

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.

**Spécialité : CONCEPTION DES SYSTEME D'IRRIGATION ET
DRAINAGE**

THEME :

Actualisation de l'étude du drainage de la plaine
de l'Habra

Présenté par :
M^r TIAIBA AMMAR

Promoteur :
M^{me} L.S. BAHBOUH

Devant le jury composé de :

Président : M^r O. KHODJET- KESBA

**Examineurs: M^{me} D. DJOUDAR
M^{me} S. OUIR
M^{me} W. AZIEZ
M^r M. DJELLAB**

Juillet 2008

Sommaire

Introduction générale

CHAP I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .

I. Situation géographique	01
II. Infrastructures routières et ferroviaires	01
III. Caractéristiques climatiques	03
III.1. Température de l'air	03
III.2. Humidité relative	04
III.3. Vitesse du vent	04
III.4. Évaporation	04
III.5. Ensoleillement	05
III.6. Pluie moyenne annuelle	05
III.7. Evapotranspiration	06
IV. Géomorphologie	06
V. Ressources en eau	07
VI. Ressources en sol	08
VI.1. Classification des sols	08
VI.2. Salinité des sols	08
VI.3. Zones homogènes de mise en valeur	09
VII. Réaménagement du périmètre	12
VII.1. Zones à irriguer et mode de reconstruction	12
VII.2. Plans de culture	12
VIII. Etude foncière	15
Ø Découpage des périmètres en îlots d'irrigation	15
CONCLUSION.....	15

CHAP II : ASSAINISSEMENT AGRICOLE .

Introduction	16
I. Délimitation des zones à assainir	16
II. Données hydrologiques	17
III. Module d'assainissement	19
III.1. Dimensionnement des fossés d'assainissement	20
III.1.1. Rappel hydraulique	20
III.1.2. Application des formules	22
III.2. Protection du périmètre contre les eaux sauvages	24
III.2.1. Choix de la formule a utilisé	26
III.2.2. Dimensionnement du canal de colature	26

CHAP III : RESEAU DE DRAINAGE .

I. Définition	29
II. Drainage agricole	30
II.1. Intérêt	30
II.2. Drains	30
II.3. Draineuses	32
II.4. Effets positifs de l'assainissement du sol	33
III. Causes de l'excès d'humidité du sol	33
III.1. Apports externes d'eau	33
III.1.A. Apports d'eau en provenance de l'extérieur de la zone	33
III.1.B. Apports d'eau provenant d'un cours d'eau	33
III.2. Présence prolongée d'une nappe peu profonde	34
III.3. Stagnation temporaire des eaux de pluie	34
III.3.1. Défaut d'infiltrabilité	34
III.3.2. Défaut de drainage interne	34
IV. Systèmes de drainage	35
IV.1. Drainage de surface	35

IV.2. Drainage par fossés	37
IV.3. Drainage par drains enterrés	38
IV.4. Techniques associées	39
V. Dimensionnement du réseau de drainage	41
V.1. Critères de choix des drains	41
V.2. Prévention	41
V.3. Impacts positifs du drainage sur les sols	41
V.4. Impacts négatifs possibles	41

CHAP IV : CALCUL DU RESEAU DE DRAINAGE .

I. Description de la zone à drainer	42
II- Calcul du débit caractéristique du réseau "q _c "	43
II.1. Cas où l'excès provient des pluies	43
II.1.1. En régime permanent sans tenir compte du stockage	43
II.1.2. En régime permanent en tenant compte du stockage	44
II.1.3. En régime variable	45
II.2. Cas où l'excès provient de l'irrigation	46
II.3. Cas où l'excès provient du lessivage	47
III. Calcul des écartements des drains "E"	49
IV. Calcul des diamètres des drains "d"	54
IV.1. Pour le régime uniforme	54
IV.2. Pour le régime non uniforme	54

CHAP V : ENTRETIEN DU RESEAU DE DRAINAGE ET REUTILISATION DES EAUX DRAINEES .

I. Entretien et pérennité des systèmes de drainage	59
I.1. Apprécier les besoins, évaluer la performance	59
I.2. Méthodes d'entretien des canaux et fossés	60
I.2.A. Les méthodes mécaniques	60

I.2.B. Les méthodes chimiques	60
I.2.C. Les méthodes biologiques	60
I.3. Méthodes d'entretien des réseaux enterrés	61
I.4. Retour sur la conception	61
II. Réutilisation des rejets des eaux de drainage	61
III. Potentialités et stratégies de réutilisation	62
IV. Rejet des eaux de drainage	63

CHAP VI : PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL .

