plantes.

En outre en libérant les couches superficielles de l'eau en excès, le drainage limite l'évaporation, facilite la pénétration des eaux pluviales et par conséquent empêche le refroidissement de la couche arable, en diminuant la cohésion, en augmentant le fendillement, la rend moins pâteuse à l'époque des pluies, moins dure à la saison sèche. Autant d'effets qui sont favorables aux travaux de labour et à la pénétration des racines. Aussi qu'il est intéressant de regarder le mécanisme du drainage au double point de vue de la nappe phréatique et de la végétation.

### 3.2 Mécanisme du drainage du point de vue de la nappe phréatique

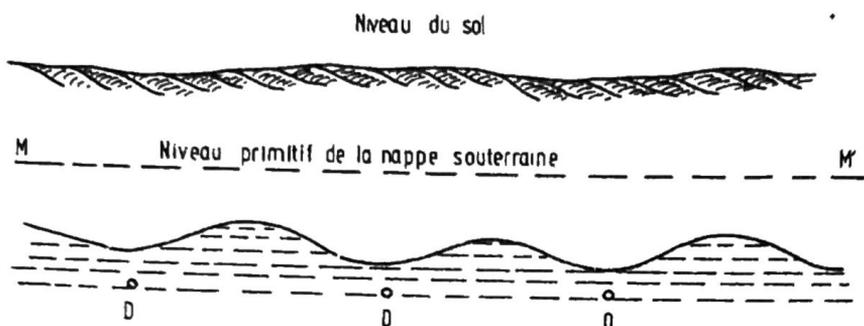


Fig. III.1 Comportement de la nappe phréatique par la présence des drains.

#### 3.2.1 Le drain et la nappe phréatique

Lorsqu'un drain est aménagé dans un sol très humide baigné par une nappe phréatique de niveau  $M M'$ , il se produit vers le drain dont le plafond est placé à un niveau inférieur à celui de la nappe, un mouvement de l'eau gravitaire obéissant à la loi de la pesanteur. Dans le cas d'un réseau de drains, le niveau de la nappe présente un profil ondulé avec des inflexions d'autant plus marquées que le terrain est perméable. Si l'écartement des drains est bien étudié, il en résultera un abaissement général qui permettra le cas échéant à la chaleur extérieure de profiter au sol et d'activer la végétation. En libérant les couches supérieures du sol de l'eau en excès, l'abaissement de la nappe phréatique entraîne un approfondissement du sol actif en permettant aux racines de s'enfoncer d'avantage et aussi par la même de moins souffrir pendant les périodes de sécheresse.

### 3.3 Mécanisme du drainage du point de vue de la végétation

Lorsque le sol est humide, les ferments nitriques, aérobies s'asphyxient provoquant un arrêt de la nitrification. D'oxydant, le milieu devient réducteur donnant ainsi lieu à des combinaisons acides qui risquent de paralyser le développement des plantes. En aérant le sol et en facilitant la combustion des déchets organiques, le drainage combat ce danger.

De tout ce qui précède il ressort que le drainage ou mieux l'assainissement agricole est un précieux instrument de mise en valeur des terres humides, insalubres et d'amélioration de la productivité. Son objet est de libérer les sols des excès d'eaux de surface et d'eaux souterraines qui les rendent insalubres, humides et très peu convenables pour la culture.

### 3.4 Moyen d'action

Considéré dans son acception la plus large d'assainissement agricole, le drainage pour atteindre ses objectifs qui sont la mise en valeur des terres insalubres et l'amélioration de la productivité, se précise dans des aménagements destinés:

- 1<sup>o</sup>) A empêcher tout accès sur le périmètre à mettre en valeur d'eaux de ruissellement de provenance extérieure ou d'infiltration souterraine.
- 2<sup>o</sup>) A recueillir les eaux de pluies tombées directement sur le périmètre ainsi que les eaux de ruissellement ou d'infiltration qui ont réussi à pénétrer.

Il dispose des différentes techniques d'aménagement de système d'évacuation des eaux.

- Aménagement d'émissaire
- Assèchement

- Drainage proprement dit réalisable par aménagement simple ou combiné de réseaux de fossés ouverts, d'aqueducs enterrés et par aménagement de puits absorbants.

#### 3.4.1 Aménagement d'émissaires

Un émissaire, défini comme étant une rivière naturelle ou un canal aménagé a pour objet d'évacuer hors d'un périmètre donné et vers un réseau de rivière et vers la mer les eaux du périmètre.

L'aménagement des émissaires consiste dans le recalibrage et le reprofilage de cours d'eau existants naturels ou artificiels et dans la construction d'un réseau d'émissaires nouveaux selon le plan général de lutte contre la submersion et l'humidité

#### 3.4.2 Assèchement

L'assèchement est un ensemble d'opérations qui portent sur les terrains marécageux, les marais marqués notamment par la présence d'eaux stagnantes qui peuvent être dues aux causes diverses ci-après :

- L'action de la marée qui, pendant le flux, peut repousser les eaux douces dans l'intérieur des terres qui bordent la mer.
- Les obstacles à l'écoulement des eaux d'émissaires vers la mer. Ces obstacles sont identifiés comme pouvant être des dunes ou des cordons littoraux comme ceux de la côte méditerranéenne qui provoquent des étangs saumâtres.
- La divagation des fleuves parmi leurs apports solides au voisinage de l'embouchure, par le dépôt de boues, de sédiments, l'abandon des eaux dans les dépressions, qu'elle entraîne, provoque un ralentissement de l'écoulement des eaux.
- Le manque de pente combiné avec l'imperméabilité de certaines régions entraîne la rétention des eaux pluviales.

Selon le cas on peut être amené à recourir à l'un ou l'autre des moyens suivants pour parvenir à dégager un terrain des eaux stagnantes :

- Combler les dépressions par colmatage ou limonage, le colmatage consiste à constituer une couche arable sur un lieu stérile et éventuellement à combler un bas fond ou un marais, et le limonage consistant à un amendement du terrain par apport d'éléments fins.
- Supprimer les obstacles à l'évacuation de l'eau par un débouché permanent capable d'assurer un écoulement continu.
- Stabiliser le niveau du plan d'eau en aménageant un débouché intermittent par lequel s'opèrera un écoulement discontinu.
- Dans l'impossibilité d'assurer un écoulement gravitaire des eaux procéder par élévation mécanique au moyen de pompes appropriées au déplacement des eaux.

Nous rappelons que l'élévation mécanique coûte cher. On veillera, lorsque l'alternative du pompage est retenue, à réduire au minimum les débits de pompage qui interviendront à côté de la hauteur géométrique d'élévation, comme un facteur déterminant dans la quantification de la puissance et du coût de la machine.

Plusieurs solutions peuvent s'offrir à la sagacité de l'ingénieur confronté à un tel problème. Il y parviendra soit en favorisant l'évaporation et l'infiltration, soit en s'opposant à l'arrivée d'apports nouveaux par des mesures de protection au moyen d'écluses contre le flux des marées, le calibrage des lits des rivières, la fixation des torrents, le ceinturage d'un canal intercepteur.

Cette dernière disposition peut se révéler indispensable à côté de toutes les autres mesures envisageables.

L'ingénieur évitera toujours de s'engager dans l'exécution de travaux d'envergure sans les études de base indispensables: Topographiques, hydrologiques et pédologiques.

### 3.4.3 Types de drains

L'objet du drainage est d'évacuer dans des délais déterminés et courts, en tous les points d'une parcelle de terrain agricole les eaux excédentaires saturant la couche superficielle du sol ou stagnant à sa surface, rendant ainsi impossible toute culture à haut rendement.

Suivant le type d'aménagements retenu, le drainage est dit:

- Drainage par fossés ouverts
- Drainage par aqueducs enterrés pouvant être constitués essentiellement soit de fossés couverts, soit de conduites en poterie, ou de ciment, ou de plastique, soit de drains moulés sous la terre au moyen de charrue-taupe.
- Drainage par puits absorbants

#### 3.4.3.1 Fossés ouverts

Les fossés ouverts sont de formes diverses: triangulaire, trapézoïdale. Différents facteurs conditionnent le fonctionnement hydraulique d'un fossé:

- La pente longitudinale
- Le rayon hydraulique
- La perméabilité du sol dans lequel il est creusé
- La nature des parois
- Le talus

Le rôle des fossés ouverts est de recueillir aussi bien l'eau super-

ficielle que l'eau souterraine pour les conduire vers un exutoire qui peut être un fossé de plus grande capacité, un émissaire.

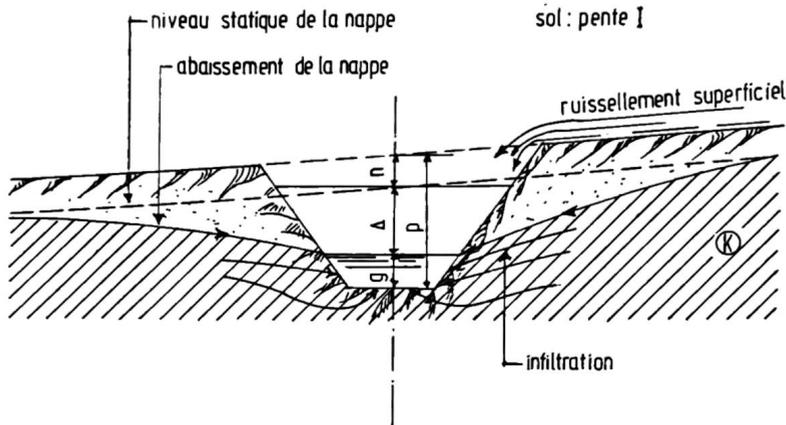


Fig III-2 Les fossés recueillent les eaux de ruissellement superficiel et (par infiltration) les eaux de la nappe souterraine.

Soit un fossé de profondeur  $P$  aménagé dans un sol de perméabilité  $K$  et de pente  $I$ . Le fossé reçoit les eaux superficielles qui ruissellent suivant la pente. Mais ses parois laissent filtrer l'eau de la nappe phréatique qui vient se rassembler dans le fossé. Dans le cas d'un bon fonctionnement hydraulique du fossé, le niveau de l'eau dans ce dernier reste inférieur à celui de la nappe phréatique ce qui permet l'écoulement de cette dernière vers le fossé. Dans le cas contraire, le niveau d'eau dans le fossé s'élève jusqu'à celui de la nappe phréatique ce qui bloque le mouvement gravitaire des eaux souterraines.

Le mouvement de l'eau dans le sol obéit à certaines lois dont la principale est celle de Darcy établie par expérimentation.

En effet dans une cuve à fond plat perforé, on place une hauteur de sable H et une hauteur d'eau h. Le débit recueilli en bas est:

$$Q = K \frac{H + h}{H} S$$

$$\frac{H + h}{H} = i, \text{ étant la pente motrice}$$

$$\text{et } Q = KSi$$

Le coefficient K varie selon la direction de l'écoulement.

#### 3.4.3.2 Tuyau enterré.

Le drainage, dans bien des cas et notamment pour des raisons de commodités de labour, est assuré par un réseau de canalisations enterrées en poterie, en béton de ciment, ou en plastique (P.V.C.).

Les conduites enterrées n'ont pas, comme les fossés, la capacité de recueillir les eaux de surface. Leurs actions portent principalement sur les eaux souterraines. Les conduites en poterie ou en béton de ciment généralement utilisées sont des unités ayant une longueur de 0.30 à 0.33 m. et un diamètre intérieur pouvant varier de 40 mm à 100 mm. Dans le cadre de ce système les conduites sont placées juxtaposées l'une à l'autre sans aucun joint de mortier. C'est à travers les intervalles laissées entre deux tuyaux, malgré tous les efforts du poseur pour les serrer au maximum les unes contre les autres, que s'écoulera l'eau souterraine qui par la conduite dans la tranchée, débouchera dans un émissaire.

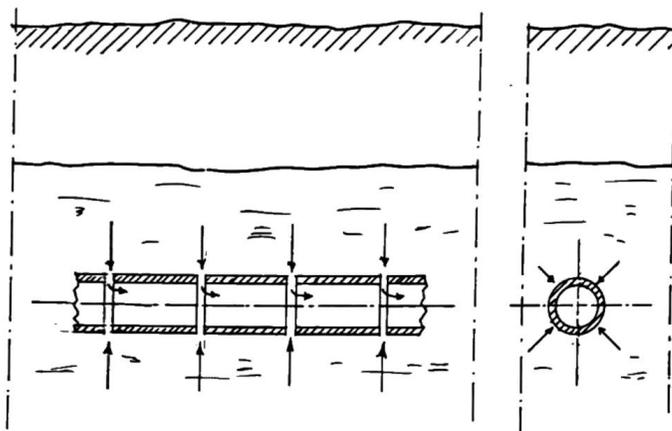


Fig.III.3 Mode d'action des drains: penetration de l'eau par les intervalles des tuyaux.

Les intervalles de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres, 0.0005 m en moyenne subsistent par suite d'irrégularités impossibles à éviter aux extrémités des tuyaux. L'eau y pénètre à la fois par toute la circonférence car les fillets liquides situés dans le voisinage de l'interstice se dirigent naturellement là où la pression est la plus faible, c'est à dire vers l'intérieur du tuyau où règne la pression atmosphérique si l'écoulement de l'eau y est libre

Le nombre ( $n$ ) de tuyaux à aligner pour que la surface des interstices offerts à la pénétration de l'eau soit égale à la section des drains est régie par la relation suivante:

$$n(2 \bar{n} re) = \bar{r}^2$$

$$n = r/2e$$

où:

$r$  = Rayon du tuyau

$e$  = Epaisseur de l'intervalle

Exemple si:

$$r = 0,05/2 ; e = 0,0005 ; n = 25$$

On utilise aussi des tuyaux plastiques perforés qui agissent par leur perforation.