Introduction	65
I. Liste des actions dangereuses pendant la réalisation des travaux	66
II. Liste des conditions dangereuses pendant la réalisation des travaux	66
III. Mesures générales de sécurité	67
III.1. Résistance et stabilité	67
III.2. Mesures de protection destinées à empêcher les chutes d'objets et de matériaux	67
III.3. Examens, vérification, registres	68
IV. Appareils de levage mécanique	69
IV.1. Installation des appareils et des voies	69
IV.2. Manœuvre	69
V. Travaux de terrassement à ciel ouvert	70
VI. Mesures générales d'hygiène	71
VII. Dispositions particulières	72
Conclusion	73

Conclusion générale

Bibliographie

ملخص:

تختلف طرق و تقنيات صرف المياه الزراعي باختلاف مناطق الدراسة وبالأخص المميزات الفيزيائية لمحيط الدراسة.

عبر هذه الدراسة سنحاول حماية سهل الحبرة ضد الفيضانات و تجنب صعود مستوى المياه الجوفية، وذلك بإعادة تهيئة مجري المياه المتواجدة حاليا، إضافة على ذلك، إسقاط شبكة صرف المياه. كل هذا من أجل زيادة الإنتاج الزراعي نوعا و انخفاض مستوى المياه الجوفية يؤدي إلى انخفاض نسبة الأملاح في الأراضي .

Résumé :

Les méthodes et techniques d'assainissement agricole différent selon les régions d'étude et notamment selon les caractéristiques physique du périmètre à étudier.

A travers cette présente étude, on va essayer de protéger le périmètre de l'Habra contre les inondations et les remontés de la nappe par un re-aménagement des cours d'eau existants et aussi une par projection d'un réseau de drainage, afin d'augmenter la production agricole quantitativement et qualitativement. Le rabattement de la nappe contribuera, en parallèle, à la réduction du taux de salinité des sols.

Abstract :

The methods and technics of farming sewage differentiate from each other according to the physical characteristics of the studied area.

Through this present study, we are trying to protect the area of Habra against the floods by a redevelopment of the existing water steams and also by projection of a drainage network in order to increase the farming production from a quantitative and qualitative point of view as well as the protection against salinisation.

The reshuffle of the ground water will contribute at the same time to reduce the rat of the soils salinity.

INTRODUCTION GENERALE

Les excès d'eau présentent plusieurs inconvénients en agriculture. Ce surplus peut être dû au mauvais drainage, à la présence d'une nappe phréatique peu profonde ainsi qu'au suintement ou ruissellement de cours d'eau environnants. Un sol saturé en eau s'avère un milieu défavorable pour la végétation (*exp* : asphyxie des racines). L'activité biologique s'y trouve réduite; la matière organique se décompose mal, la minéralisation de l'azote est perturbée. Les éléments nutritifs sont mis en solution et risquent d'être lessivés. Un excès d'eau contraint également la mise en valeur des sols; les sols saturés se réchauffent plus lentement au printemps, leur structure se dégrade plus facilement et ils supportent mal le passage de la machinerie agricole (risque de compactage). Aussi, le but des travaux de drainage est d'évacuer le surplus d'eau dans le sol. Ceci permet d'allonger la saison de croissance et assurer une meilleure croissance des plantes et de meilleures conditions de travail du sol.

L'efficacité des travaux de drainage souterrain dépend du régime hydrique des sols incluant des facteurs tels que la classe de drainage, la perméabilité du profil du sol, la source de l'excès d'eau (souterraine ou de surface) et le relief.

En Algérie la variabilité du climat et des types de sols posent des problèmes différents d'une région à une autre :

Le problème d'excès d'eau généralement lié aux précipitations est rencontré dans le Nord et le Nord-est de l'Algérie tandis que le problème d'excès d'eau lié à l'irrigation peut se rencontrer dans tous les périmètres irrigués.

Le problème de salinisation induit par l'irrigation concerne surtout les régions arides et semi-arides dans l'Ouest et le sud, ces périmètres subissent un phénomène de salinisation secondaire, suite au non maîtrise des volumes d'eaux d'irrigation.

Dans les régions du Nord (Mitidja, Taref) là ou la pluviométrie est importante (plus de 600mm), le problème rencontré est souvent l'excès d'eau.

Dans le Sud, le rôle du drainage est double : l'évacuation d'une part des excès d'eau dans le sol provenant des pertes d'eau d'irrigation et de lessiver, d'autre part, les sels accumulés dans la zone ou se développent les racines.

La superficie drainée en Algérie est estimée à 56000 hectares, tandis que les problèmes de salinités affecteraient la totalité des terres irriguées. La perte des terres cultivables par manque de drainage est en premier lieu un problème d'économie agricole, la dégradation de ces terres entraîne des pertes de production, des pertes sur les investissements consentis pour l'irrigation, elle pose aussi un problème au milieu humain. Si on laisse ce phénomène se perpétuer, les nappes seront polluées, l'environnement rural se dégradera et dans une telle mesure, des régions entières seront abandonnées, leurs destructions seront totales.

Ce présent travail consiste à élaborer l'assainissement agricole du périmètre de l'Habra, dont les principales sources d'excès d'eau sont les apports pluviométriques et les nappes qui sont trop proches de la surface du sol, et cela en projetant un réseau de drainage tout en re-calibrant les fossés et émissaires existants pour mieux assainir le périmètre a fin de limiter les effets relatifs à une submersion trop longues des sols qui engendre des perte de rendement assez importantes.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA ZONE

D'ETUDE

I. Situation géographique

Le périmètre de Habra, objet de notre étude, est situé dans la wilaya de MASCAR, il est limité au nord par la ville de MASCARA (chef lieu de wilaya), au sud par le barrage de Fergoug ainsi que par la commune de Hacine, à l'est par l'oued mMellah et à l'ouest par l'oued Khrouf.

Le périmètre de Habra, objet de notre étude, occupe la partie méridionale de la plaine de la Macta, qui est le réceptacle du second bassin versant de l'Algérie par sa surface (14 500 km²) et qui ne communique avec la mer que par un étroit chenal; il est constitué de la plaine de Habra et l'aire de Hacine.

La plaine de Habra s'étend sur 19 757,68 ha dont 19 480 ha classés. Elle est limitée au sud par les piémonts du Massif des Beni Chougrane, à l'Ouest par l'oued Khrouf et l'Est par l'oued Mellah.

Les principales localités situées dans cette plaine sont d'Est en Ouest : Sahouria, Mohammadia, Macta Douz et Bou Henni. (Voir plan de situation)

Quant à l'aire de Hacine, elle est située au sud du barrage de Fergoug et de l'agglomération de Hacine, constituée d'un ensemble de terrasses alluviales d'étendue limitée. Sur les 911,54 ha constituant sa superficie géographique, seule 730 ha sont équipés.

II. Infrastructures routières et ferroviaires

La zone de projet est bien desservie par l'infrastructure routière, tant dans le réseau primaire par 5 routes nationales (RN4 : Oran – Alger ; RN6 : Sig – Mascara et RN17 : Mascara – Mohammadia – Mostaganem ; RN 17A: Mohammadia – RN11 au niveau de la Macta via Fornaka et la RN 97 : Sig-Azew) que dans le réseau secondaire (7 routes départementales : W6, W6A , W21, W22, W30, W41 et W92) ; ainsi qu'un réseau dense de chemins reliant toutes les agglomérations au réseau primaire et secondaire.

Elle est également traversée par les lignes de chemins de fer Oran –Alger, Mohammadia –Béchar et Mohammadia –Mostaganem.

En matière de desserte agricole on notera l'existence d'un important réseau de pistes agricoles souvent en terre et longeant les canaux principaux des deux périmètres (400 km environ).

L'aire de Hacine est quant à elle traversée par la RN17 et la voie ferrée Mohammadia - Béchar.