### 3.4.3.3 Drains de charrue-taupe

De tels procédés tombent dans la catégorie des galeries façonnées dans le sol mises au point pour contourner les inconvénients pratiques attachés aux fossés captants et les inconvénients de coût des tuyaux enterrés. Ils ne sont applicables que dans des sols présentant une cohésion suffisante comme l'argile et une pente suffisante pour que l'écoulement soit assez rapide et qu'il ne se forme pas de dépôt. Les drains de charrue-taupe sont des galeries circulaires de 0.05 à 0.12 m de diamètre ouvertes mécaniquement au moyen de la charrue-taupe. Le principe de cette machine consiste à déplacer dans le sol parallèlement à sa surface et à une profondeur convenable (0.60 m à 0.80 m) un obus d'acier présentant à l'avant une ogive qui facilite la pénétration.

### 3.4.3.4 Puits absorbants

Le drainage par puits absorbants est surtout applicable dans les cas où il n'existe, même pas à une grande distance, de rivière naturelle.

Le puits absorbant est en général un puits vertical qui traverse la couche argileuse pour pénétrer dans la couche perméable sableuse ou graveleuse. Pour maintenir les parois du puits, on remplit ce dernier de pierres cassées ou on le revet d'une buse percée de trous ou barbacanes. Parfois on place plusieurs tuyaux verticaux

dans la pierre cassée pour faciliter l'écoulement de l'eau.

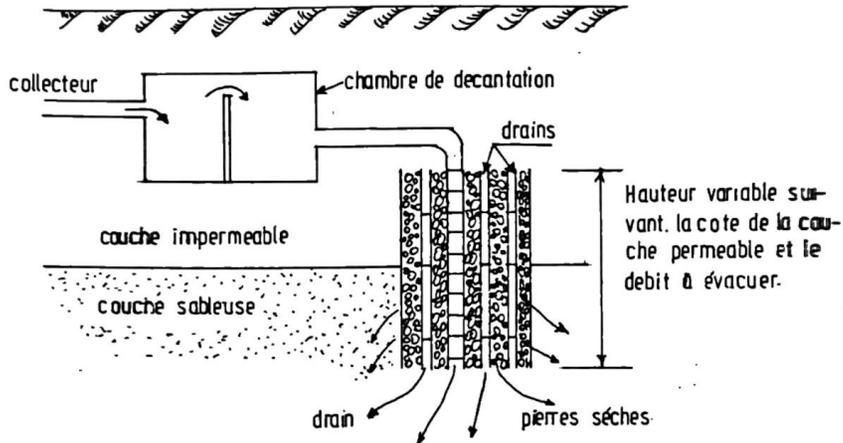


Fig III-4 PUIS ABSORBANTS

L'usage du puits absorbant comme évacuateur suppose la connaissance de la puissance d'absorption de la couche perméable. Elle peut se définir en termes de  $l/s/m^2$ .

## CHAPITRE IV

BASE DE CALCUL OU INFORMATION DE BASE POUR LA QUANTIFICATION DES BESOINS  
DE DRAINAGE4.1 Information de base

L'aménagement d'un réseau d'assainissement ou de drainage par l'action de l'eau sur la vie des plantes et par la fonction essentielle de l'assainissement agricole de libérer le sol de tout excès d'eau suppose la connaissance préalable de bien de données notamment:

- Le niveau optimal de la nappe
- La durée admissible de submersion des cultures
- la pluviométrie de la région

4.1.1 Niveau optimal de la nappe

L'objet du drainage c'est de lutter contre tous les excès d'eau susceptibles de compromettre, en développant des phénomènes anaérobies, les processus d'aération et d'oxydation du sol et l'action des micro-organismes. Ainsi l'ingénieur de drainage est souvent confronté aux problèmes de nappe phréatique dont le niveau est trop proche de la surface du sol. Il convient donc par le drainage de limiter la nappe à un niveau tel que cette dernière reste dans les limites de la capacité d'absorption des racines en saison sèche. Les expérimentations conduites dans divers pays développés, (les Pays-Bas, l'URSS, USA) ont montré qu'une nappe d'eau à une certaine profondeur est susceptible d'apporter aux plantes des quantités importantes d'eau par ascension capillaire. Cette quantité d'eau dépend donc du développement des racines des cultures et de la nature du sol. Le niveau optimal de l'eau à se fixer pour un sol donné et par conséquent celui des ouvrages (canaux, fossés, tuyaux) dépend de la culture à entretenir. Ce qui suppose la connaissance des cultures. Il est toujours difficile de savoir les cultures qui seront entreprises. De façon

réaliste on veillera à supprimer, dans ces considérations toutes les cultures impropres.

Les tableaux ci-après montrent à titre indicatif quelques résultats expérimentaux qui montrent l'action du niveau de la nappe sur les cultures et la valeurs de niveau optimal de la nappe qu'on a pu en dégager.

TABLEAU IV-1 Relation entre la profondeur de la nappe et le rendement des cultures. Données obtenues à la station Expérimentale de Minsk (U.R.S.S.) (Poirée et Ch. Ollier).

Niveau de la nappe m	Prairies	Rendement Cultures (avoine)
0,20	36%	13%
0,40	87%	67%
0,60	100%	100%
0,80	90%	90%

TABLEAU IV-2 Profondeur optimale de la nappe phréatique pour différents types de sols et pour différentes cultures (D'après Tcherkassov U.R.S.S.)

Culture	Profondeur optimale de la nappe en mètre			
	Sols tourbeux	Sols sableux et sols sablonneux	Alluvions argilo-sableux	Sols argileux
Mélange vesce-avoine pour production fourragère - Lin (à fibre): fourrages verts annuels	0,50 - 0,60	0,40 - 0,50	0,45 - 0,60	0,50 - 0,55
Fourrages verts pluri-annuels pour l'utilisation en pâturage	0,80 - 0,90	0,50 - 0,70	0,70 - 0,90	0,80 - 0,85
Fourrages verts pluri-annuels pour la production fourragère	0,60 - 0,70	0,45 - 0,60	0,55 - 0,70	0,50 - 0,65
Céréales - cultures ensilées :	0,70 - 0,90	0,50 - 0,65	0,60 - 0,80	0,70 - 0,75
Pommes de terre Rhizocarpées	0,80 - 0,90	0,55 - 0,80	0,70 - 1,00	0,80 - 0,90
Cultures à racines profondes (houblon, chanvre, pastèque)	0,80 - 1,00	0,60 - 0,85	0,80 - 1,00	0,85 - 0,95
Arbustes à haies et arbres fruitiers	1,00 - 1,25	0,80 - 0,95	0,90 - 1,20	1,00 - 1,10

Nota: Pendant la période des semailles la profondeur optimale peut être prise 20% à 30% plus faible que la valeur indiquée dans le tableau.

TABLEAU IV-3 Profondeur optimale de la nappe (en m), pour différents types de sols (D'après Relley) (Poirée et Ch. Ollier).

D'après ROLLEY	Profondeur optimale en m	
	Cultures	Prairies
Terre argileuse compacte	0,70 à 1,20	0,50 à 0,80
Terre franche	0,60 à 1,00	0,40 à 0,60
Terre sablonneuse	0,60 à 0,80	0,30 à 0,50
Terre tourbeuse	0,60 à 0,80	0,30 à 0,40

#### 4.1.2 Submersion: Dégats causés - Durée admissible

Le tableau ci-dessus des rendements culturaux liés à la situation des racines par rapport au niveau de la nappe, montre combien le développement des végétations peut être affecté par les fluctuations du niveau de l'eau dans le sol. Des résultats obtenus à la station expérimentale de MINSK, il se dégage que les chutes de rendement consécutives aux remontées du niveau de la nappe sont plus importantes que celles dues à un abaissement trop grand du plan d'eau. Ces résultats sont observés surtout dans les sols argileux dont la vitesse de filtration est faible et la capacité de rétention très forte.

Notons qu'une nappe peut remonter jusqu'à la surface du sol, inondant tout le système racinaire et même la base des tiges. Quand de telles situations se présentent, elles définissent un état de submersion qui peut être une submersion partielle, totale entraînant des dégâts variables avec la plante, le sol, la durée de submersion et le stade du développement. Des essais ont été conduits dans divers pays pour dégager l'incidence de la submersion sur le développement des cultures. Le tableau ci-après indique les dommages subis par les plantes à l'occasion de différentes durées de submersion. Rappelons que la submersion est souvent l'action combinée d'eaux de surface et d'eaux souterraines.

L'Ingénieur d'hydraulique agricole qui étudie un réseau de drainage doit savoir quelle durée de submersion admettre pour son projet. Cette donnée est importante car elle a des incidences directes sur le débit à mobiliser et par conséquent sur l'importance des ouvrages et, donc, sur le coût du projet. La durée de submersion admissible ne peut être établie que par tâtonnements. Elle est le produit d'un compromis qui balance les facteurs économiques et les facteurs agronomiques.

TABLEAU IV-4. Des dommages subis par les plantes (en pour-cent. de la récolte) en cas d'une submersion de 3, 7, 11 et 15 jours.  
(Poirré et Ollier)

Mois	Décembre		Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre	
	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15
1. Fourrages pérennes	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10	..... 5 10
2. Pâturage	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
3. Prairie	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
4. Betterave à sucre betterave fourragère	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
5. Pousse de terre	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
6. Tourne-sol	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
7. Charite	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
8. Céréales d'hiver	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
9. Céréales de printemps	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10
10. Maïs	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10	..... 10

D'après SALAMIN (Hongrie).

#### 4.1.3 Pluie critique

La pluie critique est une pluie de fréquence donnée dont la durée  $T$  est égale à la durée admissible de submersion et pour l'évacuation de laquelle le réseau de drainage est étudié. La fréquence d'une pluie est donc la périodicité moyenne de retour de cette pluie. Elle peut être de un an, de deux ans et de cinq ans. Ainsi pour une fréquence donnée une pluie de durée inférieure à  $T$  sera d'une intensité plus forte que celle de durée  $T$  et par conséquent, elle submergera momentanément la parcelle ou le périmètre à drainer et inversement si la durée est supérieure à  $T$ .

- Le débit caractéristique  $Q$  du réseau c'est le débit par unité de surface à recueillir et évacuer. Il peut être établi par la formule:

$$Q_c = (1 - e) i \times 1m^2 \quad \text{avec}$$

$$e = \text{Coefficient d'évaporation inférieur à 1}$$

Avec les unités utilisées habituellement, cette formule s'écrit:

$$Q_c (l/s/ha) = \frac{1 - e}{0,36} i$$

$i$  : Intensité de la pluie critique, en mm par heure

$Q_c$  : Débit en litre par seconde par hectare

#### 4.1.4 Débit moyen

C'est le débit ramené à l'hectare qui s'écoulerait d'une manière fictive et continue dans le collecteur tout au cours de l'année.

$$Q_m (l/s/ha) = \frac{P_{a(m)} \times 10000 \text{ m}^2 \times 10001 (1 - e)}{365 \text{ j} \times 86400 \text{ s.}}$$

Avec  $P_a$  = Pluviométrie annuelle en mètre

Cette valeur est généralement utilisée pour le calcul des eaux moyennes des émissaires et des petites rivières.

## 4.2 Drainage du sous sol

### 4.2.1 Écoulement souterrain vers les drains

Sous cette rubrique, nous étudierons la façon dont l'eau évolue dans le sol après s'y être infiltrée pour s'introduire dans le drain. Ce phénomène permet de déterminer la profondeur et l'écartement des drains.

En l'absence d'apport extérieur, la nappe se situe à peu près au niveau des drains suivant un plan horizontal. Dans la pratique la situation se présente différemment compte tenu du fait que le comportement de l'eau est lié à l'influence de divers facteurs:

- Forces capillaires
- Topographie du sol et pendage des couches imperméables

Dans le cas où la pluie se met à tomber il y a réalimentation de la nappe souterraine par infiltration, ce qui en provoque une remontée susceptible de dépasser le niveau des drains avec des risques possibles d'asphyxie des racines. Ainsi la nappe prend une forme convexe.

En saison sèche, en l'absence de toute réalimentation, faute de pluie, la nappe perd de l'eau par ascension capillaire, évaporation physique et physiologique pour prendre une allure concave.

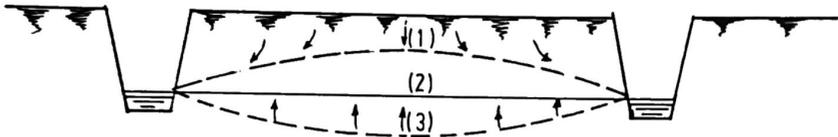


Fig IV - 1 Schema du drainage par fossés ouverts.

#### 4.2.2 Etude expérimentale de la forme de la nappe et du mouvement de l'eau dans le sol drainé.

Pour étudier la forme de la surface de la nappe, l'ingénieur français, Delacroix, recourant aux propriétés du tube d'observation procédait de la manière suivante:

Entre deux drains T et T' il plaçait dans un plan perpendiculaire à ces drains un certain nombre de tubes verticaux en tôle de cinq centimètres de diamètre. Ces tubes percés de trous sur les cotés son munis d'un couvercle protecteur à leur partie supérieure. Leurs fonds sont situés au-dessous du plan horizontal passant par les drains et leurs sommets aboutissent à un plan horizontal XX' à partir duquel sont relevés:

- Le profil du terrain
- La profondeur des drains
- Le niveau de l'eau dans les tubes

Cette étude expérimentale a permis de dégager les conclusions suivantes:

- La hauteur de la nappe au-dessus des drains varie
  - 1o) Avec le débit alimentant la nappe
  - 2o) Avec la nature du terrain
  - 3o) Pour un même sol, avec l'écartement des drains de profondeur donnée.