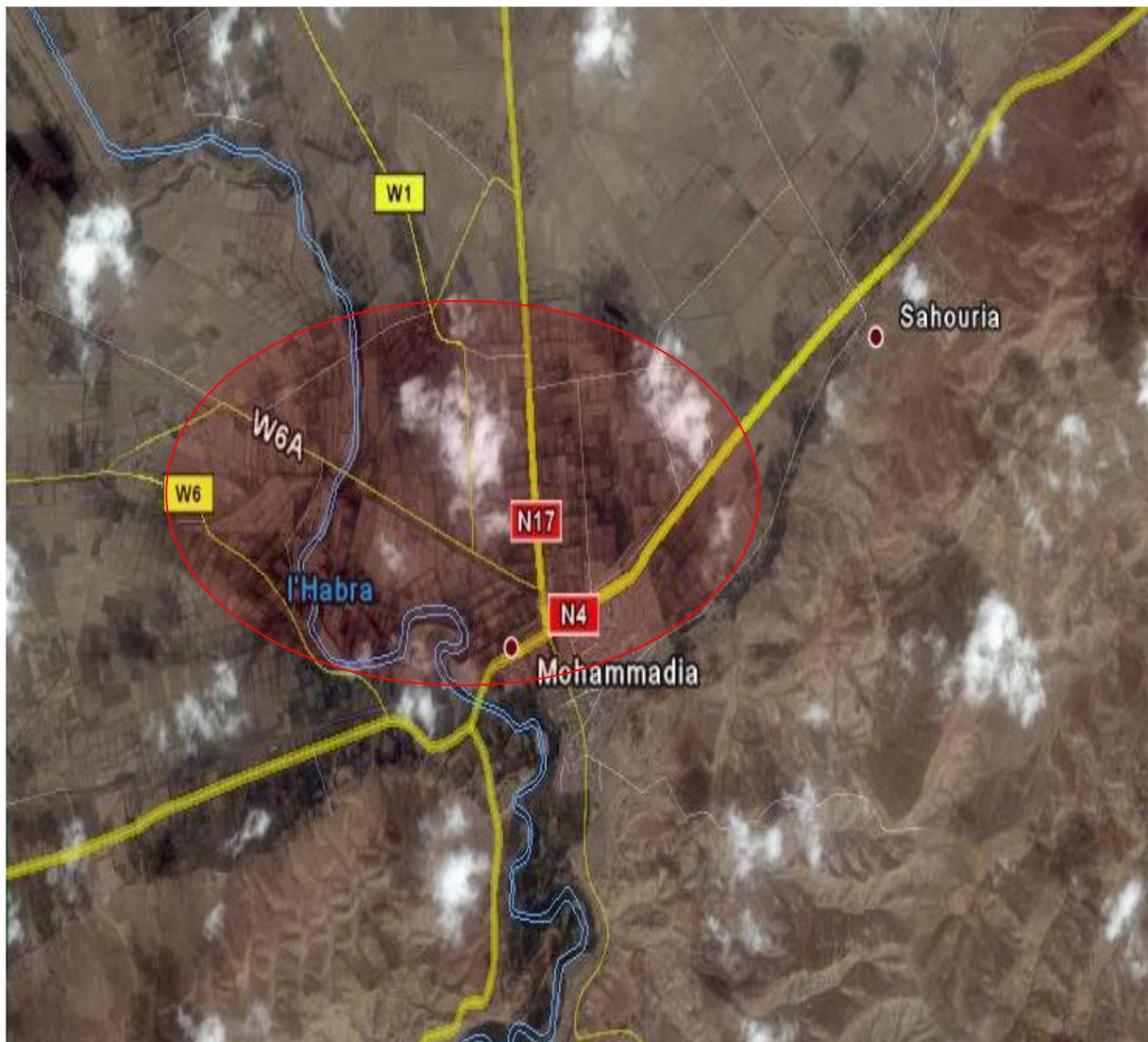


Fig N° I.1: plan de situation (image satellite).

III. Caractéristiques climatiques:

La région d'étude s'intègre au Tell Oranais et est caractérisée par un climat semi-aride.

Le périmètre Habra influencé par le climat méditerranéen sec, favorable à toutes les cultures, et particulièrement maraîcher et arboricole. Cependant, la présence du vent, spécialement le sirocco, constitue une contrainte à la mise en valeur.

La conjugaison des températures journalières moyennes élevées, des longues heures d'ensoleillement, de la faible humidité relative à la mi-journée et de la vitesse modérée des vents, donne lieu à un climat à forte évaporation pendant les mois d'été. De ce fait, sans irrigation, seules les cultures résistantes au stress hydrique, de période végétative assez courte et à forte densité d'enracinement subsistent.

Les stations climatiques existantes, possédant des données fiables, sont celles de Mostaganem, Oran et Mascara.

III.1. Température de l'air:

La distribution mensuelle de la température montre que les valeurs minimales se situent en janvier, entre 8 à 11°C et les maximales en août atteignant 23 à 25°C pour une moyenne qui décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer (16,8 au nord et 15,8 au sud). Le tableau qui suit nous donne les températures mensuelles observées à la station de Mascara sur une série de 19ans;

Tableau 1 : Températures mensuelles

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
T _{air} (°C)	7,8	9,2	10,5	12,9	16,7	21,3	25,4	25,7	22,3	17,3	12,3	8,5	15,8

Source: ONM

III.2. Humidité relative :

L'humidité relative de l'air décroît du littoral vers l'intérieur (74 % à Oran, 75 % à Mostaganem et 70 % à Mascara).

Les valeurs maximales sont atteintes durant les mois d'hiver (78 à 80 %); en été les plus faibles valeurs de l'humidité relative (54 à 61 %) sont enregistrées à Mascara alors qu'elles varient entre 69 à 71 % à Oran et Mostaganem.

Tableau 2 : L'humidité relative de l'air

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Humidité (%)	79,1	76,4	74,3	70,7	67,5	61,8	56,6	57,6	61,7	69,4	74,3	78,6	69

Source: ONM

III.3. Vitesse du vent :

Les vitesses moyennes annuelles des vents sont comprises entre 1,1 m/s à Mostaganem et 2,4 m/s à Mascara.

Tableau 3 : Vitesses du vent

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Vitesse du vent (m/s)	2,7	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0	2,8	2,8	2,7	2,4	2,5	2,6	2,8

Source: ONM

III.4. Évaporation :

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle et annuelle des plans d'eau dans la région d'étude sont estimées à partir des données d'observation du bac Colorado au niveau du barrage Fergoug (le barrage le plus proche des plaines). L'évaporation moyenne annuelle est de 1411 mm.

L'évaporation est importante durant les mois de mai à septembre correspondant à un volume évaporé de 63,2 % et faible du mois de novembre

à mars où le volume évaporé n'est que de 21,7 % ; les mois de novembre et avril constituant la transition entre ces deux périodes.

III.5. Ensoleillement :

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est élevée : la moyenne annuelle est de 8, heures par jour pour les stations de Mascara.

Tableau 4 : Heures d'ensoleillement

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Heurs D'insolation	10,1	11	11,9	13,1	14	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8	146,2

Source: ONM

III.6. Pluie moyenne annuelle :

La pluie moyenne annuelle croit de 300 mm dans la zone de plaine à 400 mm dans la zone montagneuse de Beni Chougrane.

La répartition mensuelle est caractérisée par deux saisons bien marquées :

- Ø Une saison humide allant d'octobre à mai (plus 90 % du total annuel).
- Ø Une saison sèche allant de juin à septembre avec des minima en juillet et août durant lesquels les précipitations sont pratiquement nulles.

Tableau 5 : Stations pluviométriques disponibles.

STATION	code sation	X	Y	Z	Période d'observation
MOHAMMADI A GRHA	111511	264,85	257,70	50	1941-2005
BOU HENNI	111605	247,50	255,40	26	1940-2005
MOCTA DOUZ	111610	251,25	260,20	18	1968-2005
FERME BLANCHE	111611	256,80	265,35	20	1937-2005

Source: ANRH Alger

Tableau 6 : Pluies moyenne mensuelles et annuelles.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
111511	11,4	36,6	42,8	47,9	44,2	42,6	41,5	40,9	25,6	5,2	0,8	1,3	340,9
111605	11,2	31,5	34,2	34,7	35,0	34,9	34,2	29,5	22,7	5,6	0,8	1,0	270,6
111610	11,0	24,4	41,3	10,9	33,2	29,8	31,8	27,0	15,9	4,0	0,7	1,5	231,6
111611	13,2	2,6	1,2	1,2	0,9	0,8	1,0	0,9	0,6	0,3	0,1	2,8	121,8

Source: ANRH Alger

III.7. Evapotranspiration :

L'évapotranspiration potentielle calculée à partir des données climatiques en utilisant le logiciel Crop Wat, est respectivement de l'ordre de 1 185 et 1 204 mm par an pour les stations d'Oran et de Mascara ; dans les deux cas elle est nettement supérieure à la pluviométrie annuelle. Le maximum de l'évapotranspiration est atteint au mois de juillet avec 6,16 mm/jour pour Mascara et 5,65 mm/jour pour Oran. Par contre, les mois de décembre, janvier et février enregistrent les plus faibles valeurs.

L'évapotranspiration potentielle journalière moyenne estimée par la méthode de Penman modifiée pour les stations d'Oran et de Mascara en mm est la suivante

Tableau 7: Évapotranspiration potentielle en mm/jour - Méthode de PENMAN modifiée.

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Oran	38,8	50,4	77,2	98,7	128,0	151,5	175,1	164,6	122,7	85,3	54,6	38,4	1185,3
Mascara	35,3	46,4	72,2	94,8	128,6	159,0	190,9	178,3	129,9	84,3	49,5	34,1	1203,5
Moyenne	37,1	48,4	74,7	96,8	128,3	155,3	183,1	171,4	126,3	84,8	52,1	36,3	1194,4

Source: ONM

IV. Géomorphologie :

Le périmètre de l'Habra dans son dispositif géomorphologique, il est compris entre les piémonts méridionaux et les dépressions septentrionales de la basse Macta. Ils correspondent en général aux zones d'épandage du réseau hydrographique drainant l'Atlas méridional des Béni Chougrane.

L'irrégularité des écoulements, caractérisée par des crues violentes de courte durée et de longues périodes de "basses eaux" ou de rupture d'écoulement, est responsable de la "confusion" du modèle topographique de la plaine et de l'hétérogénéité des dépôts.

La principale dépression du périmètre de l'Habra est celle de Bou Henni : comprise entre les cônes de déjection des oueds Khrouf et Habra, elle contribue à leur drainage et à celui de la dépression moins individualisée située entre la ferme blanche et Mohammadia. Elle draine de nombreux talwegs et chabets et est elle-même drainée par l'oued Tinn.

V. Ressources en eau :

Le périmètre de l'Habra occupe les parties méridionales des sous bassins orientaux du bassin versant de la Mecta. (voir carte N°1)

L'irrigation du périmètre de Habra se fait à partir Triplex (Ouizert, Bou Hanifia et Fergoug).

Les besoins en eau à l'horizon 2030 sont estimés à 26 166 456 m³ ventilés comme suit:

- Zone Sud : Mascara, Bou Hanifia, Guenitra et
Hacine.....11 053 096 m³
- Zone Nord : Mohammadia, Bou Henni, Sidi Abdelmoumène,
Mocta Douze et Sig.....15 113 360 m³

En ce qui concerne la partie hydrogéologie, les eaux des nappes, de qualité médiocre, constituent une contrainte à la mise en valeur par leurs niveau proche du sol (**voire carte N°2**), et contribuent à la salinisation des terres agricoles.