Coefficient  
e

Coefficient e

Région de Port-au-Prince

Bassin de Momance	= 0,60
Rivière Grise	= 0,75
Rivière Blanche	= 0,795
Rivière Torcelle	= 0,607
Rivière Courjole	= 0,58

Région Nord

Bassin

Rivière Limbé	= 0,424
Riv. Grande Rivière du Nord	= 0,744
Rivière Trou du Nord	= 0,808
Rivière Massacre	= 0,746

Région Nord Ouest

Trois Rivières(Gros Norme)	= 0,586
----------------------------	---------

Région de l'Artibonite

Rivière Artibonite (Mirebalais)	0,793
Rivière la Thème	= 0,66
Rivière Fer à Cheval	= 0,61
Guayamouc	= 0,74
Bouyaha	= 0,784
Estère	= 0,469

Région Sud Est

Grande Rivière de Jacmel = 0,799

Région du Sud

Rivière Grande Ravine du sud = 0,29

Rivière Cavaillon = 0,60

Grande Rivière de Nippes = 0,803

Rivière Islet = 0,615

Région Grande Anse

Rivière Grande Anse = 0,487

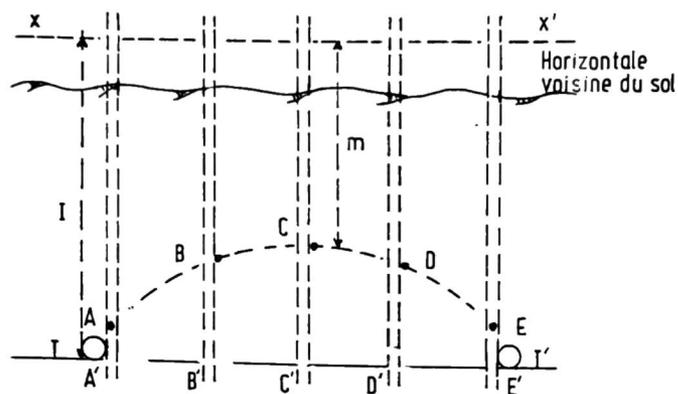


Fig IV-2 Position de la nappe phréatique par l'effet des drains. Les tubes d'observation sont utilisés pour déterminer la position de la nappe

#### 4.2.3 Etude rationnelle des sols drainés au moyen de files de tuyaux

##### 4.2.3.1 Positions des drains

Les drains doivent être placés à une position telle qu'ils ne provoquent pas d'assainissement excessif en période sèche.

En période humide la nappe d'eau se trouve au-dessus de la ligne des drains et la charge qu'exerce ainsi cette élévation provoque dans les drains une pénétration d'autant plus rapide et d'autant plus importante que la charge est plus élevée on se doit de fixer le niveau maximal que la nappe doit garder pendant toute la durée de la pluie critique et en conséquence la position correspondante des drains pour évacuer le débit caractéristique.

Les dispositions à prendre doivent tenir compte du type de culture. On peut être même amené à admettre la submersion totale du sol par remontée de la nappe. Mais ceci ne peut être qu'un cas d'exception. Dans la pratique on veillera à évacuer la pluie critique sans submersion sous une charge plus faible que celle qui serait engendrée par une remontée au-dessus de la surface du sol. A titre indicatif on retiendra l'approche minimale du sol permise à la nappe pendant la durée de la pluie critique pour les cultures ci après:

- prairie 0.20 à 0.30 m.
- terres cultivées 0.50 m.
- verger 0.80 m.

Cette approche correspond à une surélévation limitée et momentanée de la nappe et elle ne doit pas dépasser 0.10 m à 0.30 m suivant les cultures et la perméabilité du sol. La profondeur et l'écartement des drains seront calculés de manière à ce que ces conditions soient respectées.

Divers cas sont à considérer:

- Le cas particulier et le plus simple où la nappe repose sur une couche perméable.
- Le cas général

4.2.3.2. Ecartement des drains pour le cas particulier; nappe libre et drains reposant sur une couche imperméable

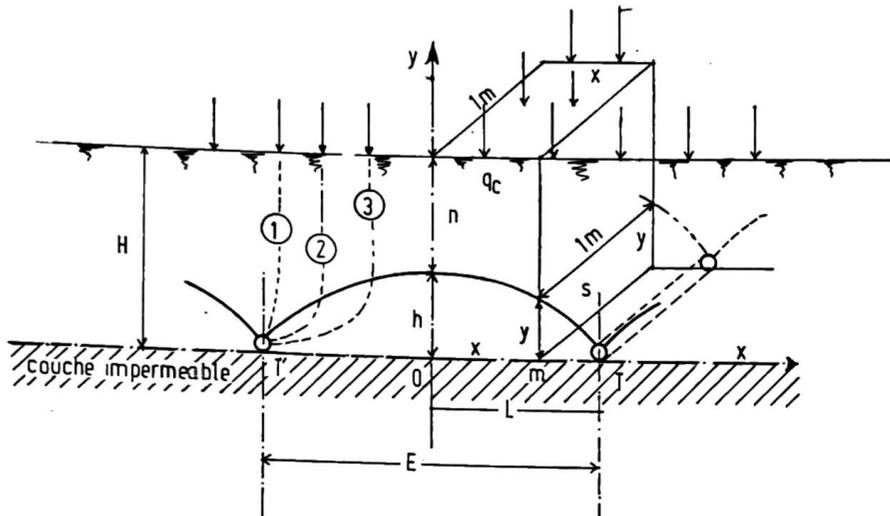


Fig IV-3 Ecartement des drains.

Cas particulier : les drains reposent sur la couche imperméable

Des terrains agricoles montrent des signes évidents d'un besoin de drainage, non par manque de pente mais en raison de l'existence dans le sous-sol immédiat d'une couche imperméable située à environ 0,70 m et 1,30 m de profondeur.

Considérons un sol sensiblement homogène et isotrope dans sa tranche supérieure au-dessus de la couche imperméable et drainé par les conduites T et T' alimentées par des filets tels que 1 2 et 3.

La forme de la surface libre est une parabole. Le cheminement de l'eau dans le sol obéit à la loi de Darcy telle que:

$$Q = K S I$$

avec

$$I = \frac{dy}{dx}$$

Appliquée à un débit passant à travers un plan vertical, perpendiculaire au plan de la figure, d'abscisse  $x$  et limitée à une tranche de  $1 \text{ m}$ . la loi de Darcy s'écrit:

$$Q = Q_c (x \cdot 1\text{m}) \quad ; \quad K = K_s$$

$$S = y \cdot 1\text{m} \quad ; \quad I = \frac{dy}{dx}$$

$$Q = K S I \text{ devient } qx = - K_s y \frac{dy}{dx}$$

qui devient par intégration:

$$Q_c x^2 + K_s y^2 = \text{Constante (2)}$$

La valeur de la constante est déterminée en se basant sur l'hypothèse que le sommet de la couche supérieure passe à la distance minimale de la surface du sol  $n$  pour  $x = 0$

Pour trouver la valeur de la constante on a:

Pour  $y = h$  et  $x = 0$  La relation (2) devient:

$$\text{Cte} = K_s h^2$$

Lorsque la nappe passe par les drains c'est à dire pour  $y = 0$  et  $x = L$  la relation (2) devient  $Q_c = Q_c L^2$  et l'équation de la couche supérieure de la nappe s'écrit:

$Q_c x^2 + K_s y^2 = Q_c L^2$  d'où en divisant les deux nombres par la constante:

$$Q_c = K_s h^2 = Q_c L^2$$

On a:

$$\frac{x^2}{L^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1$$

Qui est l'équation d'une ellipse ayant pour axes  $Ox$  et  $Oy$  et pour sommets du grand axe les centres des drains.

De même on déduit de  $K_s h^2 = Q_c L^2$  la relation fondamentale entre  $E = 2L$  et  $h$ . De l'expression

$$Kh^2 = Q_c L^2$$

$$Kh^2 = Q_c \frac{E^2}{4} \text{ d'où } E^2 = \frac{4K h^2}{Q_c}$$

d'où  $h = \frac{E}{2} \sqrt{\frac{Q_c}{K}}$  étant mesurés avec les mêmes unités par exemple le  $m/s$  pour  $K_s$  et  $m^3/m^2/s$  ou  $m/s$  pour  $Q_c$

Dans le cas d'un drain unique posé sur la couche imperméable, le débit  $Q$  restant le même quelque soit le plan mobile de section

d'abscisse  $x$  considéré, on aboutit à l'équation différentielle:

$$Q = Ky \frac{dy}{dx}$$

$$Q dx = -Ky dy$$

$$Qx = \frac{Ky^2}{2} + C$$

Conditions aux limites:

$$X = 0 ; y = h$$

$$C = \frac{Kh^2}{2}$$

$$X = L ; y = 0$$

$$QL = C$$

$$QL = \frac{Kh^2}{2} ; L = \frac{Kh^2}{2Q}$$

$$2QX = K(h^2 - y^2)$$

La valeur de la constante est donnée en notant que pour  $X = 0$ , la nappe n'est plus influencée et garde son niveau normal  $h$ .

d'où l'équation:

$2Qx = K(h^2 - y^2)$  qui indique que la section droite de la surface cylindrique de la nappe est une parabole d'axe  $Ox$  et avec le drain pour sommet. L'équation de la section s'écrit:

$$2QL = Kh^2$$

$$L = Kh^2/2Q$$

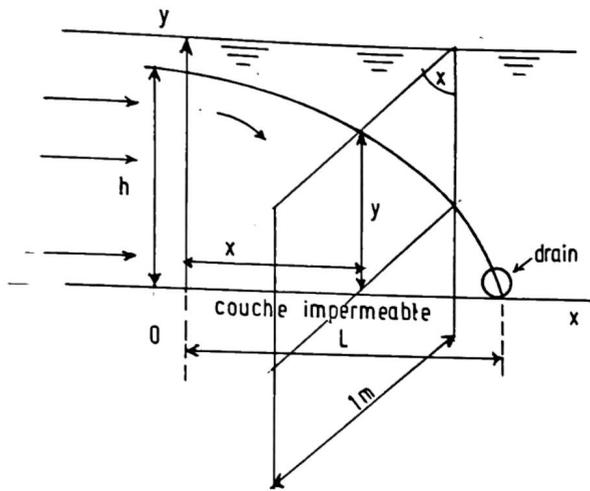


Fig IV. 4 Influence, sur une nappe alimentée latéralement, d'un drain unique reposant sur la couche imperméable.

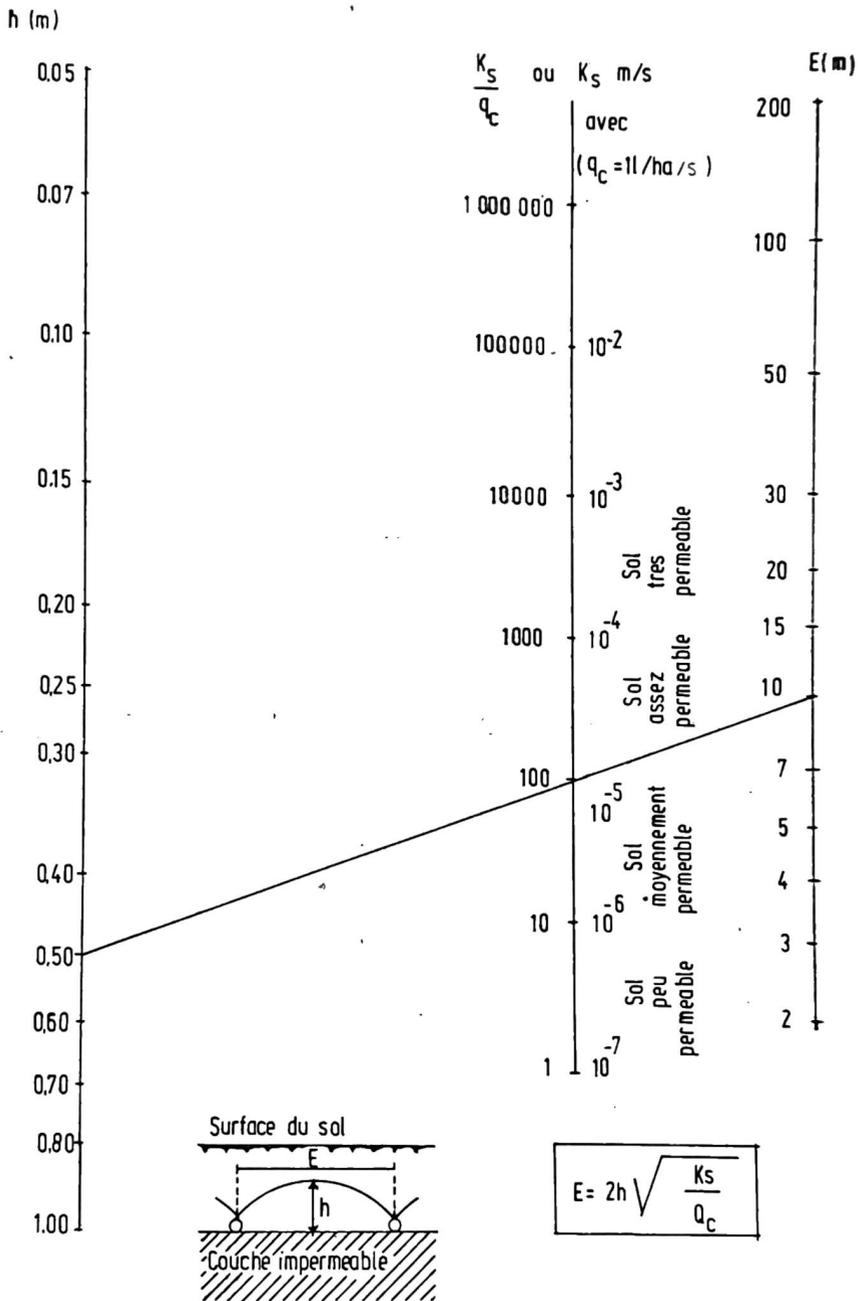


Fig. IV- 5 Abaque à points alignés donnant l'écartement des drains lorsque ceux-ci reposent sur la couche imperméable

### 4.2.3.3 Cas général

Lorsque les drains ne reposent pas sur une couche imperméable et c'est le cas général, la couche inférieure qui les supporte contribue grandement à leur alimentation. Si  $Q_c$  est le débit au mètre carré qu'on peut évacuer on aura d'après une étude de Hooghoudt la formule approchée suivante:

$$E^2 = \frac{4K_1 h^2}{Q_c} + \frac{8K_2 h \phi}{Q_c}$$

où:

$E$  = Ecartement des drains

$K_1$  = Conductivité hydraulique au dessus des drains

$K_2$  = Conductivité hydraulique au-dessous des drains

$h$  = La distance verticale entre la ligne horizontale qui traverse les fonds des drains et le niveau phréatique au milieu de l'écartement des drains

$\phi$  = Fonction de la profondeur de la couche imperméable

$Q_c$  = Débit caractéristique

$E^2 = E_1^2 + \phi$  dont le premier terme n'est autre que le carré de l'écartement des drains reposant sur une couche imperméable. Il est à la fois fonction de la charge et de la perméabilité moyenne de la couche supérieure.