VI. Ressources en sol :

VI.1. Classification des sols :

La quasi-totalité des sols de la plaine de l'Habra sont formés sur des sédiments à texture variable, d'apport alluvial, alluvio-colluvial ou plus rarement colluvial. La granulométrie du matériau parental devient de plus en plus fine au fur et à mesure que la pente diminue dans un sens général sud-nord. Les sols peu évolués occupent 14 062 ha sur les 19 100 ha cartographiés.

Les sols de l'aire de Hacine se répartissent en deux classes : les sols peu évolués (68%) et les sols calcimagnésiques (32 %).

VI.2. Salinité des sols :

Les 8 classes de salinité reconnues par les études pédologiques sont :

- Classe 1 : sols de salinité inférieure à 4 mmhos/cm
- Classe 2 : sols de salinité inférieure à 4mmhos/cm de 0 à 50 cm de profondeur et de 4 à 8 mmhos/cm en profondeur.
- Classe 3 : sols de salinité comprise entre 4 et 8 mmhos/cm.
- Classe 4 : sols de salinité de 4 à 8 mmhos/cm de 0 à 50 cm de profondeur et de 8 à 16 mS/cm en profondeur.
- Classe 5 : sols de salinité de 8 à 16 mmhos/cm sur toute l'épaisseur.
- Classe 6 : sols de salinité de 4 à 8 mmhos/cm de 0 à 50 cm de profondeur et supérieure à 16 mS/cm en profondeur.
- Classe 7 : sols de salinité de 8 à 16 mmhos/cm de 0 à 50 cm de profondeur et supérieure à 16 en profondeur.
- Classe 8 : sols de salinité supérieure à 16 mmhos/cm sur toute la profondeur.

En matière de salinité, on retiendra principalement que :

Pour la plaine de Habra, les classes 1 et 2 couvrent les 2/3 du périmètre, soit 12 870 ha ; elles sont associées à l'oued Habra, et très étendues. La zone 1 s'étend d'amont en aval du périmètre.

Ceci est à corrélérer avec le rôle de l'oued, les dépôts des alluvions modernes et les écoulements non salés.

Les sols de classe 3 peu salés (4 à 8 mmhos/cm) ne couvrent que 5 % de la plaine de Habra.

Les sols les plus salés des classes 7 et 8 occupent couvrent 13 % de la surface de la plaine de Habra, soit 2545 Ha. En matière de salinité, les sols de l'aire de Hacine appartiennent à la classe 1.

VI.3. Zones homogènes de mise en valeur :

Les 9 zones homogènes identifiées par cette étude sont classées de A à H par ordre de priorité à l'aménagement hydroagricole. Les aptitudes culturales associées à chacune de ces catégories sont détaillées dans le Tableau n°8.

NB

Cultures considérées : Agrumes (ag), Olivier (Ol), Arboriculture à noyau (AN), Arboriculture à pépins (AP), Artichauts (Ar) autres maraîchages (Ma), Fourrages (Fou), Céréales d'hiver (CH), Orge d'hiver (OH) et Coton (Ct)

Tableau 8 : Zones homogènes de mise en valeur.

Zones	Propriétés	Aptitude	Cultures		Aménagements éventuels
			Restriction	Exclusion	
A	Zones convenant bien à toutes cultures	En particulier Ag, Ol, AN			
B	Zones convenant bien à toutes les cultures non arboricoles, sauf olivier Salinité 4-8 mS/cm, surtout en profondeur (50 % de la superficie)	En particulier Ol, Ar, Ma, Fou, CH, OH et Ct	Ag, AN, AP		
C	Zones convenant bien à l'arboriculture Sols parfois de texture fine Salinité inférieure à 4mS/cm	En particulier Ag, Ol, AP et Ar, Ma, Fou, CH, OH et Ct	AN		
D	Zones convenant bien à toutes cultures avec réserves pour l'arboriculture Salinité 4-8 mS/cm (50 % de la superficie)	En particulier Ar, Ma, Fou, CH OH, Ct et AP	Ag, Ol, AN	Pommes de terre, haricots verts	Assainissement Drainage Dessalage
E	Zones ne convenant que moyennement à certaines cultures à cause des textures très fines Salinité inférieure à 4mS/cm	Toutes les cultures adaptées aux textures très fines Ar, Ma, Fou, CH, OH, Ct AP et Ol	Ag, AN, AP		Sous soulage ou ripage
F	Zones ne convenant que moyennement aux cultures adaptées aux textures très fines Salinité 4-8 mS/cm	Toutes les cultures adaptées aux textures très fines et à une salinité 4-8 mS/cm Ar, Ma, Fou, CH, OH et Ct	Ag, AN, AP	AN Pommes de terre, haricots verts, Fèves vertes	Assainissement Drainage Dessalage Sous soulage ou ripage
G	Idem, mais salinité 8 - 16 mS/cm	Conditions difficiles, aptes localement pour Ar, Fou, OH et Ct	Ma, CH, AP	Ag, Ol, AN	Assainissement Drainage Dessalage
H	Idem, mais salinité très forte (> 16 mS/cm) Steppe halophile (inculte)	Très localement OH et Fou	Toutes cultures	Majorité des cultures	

Source: ANRH Alger

La répartition des sols de la plaine de Habra et de l'aire de Hacine en fonction de leur aptitude culturale est la suivante :

Tableau 9 : Répartition des sols selon leur aptitude culturale.