Le second terme est fonction de la charge  $h$ , du débit caractéristique  $Q_c$ , de la perméabilité moyenne de la couche inférieure ainsi que d'un index  $\phi$

Cet index variant très peu avec le rayon  $r$  des drains, est fonction de la profondeur  $P$  de la couche imperméable

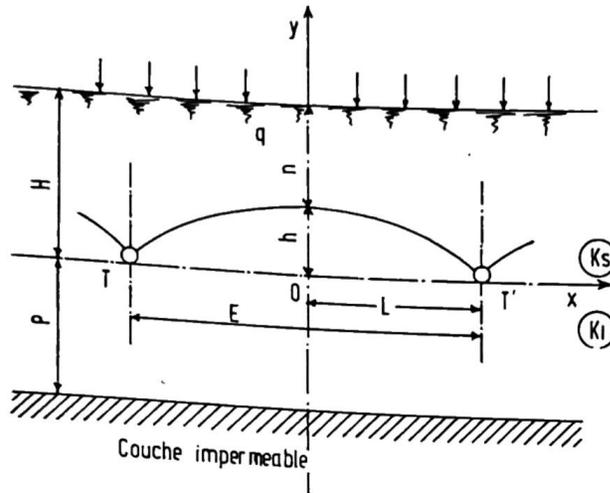


Fig IV-6 Ecartement des drains (cas général).

La formule dite de Hooghoudt est relative au débit permanent c'est à dire à un niveau permanent. Or on a affaire à un phénomène variable étant donné que la pluie doit s'arrêter à un instant donné  $t$ . On utilise cette formule en y appliquant un coefficient  $\alpha$  soit:

$$E^2 = \frac{4Kh^2}{q} \alpha$$
 qui donne le débit à l'instant  $T$ . Dans la pratique le coefficient  $K$  n'est pas constant même pour un sol homogène.

Comment mesurer ce coefficient  $K$  de perméabilité?

On dispose soit de mesure de laboratoire soit de mesure en place.

Méthode de laboratoire. Actuellement on a mis au point une méthode dite de cube vergère selon laquelle on découpe dans le sol des cubes qu'on protège à la paraffine et sur lesquels on fait les essais de Darcy. Au laboratoire on mesure le coefficient de fil-

tration.

Méthode sur le terrain. On parvient maintenant à des mesures satisfaisantes à l'aide du procédé suivant:

- Creuser des trous à la tarière et au moyen de pompe, puiser l'eau et mesurer le coefficient de perméabilité en fonction du débit.

#### Quelques valeurs du coefficient K

Nature du sol	Valeur de K
Limon	$K = 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
Limon argileux à silicieux	$K = 6 \times 10^{-7}$
Argile à silex	$K = 3 \times 10^{-7}$
Sable argileux	$K = 1 \times 10^{-5}$
Tourbes	$K = 1 \times 10^{-4}$

4.3

#### Etude des sols drainés au moyen de fossés ouverts

A la différence du drainage par conduites enterrées, le mode d'action des fossés est double:

- a) D'une part, ils recueillent directement les eaux de surface et d'autre part ils abaissent le niveau de la nappe par filtration le long des talus.
- b) Le calcul de l'écartement des drains doit tenir compte des deux cheminements possibles de l'eau (en surface et en profondeur). Les raisonnements précédents pour le cheminement en profondeur restent valables aux deux conditions suivantes:

- 1) Ne considérer que la fraction  $Q'_c$  qui s'infiltré du débit caractéristique.
- 2) Dans les formules, substituer à la profondeur des drains et à la charge correspondante, la dénivellation de la surface de l'eau dans le fossé par rapport à la surface du sol.

Il importe donc de vérifier une fois que l'écartment de fossés à été calculé par la formule de Hooghoudt que l'écoulement du débit  $Q'_c$  de l'eau de surface s'effectue assez rapidement pour ne prolonger la submersion

Dans la pratique on restreint le champ d'écartment et on adopte des écartments beaucoup plus faible que ceux autorisés par les formules 8 à 10 m au minimum. Dans les terrains très perméables l'écartment est de 25 m au maximum. C'est pourquoi le drainage par tuyaux est très onéreux.

Il est préférable d'avoir recours au drainage par fossés pour lequel on peut admettre un écartment allant jusqu'à 40 mètres.

## CHAPITRE V

DRAINAGE PAR TUYAUX ENTERRES

5.1

Nature du drainage par tuyau

Le drainage par tuyaux enterrés est en général appliqué dans les cas de terrains riches et dans des régions où la pluviométrie est régulière. Il consiste donc dans un réseau de tuyaux de diamètre différents placés les uns à la suite des autres et disposés dans le sol de la façon la plus convenable pour l'assainir et l'aérer.

Les tuyaux de plus petit diamètre sont les petits drains et les autres gros diamètres destinés à recueillir les eaux des premiers sont des collecteurs. Les drains sont ordinairement disposés en lignes parallèles, reliés aux collecteurs qui évacuent vers les collecteurs secondaires, ceux-ci étant eux-mêmes rattachés au collecteur principal par une chambre de raccord ou regard. Le collecteur principal se termine par un ouvrage dit bouche de drainage terminée par une conduite de plus grande dimension. L'ensemble constitué par les drains, les collecteurs, les collecteurs secondaires et le collecteur principal, définit un système. Il y a donc autant de systèmes dans une aire que de collecteurs principaux. Dans bien des cas, les systèmes sont complétés par des drains de ceinture disposés de façon à protéger la surface assainie contre l'eau des terres avoisinantes.

5.2

Etudes préalables: Données de base

Préalablement à l'étude de tout projet d'exécution de drainage, l'ingénieur de projet doit pouvoir disposer des données fondamentales ci-après:

- Les causes d'humidité

- Le niveau optimal de la nappe et le niveau maximal que la nappe peut atteindre pendant un temps donné.
- La nature du sol définie par sa perméabilité, les différentes couches du sous-sol immédiat et la profondeur de la couche imperméable.
- Le débit caractéristique spécifique en moyenne (1 litre par seconde par hectare).
- L'existence ou non d'un émissaire et sa localisation, ses caractéristiques géométriques et hydrauliques.

## 5.3

Tracé du réseau5.3.1 Etude de la topographie du terrain

Un bon tracé du réseau ne se conçoit que sur un plan topographique à l'échelle 1/1000 ou 1/500 précis et complet. Cela suppose un relevé planimétrique et altimétrique de taille matérialisé par une carte à courbes de niveau équidistancés de 0.25 à 0.50 m. Sur la carte on s'attachera à reconnaître et à tracer les thalwegs principaux et secondaires ainsi que les lignes de crête. On utilisera la couleur bleue pour représenter les thalwegs et la couleur rouge pour les lignes de crête.

5.3.2 Disposition générale

Les collecteurs seront placés dans les thalwegs. L'ensemble des collecteurs est assez semblable au chevelu hydrographique qui se formerait sous une grosse pluie. Les petits bassins versants sont drainés par les petits drains qui amènent l'eau drainée dans les collecteurs. L'idée principale qui doit guider l'ingénieur dans ses dispositions se résume en disant que les thalwegs représentent la place idéale pour les collecteurs et que les petits bassins sont indépendants les uns des autres. Ce qui écarte tou-

te possibilité qu'un petit drain traverserait une ligne de crête.

## 5.3.3

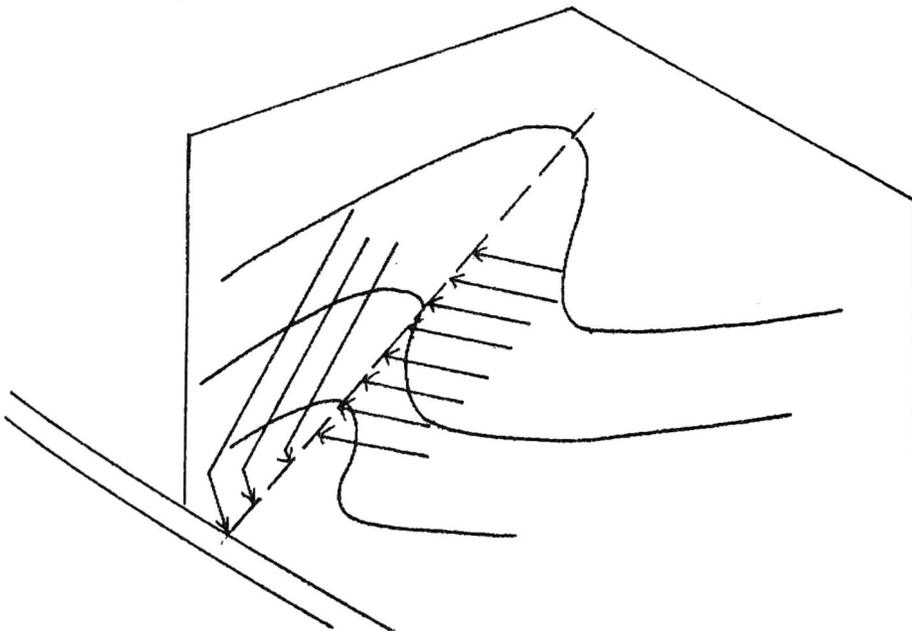
Direction des petits drains

Dans l'aménagement d'un réseau de drainage, on divisera la surface en panneaux et les drains seront placés à l'écartement qu'on s'est fixé.

On distingue deux types de panneaux:

- 1) Les panneaux dont les drains sont placés parallèlement à la direction de la plus grande pente.
- 2) Les panneaux dont les drains sont placés transversalement à la direction de la plus grande pente.

Fig V-1 Schema de disposition des panneaux des drains



Les premiers sont du domaine du drainage longitudinal et les seconds du domaine drainage transversal. On adoptera le drainage longitudinal dans le cas de terrain très plat de pente inférieure à trois pour mille (3‰) qui est la pente minimale à donner aux drains en poterie pour une vitesse comprise entre 0,20 m/s et 0,4 m/s.

Mais la pratique courante est d'adopter le drainage transversal et cela s'explique par les raisons suivantes:

- Les drains disposés transversalement à la pente évacuent plus rapidement que les autres, bénéficiant de collecteurs implantés suivant la pente maximale du terrain. Ce qui permet de libérer le sol le plus rapidement possible de ses excédents d'eau et d'écartier les dangers et risques d'obstruction des tuyaux.
- Les drains transversaux ont leur effet sur une plus grande distance, ce qui permet de réduire le nombre de drains et de provoquer une réduction du prix de revient.

Le drainage transversal de son côté présente les inconvénients suivants:

- Difficulté de jalonnage, de pose des petits drains et risque d'obstruction des tuyaux en raison des pentes trop faibles.

#### 5.3.4 Collecteurs

Dans le drainage transversal qui est le type de drainage le plus courant, les collecteurs sont placés dans les thalwegs, Mais en dehors de ces collecteurs, on peut être amené à aménager des collecteurs dits de reprise dont la vocation est de couper les files de petits drains quand celles-ci ont une longueur supérieure à la longueur maximale qui est de:

$$410 \text{ m pour } E = 10 \text{ m}$$

350 m pour  $E = 12$  m

200 m pour  $E = 20$  m

Des collecteurs de reprise sont aussi envisagés lorsque les petits drains ne peuvent être raccordés au collecteur principal en raison de leur diamètre trop grand  $> 0.14$  m.

Dans ce cas, ces collecteurs sont parallèles au collecteur principal et lui sont parallèles d'une distance égale à l'écartement des petits drains.

### 5.3.5 Cas particulier

#### 5.3.5.1 Drains de ceinture

L'objet des drains de ceinture c'est d'intercepter au passage l'eau qui vient des fonds supérieurs et éviter qu'elle ne gagne la zone qu'on veut drainer. Ces drains doivent être reliés aux collecteurs. On évitera qu'ils ne soient trop longs et on veillera à ce qu'ils soient raccordés au collecteur au moins tous les 50 mètres. Ils seront placés le long des limites du périmètre à une distance égale au quart ou à la moitié de l'écartement entre les petits drains.

#### 5.3.5.2 Petite dépression du terrain formant entonnoir

Dans de tels cas, l'action de tuyaux enterrés doit être complétée par un fossé destiné à évacuer les eaux superficielles.

#### 5.3.5.3 Terrains sourceux

Dans le cas de terrains sourceux on veillera à capter les eaux de sources qu'on évitera de faire déboucher dans les collecteurs. Lorsque les eaux sont ferrugineuses elles seront portées dans des drains entourés de pierres cassées. Dans le cas de débits impor-

tants les drains seront criblés de trous et on introduira sur le système des tuyaux verticaux percés de trous et protégés de pierres.

5.4

#### Profondeur du réseau - Ecartement des drains

5.4.1

##### Profondeur

La profondeur des drains et leur écartement sont deux facteurs étroitement liés dans le drainage d'un terrain. Mais ils sont également rattachés aux conditions pédologiques, hydrologiques et économiques locales. En général, dans l'aménagement d'un système de drainage, le principe est de fixer d'abord la profondeur des drains et d'en déduire l'écartement correspondant. A partir de nombreuses observations et expérimentations, il est établi que la profondeur varie entre 0.70 m et 1,50 m.

Le drainage profond est fortement recommandé pour les sols argileux. Dans certains cas notamment dans celui de sol presque horizontal on fait varier la profondeur de l'aval vers l'amont dans le but de créer une pente artificielle.

Quant aux collecteurs ils doivent être placés de façon que leurs génératrices supérieures soient sur le même plan que celles des petits drains dont ils reçoivent les eaux.

5.4.2

##### Ecartement des drains

L'écartement des drains est en corrélation avec la profondeur, comme en témoignent des formules présentées dans les chapitres précédents et qui font intervenir les éléments ci-après:

- Profondeur d'abaissement de la nappe souterraine et variation du niveau de cette nappe avec les saisons.

- Nature du terrain et profondeur de la couche imperméable.
- Débit caractéristique

On retiendra à titre indicatif les chiffres suivants:

Ecartement

8 à 12 m pour les terrains compacts

12 à 16 m pour les terres franches ordinaires

16 à 20 m pour les terres sablonneuses avec argile.

5.5

#### Diamètre et longueur des petits drains

Les opinions sont très partagées quant au diamètre à utiliser pour les petits drains. Les Suisses recommandent un diamètre de 8 cm. Mais en raison des contraintes économiques liées à la dimension des drains, les services français du génie rural estiment qu'un diamètre de 5 cm peut être adéquat mais n'écartent pas la possibilité d'aller à un diamètre de 6 cm et même de 8 cm.

Diamètre et longueur des drains sont deux éléments corrélatifs en matière de drainage. Le débit imposé au diamètre est d'autant plus important que s'allonge le drain. En effet un petit drain assèche un volume de terre de plus en plus considérable donc véhicule en volume d'eau de plus en plus grand à mesure qu'on descend de l'amont vers l'aval. Ainsi un diamètre peut être soumis à une demande trop importante qui ralentit l'écoulement. c'est ce qui explique la nécessité de limiter la longueur d'un petit drain.

La longueur maximale d'un drain est celle pour laquelle la surface à assainir lui fournit un débit égal au débit maximal qu'il peut transiter, Elle peut être calculée par la formule:

$$L_M = \frac{Q_M}{EQ_c}$$

avec:

$L_M$ : Longueur maximale, en mètre

E: Ecartement entre les drains, en mètre

$Q_C$ : Débit caractéristique  $m^3/s \cdot /m^2$

$Q_M$ : Débit maximal en  $m^3/s$  de la conduite

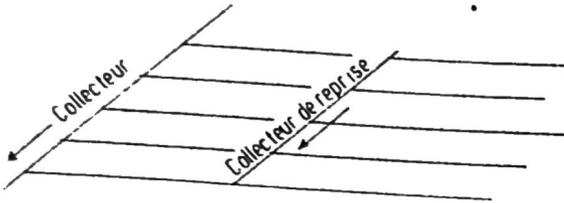


Fig.V-2 Collecteur de reprise coupant des lignes trop longues

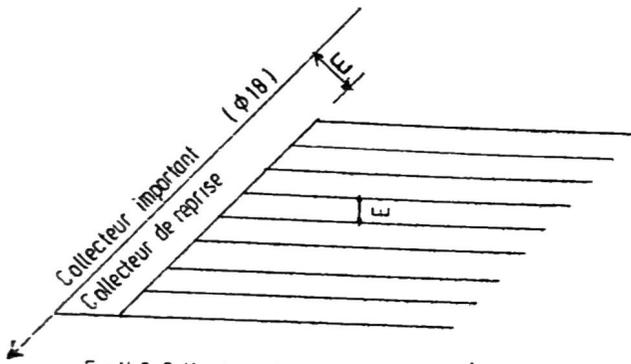


Fig.V-3 Collecteur de reprise parallèle à un collecteur de gros diamètre

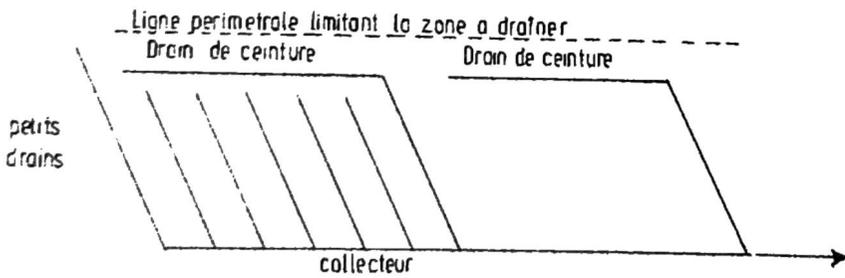
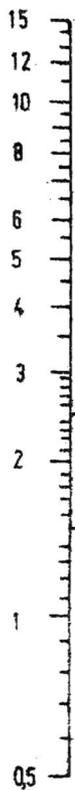
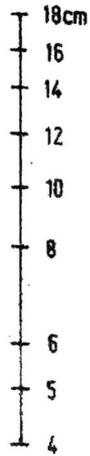


Fig.V-4 Exemple de disposition des drains de ceinture

Débits en l/s

Diamètres  
Commerciaux

Pentes par m

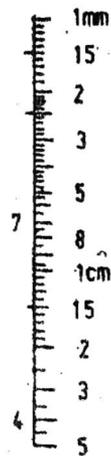


Fig. V-5 Abaque à points alignés pour la détermination des diamètres à donner aux tuyaux de drainage (collecteurs) (d'après M. Sangle, professeur à l'institut agronomique), (Poirrée et Ollier 1962)

## CHAPITRE VI.

DRAINAGE PAR FOSSES

6.1

Conception Générale

Le drainage par fossés ouverts, malgré les inconvénients liés à la pente du terrain et aux difficultés de labour qu'il entraîne reste la méthode de drainage la plus courante dans les pays du Tiers-Monde et notamment en Haïti. Le réseau de drainage peut être conçu soit comme un réseau méthodique et régulier soit comme un réseau irrégulier.

Un réseau régulier est constitué de fossés régulièrement écartés et orientés selon un schéma qui couvre toute la zone à assainir.

Un réseau irrégulier est constitué de fossés placés dans les endroits où l'eau vient naturellement s'accumuler. Un tel tracé est étroitement lié à la topographie et à l'hydrologie de la région. Il réduit au minimum les fossés-drains au profit de collecteurs secondaires placés dans les thalwegs et les dépressions formant entonnoir.

6.2

Ouvrages de Ceinture

Etant donné un terrain à assainir, l'une des préoccupations premières de l'ingénieur est de le soustraire à l'action de l'eau extérieure. C'est le rôle des ouvrages de ceinture, notamment les canaux de ceinture d'intercepter ces eaux et de les conduire vers l'émissaire. L'aménagement de tels ouvrages contribue à réduire les dimensions des fossés du système intérieur et dans le cas d'évacuation des eaux intérieures ou par pompage il limite au strict minimum les débits et par conséquent la puissance des pompes. L'interception des eaux extérieures par un canal de ceinture pour empêcher leur accès dans le périmètre est une garantie certaine pour le succès de l'opération.

## 6.2.1 Canal de ceinture tracé et caractéristiques

Le canal de ceinture est généralement tracé suivant une ligne parallèle aux limites de la zone à assainir à une distance variable. Dès fois ce canal n'est aménagé que sur la portion du périmètre à assainir et où les eaux extérieures sont le plus à craindre.

En dehors du tracé, les principaux points d'intérêt dans l'aménagement d'un canal de ceinture sont: le débit, la pente, le profil en long, le profil en travers et la vitesse.

### 6.2.1.1 Débit

Le rôle du canal de ceinture est d'assurer la pleine protection du périmètre à assainir. Par conséquent il est appelé à véhiculer des eaux d'origines diverses.

- Le débit de la nappe souterraine
- Eaux superficielles dont le débit est lié aux pluies tombées dans les parties amont du bassin versant extérieures à la surface à assainir. Ce débit dont la détermination est nécessaire au dimensionnement du canal, est fonction du niveau de protection retenu par le Maître de l'Ouvrage. Rappelons que le débit de ruissellement est consécutif à des pluies classées selon leur importance: pluie annuelle, pluie quinquennale, pluie décennale, pluie cinquantenaire, pluie centenaire.

De nombreux procédés existent pour le calcul du débit de ruissellement. Il y a lieu de citer la méthode dite rationnelle applicable aux petits bassins versants. elle s'exprime par l'expression:

$$Q = 0.278 C I A$$

- avec: C = Coefficient de ruissellement
- C = 0,75 à 0,95 Pour surfaces revêtues, macadam, toits
- C = 0,60 à 0,80 Zone d'érosion vive
- C = 0,15 à 0,25 Terre de culture
- C = 0,01 à 0,05 Terrain plat
- C = 0,05 Terrain en pente, moyenne et fortement boisé.
- I = en mm/h
- (I étant lié dans une courbe  
Intensité-durée au temps de concentration)
- A = Surface du bassin versant, en km<sup>2</sup>
- Q = en m<sup>3</sup>/s

Rappelons que le temps de concentration  $t_c$  d'un bassin est la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombant sur le point hydrologiquement le plus éloigné de celui-ci, arrive à l'exutoire.

De nombreuses formules ont été établies pour la détermination du temps de concentration. Retenons celle bien connue de KIRPICH:

$$t_c = 4 (L/\sqrt{i})^{0.77}$$

avec:

- $t_c$  : Temps de concentration, en minute
- L : Longueur du parcours de la goutte d'eau, en Km
- i : Pente moyenne du Bassin versant

- \* La formule de Possenti qui fait intervenir une relation directe entre le débit maximum est la pluie qui le détermine. Pour les bassins versants montagneux, elle est présentée sous la forme suivante:

$$Q = \frac{\alpha \cdot H_m}{L} (A_m + A_p/3)$$

où:

$H_m$  = Précipitation maximale pendant 24 heures, en mètre.

$L$  = Longueur du thalweg, en Km.

$A_m$  = Aire de la partie montagneuse du bassin versant, en  $Km^2$

$A_p$  = Aire de la partie en plaine du bassin, en  $Km^2$

$\alpha$  = Coefficient compris entre 700 et 800. Il est d'autant plus grand que  $L$  est petit.

Dans le cas de petits bassins versants tels que ceux alimentant les assainissements ruraux, M. Remenieras, recommande l'emploi de la formule de Turazza qui s'écrit:

$$Q = \frac{C H A}{3.6 T_c}$$

où:

$Q$  = Débit maximum de crue, en  $m^3/s$

$C$  = Coefficient de ruissellement du bassin pour la crue considérée.

$H$  = Précipitation maximale, relevée pendant une durée égale au temps de concentration  $T_c$ , en m.