Zone homogène	HABRA		HACINE		TOTAL	
	Ha	%	ha	%	ha	%
A	5 903	31	312	68	6215	31,1
B	4 656	24			4656	23,3
C	359	2	148	32	507	2,6
D	3 144	16			3 144	15,8
E	300	1			300	1,5
F	766	4			766	3,8
G	815	4			815	4,1
H	3 157	16			3 157	15,8
O	400	2			400	2,0
TOTAL	19 500	100	460	100	19960	100

Source: ANRH Alger

Actuellement la totalité des sols cartographiés sont équipés et donc irrigables sous réserve de disponibilité de ressources en eau et d'infrastructures de drainage exception faite pour les terres non agricoles de la zone O.

Par ailleurs, les sols des zones homogènes D, F, G et H nécessitent un assainissement de surface couplé à un drainage souterrain.

VII. Réaménagement du périmètre:

VII.1. Zones à irriguer et mode de reconstruction :

Compte tenu des ressources en eau affectées à l'irrigation, le réaménagement de la plaine de Habra et de l'aire de Hacine portera sur 87% des terres classées selon la ventilation ci-dessous :

	HABRA	HACINE	TOTALE
Superficie classée (ha)	19 480	730	20 210
Superficie à réaménagée (ha)	17 177	737	17 914
Taux de réaménagement (%)	88	102	88

Les études de variantes de délimitation des zones à réaménager et les simulations de fonctionnement des barrages, ont montré que cet objectif de reconstruction et d'extension des vergers arboricoles ne pourra être atteint que par :

- l'abandon des réseaux par canaux au profit des conduites,
- la limitation de la sole irriguée annuellement du périmètre de Habra à 11550 ha soit 67 % du potentiel à réaménager,
- l'abandon de la submersion au profit d'une irrigation à la raie
- L'adoption du tracé définitif de l'autoroute Est– Ouest se traduit par une réduction de la superficie à réaménager de 17 177,86 Ha à 16 960,24 Ha, soit une perte de 217,62 Ha .

VII.2. Plans de culture :

Sur la base des aptitudes culturales des sols et de l'objectif de reconstitution des vergers arboricoles, et de réaménagement de 17 915 ha sur les 20 210 ha constituant actuellement la plaine de Habra et l'aire de Hacine, les

affectations des sols à réaménager retenu après la prise en considération des affectations induit par l'impacte de l'autoroute Est-Ouest sont comme suit:

Tableau 10 : Répartition des cultures.

Cultures	Habra		Hacine		Total	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Agrumes	6 407,50	38	322,85	43,8	6730,35	38
Olivier	495,72	3	178,69	24,2	674,41	4
Arbres divers	351,50	2	22,59	3,1	374,09	2
Cultures annuelles	9 705,52	57	212,9	28,9	9 918,42	56
Total	16 960,24	100	737,03	100	17 697,27	100

Source: APD ENHYD

On notera que la localisation des vergers arboricoles constitue le compromis rationnel entre les aptitudes des sols, l'implantation des verges actuels et les objectifs de reconstitution et d'extension. De ce fait son respect s'impose et l'adhésion des agriculteurs est à rechercher.

Compte tenu des ressources en eau réellement disponibles, les ventilations des soles des cultures annuelles sont telles que détaillées ci-après

Irriguées :

Tableau 11 : Répartition des cultures irriguées.

Cultures annuelles irriguées	Habra		Hacine		TOTAL	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Blé	200	4,7	56,45	26,5	256,45	5,8
Orge	500	11,8	56,45	26,5	556,45	12,5
Vesce avoine	200	4,7	-	-	200	4,5
Artichaut	100	2,4	-	-	100	2,2
Fève	3045,28	71,7	50	23,5	3095,28	69,4

Maraîchage	200	4,7	50	23,5	250	5,6
Total	4 245,28	100	212,90	100	4458,18	100

Source: APD ENHYD

Non irriguées :

Tableau 12 : Répartition des cultures non irriguées

Cultures annuelles non irriguées	Habra	
	Ha	%
Blé	2 100	38,5
Orge	2 100	38,5
Vesce avoine	600	10,9
Fève	660,24	12,1
Total	5 460,24	100

Source: APD ENHYD

Au vu de ces tableaux, il ressort que la superficie des cultures non irriguées est supérieure à celle des cultures irriguées. Cela s'explique bien évidemment en premier lieu, par le manque des ressources en eau, et en second plan, par la qualité des sols qui possèdent des degrés de salinité assez élevé.