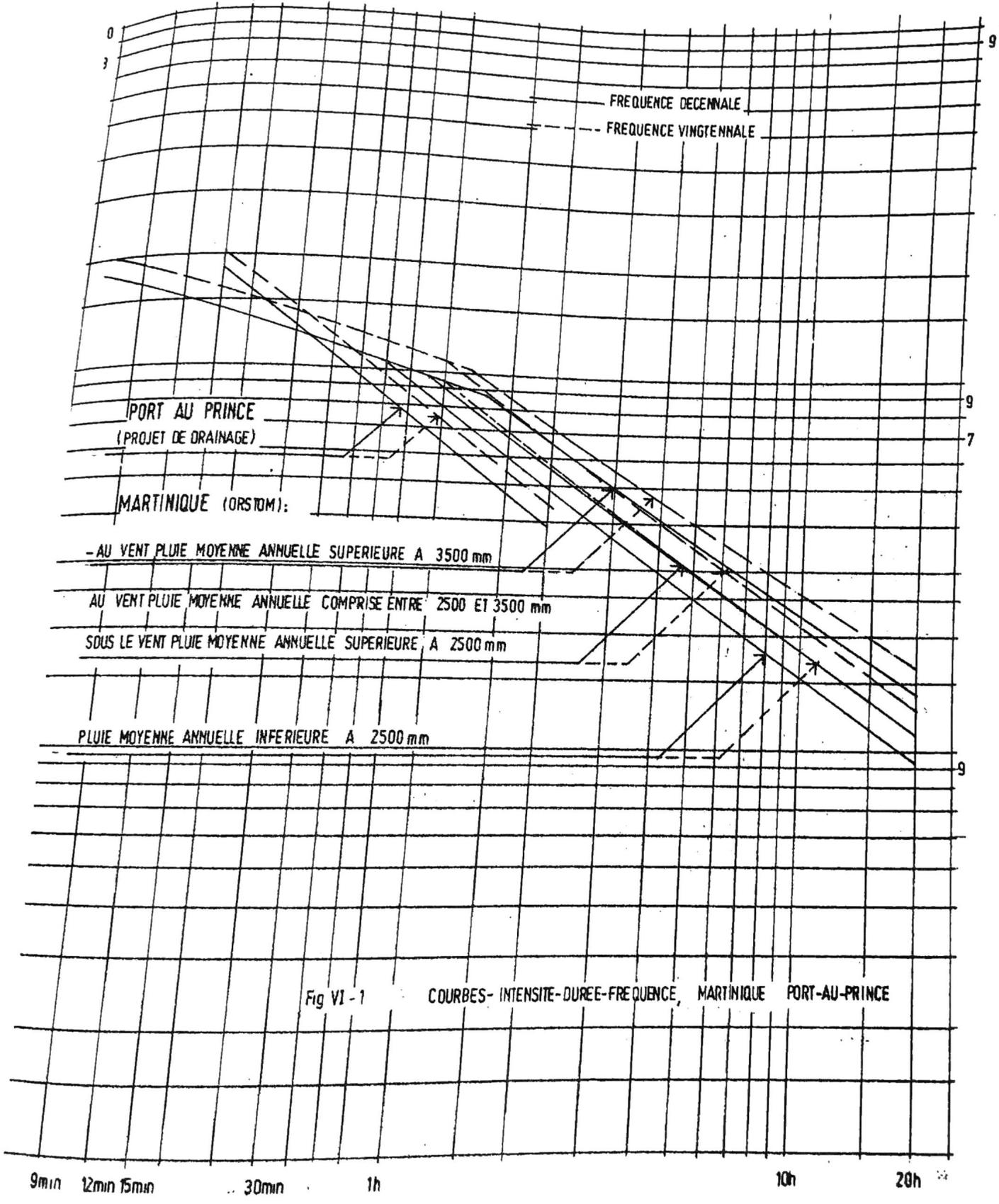
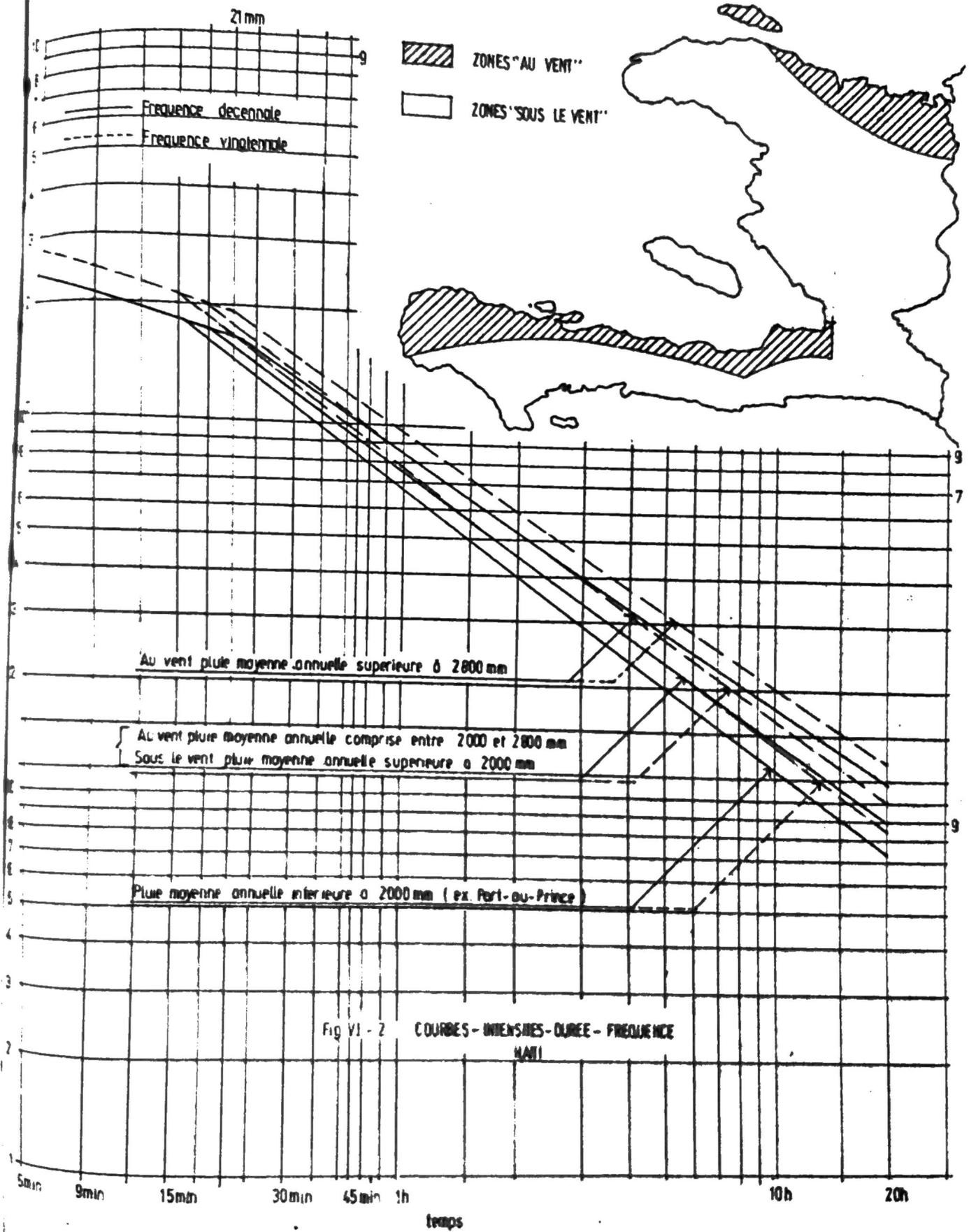


Fig VI - 1 COURBES- INTENSITE-DUREE-FREQUENCE, MARTINIQUE PORT-AU-PRINCE



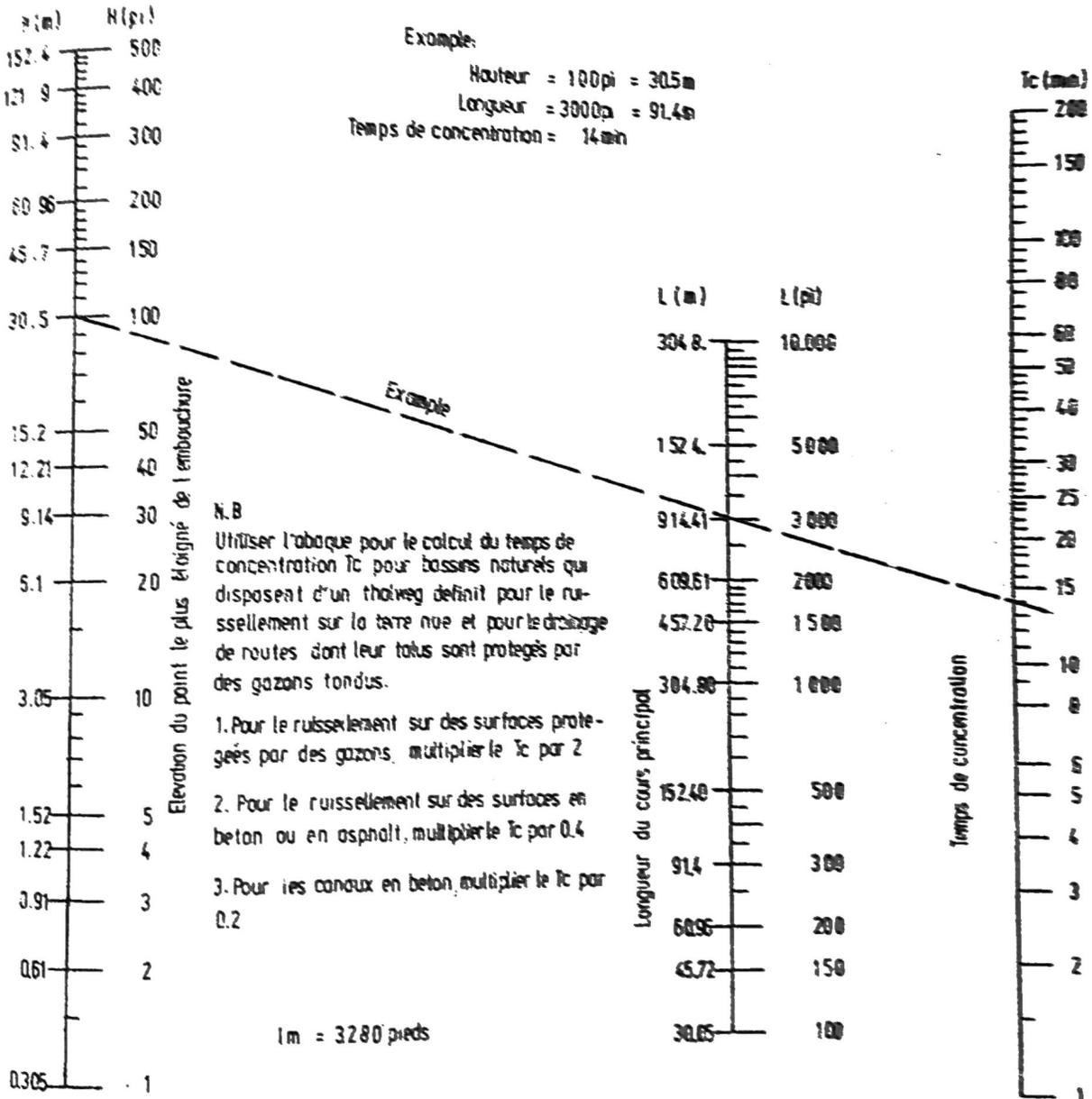


Fig.VI - 3 Abaque pour le calcul du temps de concentration pour petits bassins versants (Zones rurales) d'après la formule de P-Z Kirpich

$T_c$  = Temps de concentration, en heure.

#### 6.2.1.2 Pente et Profil

La pente du canal de ceinture ne doit être ni trop faible, ni trop forte. Elle doit être telle qu'elle évite aussi bien le ravinement des parois que la formation des dépôts. Elle sera donc aussi forte que le permet la nature du terrain. On veillera à faire déboucher le canal de ceinture librement dans l'émissaire ou le canal de raccordement.

Dans le cas de risque de remontée de l'eau de l'émissaire dans le canal de ceinture on renforcera les berges de ce dernier de manière à éviter tout déversement sur les terres avoisinantes.

Dans le cas où le terrain naturel correspondant à un canal de ceinture, présente une pente forte, le canal sera divisé en biefs de pente convenable séparés par des chutes.

Les dimensions de la section seront calculées de façon à limiter le plan d'eau à la hauteur voulue pour que les terrains avoisinants ne soient ni trop deséchés ni trop humides.

On doit prévoir une revanche au-dessous du niveau des berges d'au moins 0,20 m en hautes eaux mais ne dépassant pas 0,80 m. Mais dans le cas de région où les débits à l'étiage sont très différenciés de ceux des périodes pluvieuses, on envisagera un canal à deux sections correspondant l'une aux eaux moyennes et l'autre aux hautes eaux.

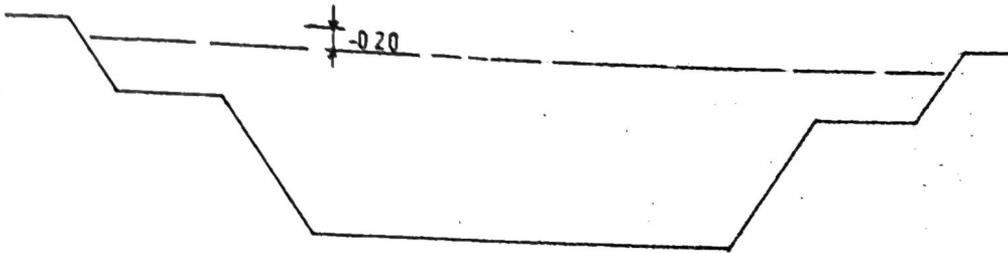


Fig VI 4. Schema d'une section transversale composée d'un fossé

Il existe de nombreuses formules pour le calcul des sections. Les plus couramment employées sont celles de BAZIN et de MANNING-STRICKLER.

Formule de Manning-Stricker

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

où :

$R$  = Rayon hydraulique =  $\frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$ , en m

$I$  = La pente

$n$  = Coefficient de rugosité variable avec la nature des parois

$n = 0,015$  pour paroi bétonnée

$n = 0,025$  pour paroi en terre damée

$n = 0,030$  pour paroi gazonnée

### 6.2.1.3 Vitesse

La vitesse dans les canaux de ceinture qui est principalement fonction de la pente et des dimensions du canal, doit rester dans des limites assez étroites. Elle ne doit ni provoquer de dépôt ni de ravinement allant de  $0,45 \text{ m/s}$  à  $2,40 \text{ m/s}$ .

### 6.3. Autres ouvrages

Sous cette rubrique on considère en général de larges fossés dyssymétriques à flanc de coteaux munis sur la berge côté aval, d'un cavalier formant diguette. Ces ouvrages sont destinés à intercepter les eaux superficielles en provenance des parties supérieures du bassin. Les eaux ainsi interceptées sont amenées aux collecteurs dans de grands fossés.

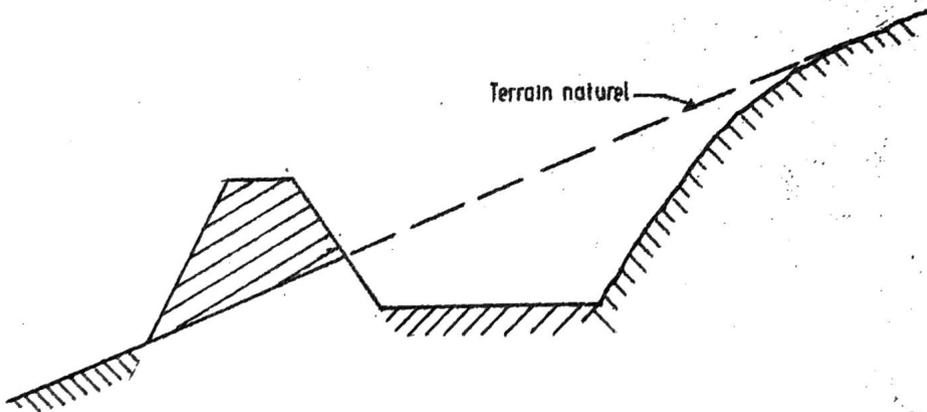


Fig VI 5 Schema d'une section transversale d'un fosse à flanc de coteaux.

6.3

Les petits fossés

Le drain ou petit fossé est l'élément fondamental des travaux destinés à recueillir les eaux en excès des terres à assainir pour les déverser dans les collecteurs, les fossés doivent être dirigés transversalement à la ligne de plus grande pente du terrain, ce qui leur permet d'intercepter à la fois la nappe souterraine et les eaux superficielles.

Dans le cas où il ne se pose pas de problème d'humidité lié à la nappe souterraine, les fossés ne seront concernés que par les eaux superficielles. Ils seront par conséquent peu profonds et très espacés les uns des autres. Dans le cas où des remontées souterraines sont aussi à l'origine des problèmes d'humidité, les fossés seront plus profonds et plus rapprochés. Les plafonds des fossés seront de 20 cm plus bas que le niveau auquel on veut abaisser la nappe.

Une question qui a toujours été préoccupante pour les ingénieurs de drainage, c'est celle de l'écartement des drains.

La formule de Hooghoudt mentionnée dans des chapitres précédents est applicable pour les drains en tuyaux enterrés puisqu'elle ne considère pas les eaux superficielles. Des études russes ont mis à la disposition des ingénieurs d'hydraulique agricole de nombreuses formules dont celle semi-empirique proposée par A.N. KOSTIAKOV.

- Formule de KOSTIAKOV

$$E_{\text{mètre}} = \frac{78}{y} d i T^2 \sqrt{I}$$

où:

E = Est l'écartement des drains - fossés,

- $y$  : Est le coefficient de rugosité de la parcelle,  
 $d$  : Le coefficient d'écoulement de la parcelle,  
 $i$  : L'intensité en mm/h des précipitations correspondant à une pluie de deux ans ou même quinquennale  
 $T$  : La durée, en jour, de submersion admissible,  
 $I$  : La pente du terrain à drainer.

Les valeurs à choisir pour le coefficient de rugosité et d'écoulement sont données par les tableaux suivants:

<u>Nature de la parcelle</u>	<u>Coefficient de rugosité <math>y</math></u>
Champ cultivé	1 à 5
Prairie marécageuse	5 à 10
Tourbière	10 à 15

<u>Pente et nature du sol</u>	<u>Coefficient d'écoulement <math>d</math></u>
Pente régulière Ruissellement facile	0.3 à 0,4
Pente régulière Ruissellement médiocre	0.4 à 0.5
Pente boisée Faiblement ruisselante	0.5 à 0.65
Pente raide Peu ruisselante	0.65 à 0.8
Écoulement de printemps sur sol gelé	0.8 à 0.85

6.4

Collecteur

Dans un système de drainage, on peut distinguer deux (2) types de collecteurs: les collecteurs secondaires et le collecteur principal. Les premiers reçoivent les eaux des petits drains et le second c'est à dire le collecteur principal, reçoit les eaux des collecteurs secondaires. Aux points de jonction des fossés avec les collecteurs secondaires, le plafond de ces derniers doit être à un niveau égal ou inférieur à celui des petits fossés. La même règle régit la situation altimétrique des collecteurs secondaires par rapport au collecteur principal aux points de liaison. Les pentes de même que les vitesses d'écoulement ne doivent pas être trop fortes. Elles sont de toute manière liées à la nature du sol donc à la résistance du sol. Dans le cas où la topographie du terrain se prête naturellement à une pente trop forte, on veillera, en aménageant des drains collecteurs, à limiter la pente au moyen de chutes.

Le collecteur principal suit en général le thalweg principal. Dans le cas de terrains très plats, il est nécessaire d'utiliser toute la pente disponible. Cet objectif ne peut être atteint que par un tracé aussi rectiligne que possible qui réduit au maximum la distance entre la côte de départ et celle d'arrivée à l'émissaire.

On doit se rappeler que l'arrivée à l'émissaire peut se faire soit directement, soit par l'intermédiaire d'un canal soit enfin par un bassin régulateur ou par élévation mécanique.

Les caractéristiques géométriques et hydrauliques: pente, profondeur et section répondent aux mêmes lois hydrauliques que les canaux de ceinture.

Que l'on se rappelle qu'un même canal de grande dimension qui, en période pluvieuse, charrie d'importants débits ne véhicule que des débits insignifiants en période d'étiage d'où la nécessité d'étudier et d'aménager des sections étagées.

### 6.5 Conditions d'emploi

Le drainage par fossés ouverts est surtout recommandé dans les cas suivants:

- Cas d'évacuation rapide de grands volumes d'eau superficielles provenant des grandes pluies.
- Cas d'assainissement et d'irrigation combinés dans le cadre duquel les fossés ouverts qui permettent l'assainissement en période humide sont utilisés en saison sèche, grâce à un système de vannes, pour l'irrigation par infiltration.
- Cas de terrains plats en raison de la capacité des fossés ouverts de véhiculer de très forts volumes malgré des pentes faibles.
- Cas de terrains de très faible valeur ne justifiant pas d'importants investissements. On sait que le drainage par tuyaux enterrés coûte relativement cher par rapport au drainage à sillon ouvert.
- Cas de ressuyage des terres récupérées dans les polders où il est nécessaire d'avoir un ressuyage et un dessalage efficace des terres.

### 6.6 Avantages et inconvénients

Les avantages sont déjà clairement exprimés dans tout ce qui justifie l'emploi d'une telle méthode de drainage. Il faut qu'on y ajoute le coût moins élevé de tels travaux qui réclament une main-d'oeuvre spécialisée et des produits manufacturés.

Quant aux inconvénients ils sont nombreux et consistent en ce qui suit:

- Perte de terrain et difficultés de labour par création d'obstacles à l'évolution des équipements mécaniques.

- L'action sur les propriétés physiques des terres n'a pas l'intensité des tuyaux enterrés.
- Le coût d'entretien qui peut se révéler très onéreux lorsqu'il s'agit de curer les fossés au moins une fois par an, de rectifier les parois qui se déforment sous l'action des infiltrations et d'enlever les herbes qui croissent.

## CHAPITRE VII

DRAINAGE PAR POMPAGE

Le drainage par pompage s'applique principalement pour des terrains en bordure de mer à marée ou d'estuaires fluviaux et dont le niveau inférieur se trouve en dessous des basses mers.

De tels terrains ne peuvent être mis à la culture que s'ils font l'objet d'un assèchement qui n'est finalement possible que par relèvement mécanique.

De tels aménagements ne peuvent être décidés que sous réserve de sérieuses études économiques. On connaît les implications de l'utilisation de la pompe.

Le coût de l'opération est étroitement lié au débit qu'on veut pomper. Il s'agira pour l'ingénieur de voir comment minimiser ce débit. C'est la connaissance du temps admissible de submersion et de l'ensemble des données hydrologiques qui guidera l'ingénieur. Le dimensionnement de la pompe obéit à la formule ci-après:

$$P_{kwh} = \frac{Q \times H}{n\%} \quad 2.724 \times 10^{-6} \quad \text{Ou}$$

$$P_{cv} = \frac{Q \times H}{n\% \times 0.736} \times 2724 \times 10^{-6}$$

Nous reproduisons ci-contre un tableau de grand intérêt pratique pour l'ingénieur d'hydraulique confronté aux problèmes de ce type:

TABLEAU V - Energie nécessaire en KWH. et en CV pour élever 1 m<sup>3</sup>/h d'eau à la hauteur manométrique H.

$$P. \text{ kwh} = \frac{Q \times H}{n\%} \times 2724 \times 10^{-6}$$

$$P. \text{ cv} = \frac{Q \times H}{n\% \times 0.736} \times 2724 \times 10^{-6}$$

H	n = 50%		n = 55%		n = 60%		n = 65%		n = 70%		n = 75%	
	KW/H	C.V.										
10	0,055	0,075	0,050	0,068	0,045	0,061	0,042	0,057	0,039	0,053	0,036	0,049
20	0,109	0,148	0,100	0,136	0,091	0,124	0,084	0,114	0,078	0,106	0,073	0,099
30	0,164	0,223	0,149	0,202	0,136	0,185	0,126	0,171	0,117	0,159	0,109	0,148
40	0,218	0,296	0,199	0,270	0,182	0,247	0,168	0,228	0,156	0,212	0,145	0,197
50	0,273	0,371	0,249	0,338	0,227	0,308	0,209	0,284	0,195	0,265	0,182	0,247
60	0,327	0,444	0,299	0,406	0,292	0,370	0,251	0,341	0,233	0,316	0,218	0,296
70	0,382	0,519	0,349	0,474	0,318	0,432	0,293	0,398	0,272	0,370	0,254	0,345
80	0,436	0,592	0,398	0,541	0,363	0,493	0,335	0,455	0,311	0,423	0,290	0,394
90	0,491	0,667	0,448	0,609	0,409	0,556	0,377	0,512	0,350	0,476	0,327	0,444
100	0,545	0,740	0,498	0,677	0,454	0,617	0,419	0,569	0,389	0,529	0,363	0,493
110	0,600	0,815	0,548	0,745	0,499	0,678	0,461	0,626	0,428	0,582	0,399	0,542
120	0,654	0,889	0,598	0,812	0,545	0,740	0,503	0,683	0,467	0,635	0,436	0,592
130	0,709	0,963	0,647	0,879	0,590	0,802	0,545	0,740	0,506	0,688	0,472	0,641
140	0,763	1,037	0,697	0,947	0,636	0,864	0,587	0,798	0,545	0,740	0,508	0,690
150	0,818	1,114	0,747	1,015	0,681	0,925	0,629	0,855	0,584	0,793	0,545	0,740
160	0,872	1,185	0,797	1,083	0,726	0,986	0,670	0,910	0,622	0,845	0,581	0,789
170	0,927	1,260	0,847	1,151	0,772	1,049	0,712	0,967	0,661	0,898	0,617	0,838
180	0,981	1,333	0,896	1,217	0,817	1,110	0,754	1,024	0,700	0,951	0,653	0,887
190	1,036	1,408	0,946	1,285	0,863	1,173	0,796	1,082	0,739	1,004	0,688	0,935
200	1,090	1,481	0,996	1,353	0,908	1,234	0,838	1,139	0,778	1,507	0,726	0,986
210	1,145	1,556	1,046	1,421	0,953	1,295	0,880	1,196	0,817	1,110	0,762	1,035
220	1,199	1,629	1,096	1,489	0,999	1,357	0,922	1,253	0,856	1,163	0,799	1,086
230	1,254	1,704	1,145	1,556	1,044	1,418	0,964	1,310	0,895	1,216	0,835	1,135
240	1,308	1,777	1,195	1,624	1,090	1,481	1,006	1,367	0,934	1,269	0,871	1,183
250	1,363	1,852	1,245	1,692	1,135	1,542	1,048	1,424	0,973	1,322	0,908	1,234
300	1,635	2,221	1,494	2,030	1,362	1,851	1,257	1,708	1,167	1,586	1,089	1,480
350	1,908	2,592	1,743	2,368	1,589	2,159	1,466	1,992	1,362	1,851	1,271	1,727
400	2,180	2,962	1,992	2,707	1,816	2,467	1,676	2,277	1,556	2,114	1,452	1,973
500	2,725	3,702	2,490	3,383	2,270	3,084	2,095	2,846	1,945	2,643	1,815	2,466

## CHAPITRE VIII

MACHINES ET EQUIPEMENT POUR LE DRAINAGE8.1 Matériel pour l'exécution manuelle

Les équipements utilisés pour l'exécution manuelle des travaux de drainage sont:

- La pelle, le louchet, la pioche, les brouettes, le camion et le wagonet, la machette.

Ces instruments servent principalement aux travaux de terrassement et de débroussaillage.

8.2 Matériel pour l'exécution mécanique

Les matériels pour l'exécution mécanique des terrassements sont d'une game très variée. Mais l'étude de ces appareils relèverait plutôt d'un cours sur le machinisme des équipements de travaux publics. Nous nous contenterons d'indiquer quelques types d'appareils

## a) Pelle fouilleuse ou Pelle rétro

La pelle est un engin lourd principalement pour exécuter des travaux de fouille. Elle est très utilisée pour le travail en tranchée en opérant et en reculant. Il s'agit d'une pelle dont la flèche et le bras sont simplement articulés, l'un sur l'autre et manoeuvrant un godet à fond fixe de capacité variable de 300 litres à 1300 litres. Cet engin opère comme ci-après.

"L'engin appuyant sur le terrain (A) le treuil de levage relève le bras en remplissant le godet par raclage.

En agissant sur le cable de relevage de flèche sans lacher

le câble du godet on amène l'ensemble et après rotation on vide le godet en tirant sur le câble flèche et lâchant le câble du godet (D)

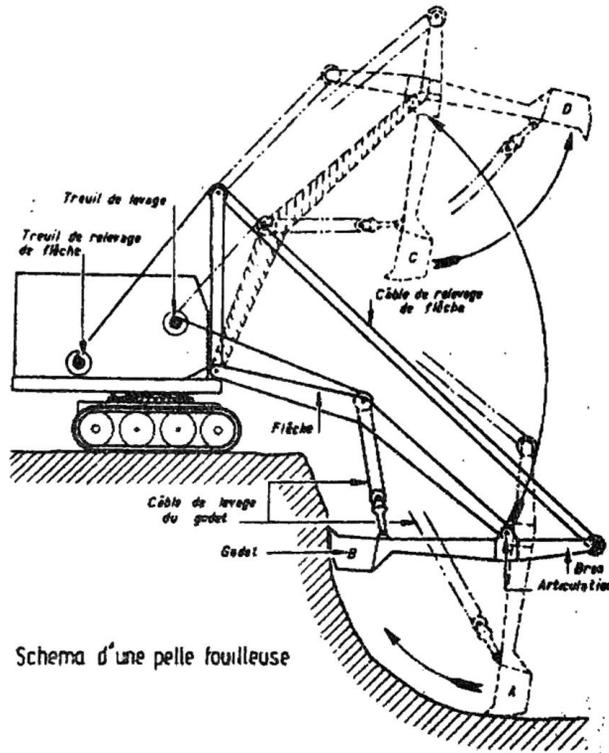


Fig VIII 1 Schema d'une pelle fouilleuse

Dans le cas de travaux d'ouverture de fossé, ces machines travaillent de l'avant vers l'arrière à cheval sur l'axe implanté du fossé. Elles sont très indiquées pour le creusement de fossés étroits à parois verticales.

Par contre, elles se révèlent de peu d'efficacité pour les travaux d'entretien des fossés existants en raison :

- 1o) Que le godet ne peut travailler qu'à une distance limitée
- 2o) Qu'elles devraient travailler perpendiculairement à leur sens de marche le long du fossé.

Dans la catégorie des pelles fossoyeuses on peut compter:

- L'excavateur avec godet actionné par cable ou hydrauliquement
- Le tracteur à roues ou semi-chenillé avec un équipement hydraulique
- Le tracteur à roues semi-chenille avec un équipement hydraulique
- Le tracteur à roues semi-chenillé hydrauliquement, hydraulique-tracté actionné à partir d'une prise de force
- Les machines montées sur camion actionnée hydrauliquement.

b) Pelles équipées en Drag-line

Ces machines sont des excavatrices dont le godet n'est pas relié rigidement au bras de la machine, mais suspendu à un cable. Elles sont parfaitement indiquées pour le curage des fossés larges et pour des travaux d'exécution. Le rendement de cette machine est lié à l'habileté de l'opérateur.

Dans ce type de machine, le godet qui se déplace de 1 à 2m environ le long du fossé est actionné hydrauliquement par un bras télescopique. Cet équipement est comme ci-après décrit par M. Galabur, Ingénieur Civil des ponts et chaussées:

- A l'extrémité d'une flèche est suspendue par un cable F1 de levage une benne en acier ouverte sur l'avant et qui peut basculer autour d'un palonnier de suspension. On l'envoie sur le bord de la fouille (A) par une rotation de l'engin, puis on la tire avec un treuil et un cable de trainage (B). Sous l'action de la benne racle sur le talus de la fouille et se remplit de déblais.

c) Dragues du type Crues à Benne Preneuse

Les bennes de grandes dimensions jumelées aux excavatrices

classiques sont généralement trop encombrantes pour travailler sur des petits fossés agricoles. Pour contourner cette difficulté, on a mis au point des petites grues actionnées hydrauliquement et fixées à des tracteurs à roues.

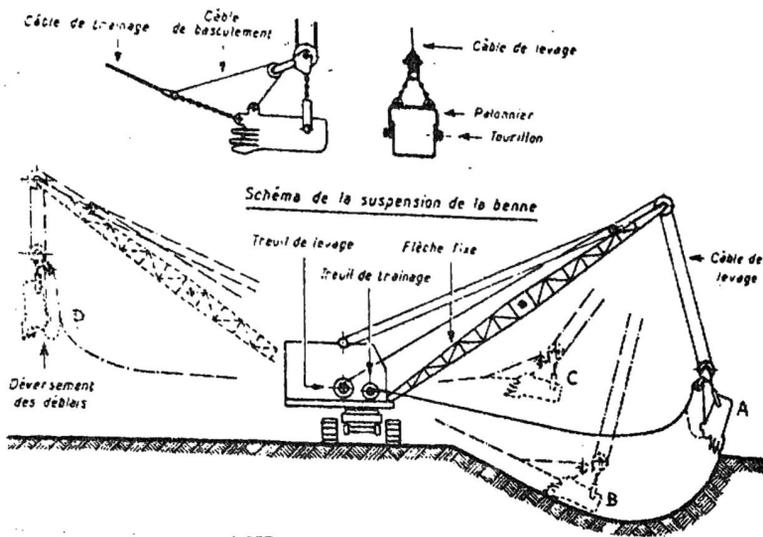


Fig VIII.2 Schéma d'une pelle équipée en dragline

## d) Gradall

C'est un engin sur pneus d'un usage très varié. Dans cet engin, le godet est articulé sur un bras télescopique.

Cet engin peut exécuter les travaux suivants:

- Exécution de tranchées ou de fouilles avec charge sur engin de transport.
- Décapage
- Talutage.
- Remblaiement
- Pose de canalisations

Les godets sont de capacités variables allant de 110 à 765 litres. La portée d'exécution du Gradall varie de 4,80 à 9,40 m.

## e) Fossoyeuse à roues

Les fossoyeuses à roues sont prévues pour ouvrir des fossés étroits à parois verticales. Elles sont automotrices et réglées par une boîte de vitesse qui permet une progression très lente. Des prototypes de ces machines sont dotés d'un disque rotatif muni de lames et monté à l'extrémité d'un arbre lui-même sur le côté d'un tracteur.

Dans la fossoyeuse à roues, la terre est déversée par un dispositif spécial d'un côté ou des deux côtés du fossé, lorsque les godets atteignent la portion correspondant au point de plus élevé de la roue.

- Fossoyeuse à chaîne sans fin

Le type de ces fossoyeuses est la machine dans laquelle la chaîne creusante est fixée à un bati triangulaire

monté à l'arrière d'un tracteur à chenilles.

- Disposée latéralement, la chaîne creusante qui est actionnée à partir d'une prise de force, facilite l'exécution du travail même lorsque le fossé à ouvrir se trouve en bordure d'une haie.

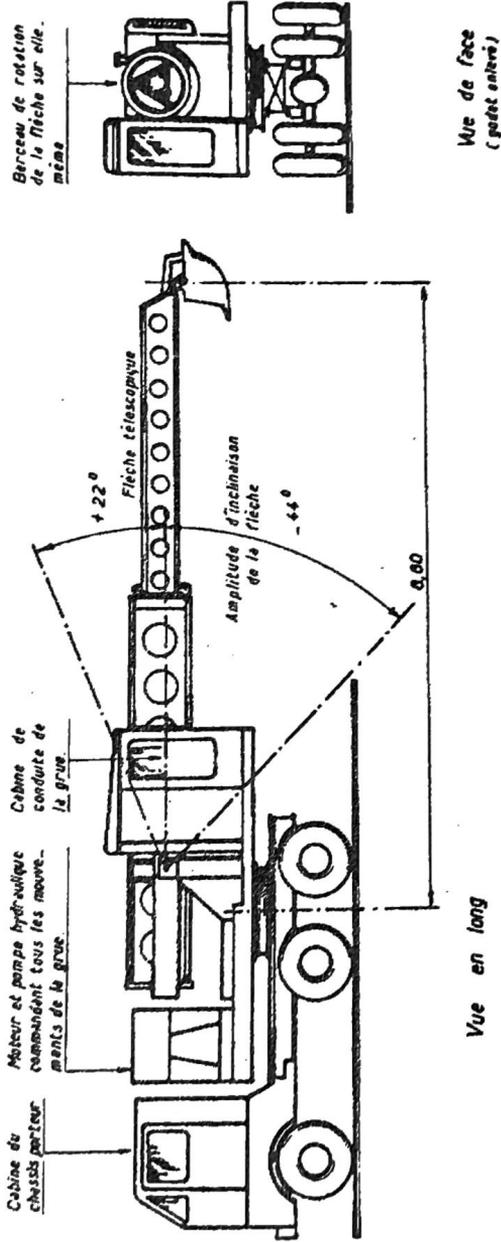


Fig VIII - 3 Schema Gradall M 2450 monté sur châssis camion

## Charrue-Taupes

Elle est constituée d'un obus en forme d'ogive à l'avant. Elle est fixée à l'axe de la charrue sur lequel s'exerce la traction par l'intermédiaire d'un contre-étançon.

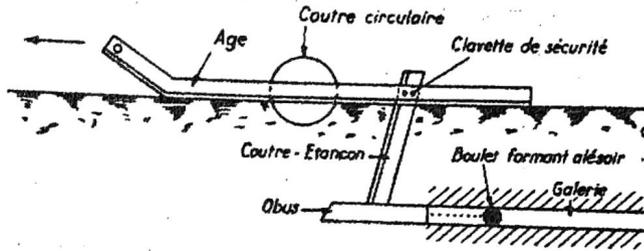
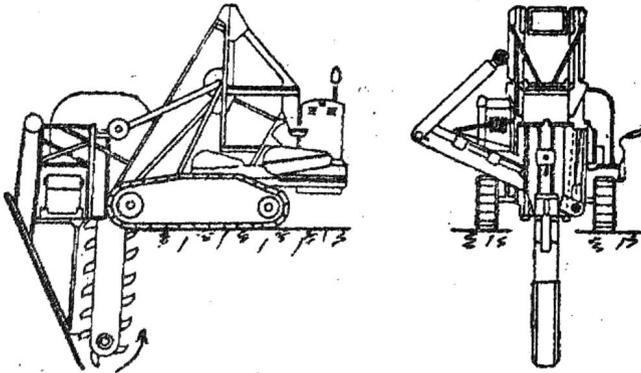
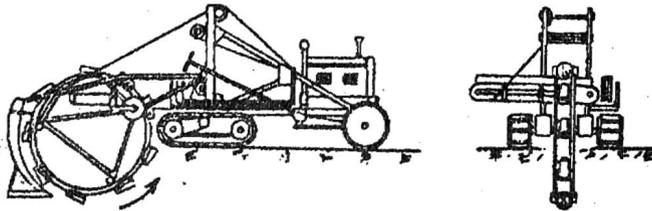


Fig VIII 4. Schéma d'une charrue-taupe ouvrant une galerie.



Fosseuse à chaîne sans fin



Fosseuse à roues

## CHAPITRE IX

## ASPECTS ECONOMIQUES DU DRAINAGE

L'assainissement agricole agit sur le sol de la manière suivante:

- Il aère le sol
- Il modifie la constitution physique des terres
- Il favorise la nitrification
- Il permet aux terres argileuses de mieux résister à la sécheresse
- Il assure une pénétration plus profonde des racines dans le sol
- Il réchauffe le sol, facilite la culture du sol
- Il amène la disparition des mauvaises plantes et des maladies qui atteignent les plantes cultivées.

Autant d'effets bénéfiques qui ont pour résultats d'augmenter la qualité et le rendement des récoltes. Malgré les différences dans le résultat, il s'agit d'une opération foncière de grand intérêt économique immédiat.

Les expériences conduites par des spécialistes agronomes et ingénieurs ont montré les résultats ci-après qui sont les accroissements de récoltes engendrés par le drainage:

- Blé	57%
- Avoine	83%
- Orge	87%
- Seigle	119%

- Pomme de terre	81%
- Prunes	133%

M. CAZIOT, dans son livre sur la valeur de la terre en France, a rapporté avoir obtenu 35 q. de blé, d'une terre qui avant drainage n'en donnait que neuf (9) quintaux. Personnellement, je peux rapporter avoir obtenu 150 barils de riz d'une terre qui avant drainage ne produisait que 17 barils. D'une manière générale on peut avancer qu'entre un sol de même nature drainé et non drainé il y a une différence positive d'au moins 50% dans la productivité.

Pourtant nos agriculteurs acceptent difficilement des investissements dans ce genre d'aménagement. Aidons les à se protéger et à garantir leurs investissements dans l'irrigation en les sensibilisant à drainer leurs terres.

## CHAPITRE X

## ENTRETIEN D'UN SYSTEME DE DRAINAGE

L'entretien est un ensemble d'opérations destiné à restituer à un ouvrage ses caractéristiques initiales ou à maintenir ces dernières permanentes. Bien des ouvrages n'ont duré que l'espace d'un matin, faute d'entretien. En Haïti nous assistons souvent à la détérioration de nos routes, de nos systèmes d'irrigation et de drainage parce que ceux qui sont préposés à garantir leur fonctionnement négligent de boucher un nid de poule, d'enlever un obstacle quelconque à l'écoulement de l'eau dans un canal d'irrigation ou un fossé.

Les principales opérations d'entretien portant sur un système de drainage ou d'assainissement agricole consistent en ce qui suit:

- Pour les fossés ouverts et les émissaires curages et faucardement.
- Pour le système de drainage par tuyaux, lutte contre les obstructions.

### 10.1 Curage

Un système de drainage est fait de fossés de divers ordres et d'émissaires ou de tuyaux et d'émissaires.

Dans le cas d'une rivière ou d'un émissaire artificiel, ce dernier doit être capable d'assurer l'écoulement des eaux d'une aire assainie au fil des ans. Mais il arrive souvent qu'un lit s'encombre de sédiment, de résidus et de débris divers déversés par les usines et les rivières, de plantes aquatiques et de branches d'arbres. Autant d'éléments qui diminuent la section d'écoulement et créent des obstacles à l'écoulement. Il appartient donc aux responsables et aux intéressés d'éviter que durent de tels états de chose. Ils doivent par conséquent

périodement et de temps en temps nettoyer et entreprendre des actions pour rétablir la section initiale.

## 10.2 Faucardement

Le faucardement consiste à enlever les plantes aquatiques qui se trouvent dans le lit d'un cours d'eau et les plantes qui croissent sur le talus et les berges. Cette opération peut se faire suivant l'importance et la voie d'eau soit mécaniquement par bateau faucardeur, par lame de coupe à moteur transportable à dos d'homme, par une lame de coupe sur balancier monté sur tracteur, soit à la main par faux à grand manche, par faux ordinaire, soit au moyen de méthodes chimiques par application de désherbants chimiques en solution ou en pulvérisation.

Pour les rivières et canaux d'une longueur en seuil de 4.5 m il faut prévoir un faucardement mensuel ou semestriel avec dévasement éventuel d'embouchures, un dévasement du fond tous les dix ans, un recalibrage tous les trente ans.

Pour les ravines et fossés de moins de 4.50 m en seuil il faut prévoir un faucardement annuel et un reprofilage tous les 3 à 7 ans.

- La plupart des obstruction rencontrées dans les drains sont dues à des causes diverses dont la plupart sont des malfaçons et les autres des causes naturelles.

En conséquence les dispositions suivantes doivent être adoptées:

- Éviter des sections de drains insuffisantes, des pentes insuffisantes et des défauts de pose.
- Éviter la pénétration dans les drains des petits animaux, des racines d'arbres, des racines de plantes cultivées, d'algues spéciales.

## BIBLIOGRAPHIE

M. Poirée et C.H. Ollier, Assainissement Agricole, 1962. ED. Eyrolles  
PARIS - FRANCE.

M. Pierre Kock, 1962 Cours d'hydraulique Agricole, Ecole Nationale des  
Ponts et Chaussées

Gordon Guyon Considérations sur l'Hydraulique du Drainage de Nappe  
(Bulletin Technique de Génie Rural No. 79 ED. Centre de Recherches et  
d'Expérimentations de Génie Rural Parc de Tourvoile - Antony - Hauts de  
Seine - 92). Paris - France

Galabru P. Equipement général des chantiers et terrassements, 1962, Trai-  
té de procédés généraux de construction. ED Eyrolles. PARIS FRANCE.