VIII. Etude foncière:

Ø Découpage des périmètres en îlots d'irrigation :

Les 17697.27 ha constituant les zones à réaménager a été découpée en 1507 îlots d'irrigation selon la ventilation par périmètre ci-dessous :

Tableau 13 : Découpage du périmètre.

	Habra	Hacine	TOTAL
Nombre îlots	1446	61	1507
Surface totale (ha)	16960,24	737,03	17697.27
Surface moyenne (ha)	11,73	12,08	11,74

Source: APD ENHYD

Tableau 14 : Ventilation des îlots selon leur taille.

	Plaine de Habra				Aire de Hacine				Périmètre de Habra			
	Nbre îlots		Surface		Nbr îlots		Surface		Nbr îlots		Surface	
	U	%	Ha	%	U	%	Ha	%	U	%	Ha	%
< 5ha	353	24,4	1029,96	5,7	6	9,8	19,34	2,6	359	24	1049,3	5,9
de 5 à 10ha	273	18,9	2034,29	11,4	19	31,2	141,32	19,2	292	19	2175,61	12
de 10 à 20ha	634	43,8	9398,36	56,1	30	49,2	400,75	54,4	664	44	9799,11	55
de 20 à 40ha	182	12,6	4377,34	26,3	5	8,2	133,06	18	187	12	4510,4	26
>40 ha	4	0,3	120,29	0,5	1	1,6	42,56	5,8	5	0,3	162,85	0,9
Total	1446	100	16960,24	100	61	100	737,03	100	1507	100	17697,27	100

Source: APD ENHYD

CONCLUSION

Les caractéristiques physiques du milieu; à savoir un climat semi aride, une faible ressource en eau actuellement, des sols plus ou moins salés, font que le réaménagement du périmètre de l'Habra est incontestable.

CHAPITRE IV

ASSAINISSEMENT AGRICOLE

Introduction:

Les causes principales de la formation de l'excès d'humidité dans le sol (voire la partie pédologie) ainsi que le niveau de la nappe plus ou moins proche de la surface du sol, tendent à établir les méthodes de l'assainissement agricole. La méthode est essentiellement basée sur l'abaissement de la nappe phréatique.

Les principaux procédés de l'assainissement agricole sont :

- Ø Dignes et drainage de protection;
- Ø Aménagement des émissaires;
- Ø Elévation mécanique.

Le schéma de l'assainissement agricole et ses éléments, s'établit suite aux méthodes et procédés de l'assèchement tout en mettant en évidence le type de sol, le relief, la limite du périmètre à assainir, le mode d'utilisation des terres, ainsi que la mécanisation des travaux agricoles.

I. Délimitation des zones à assainir :

Pour la délimitation des zones nécessitant un assainissement immédiat ou retardé, il est admis que tout îlot dont les sols appartiennent partiellement ou totalement à l'une des 4 classes homogènes (D, F, G et H) est à assainir et à drainer.

Par ailleurs, le drainage immédiat concerne les sols des classes G et H dont la salinité est supérieure à 16 ms/cm et le retardé les terres des classes D et F pour lesquelles la salinité est comprise entre 4 et 8 ms/cm.

La ventilation des îlots d'irrigation selon leur niveau de contrainte à la mise en valeur est la suivante :

Tableau 15 : ventilation des surfaces à drainer.

Contrainte à la mise en valeur	Plaine de Habra		Aire de Hacine		Périmètre de Habra	
	N	S	N	S	N	S
Sans contrainte (A, B, C, E)	933	10439,37	61	737,03	994	11176,4
Drainage 1ere priorité (G, H)	274	3408,99	-	-	274	3408,99
Drainage 2ème priorité (D,F)	239	3111,88	-	-	239	3111,88
Total	1446	16960,24	61	737,03	1507	17697,27

- N : Nombre îlots;

Source: APD ENHYD

- S : Surface totale (ha).

Les zones A, B, C et E désignées ci-dessus représentent les zones à assainir uniquement, quant aux zones G, H, D et I, le drainage est à considérer car elles sont affectées par des degrés de salinité plus ou moins grands.

II. Données hydrologiques:

Etude fréquentielle des pluies:

L'étude fréquentielle des pluies à pour but de déterminer la pluie critique définie ainsi :

Définition de la pluie critique :

La pluie critique est la quantité de pluie maximale qui tombe en un délai fixe, avec un temps de récurrence (période de retour) déterminée, que le réseau d'assainissement (ou de drainage) doit être capable d'évacuer.

Une pluie critique est donc déterminée par sa durée, son intensité et sa période de retour.

En se basant sur les données des pluies journalières enregistrées à la station pluviométrique MECTA DOUZ (11.16.10), et après leur ajustement a la loi

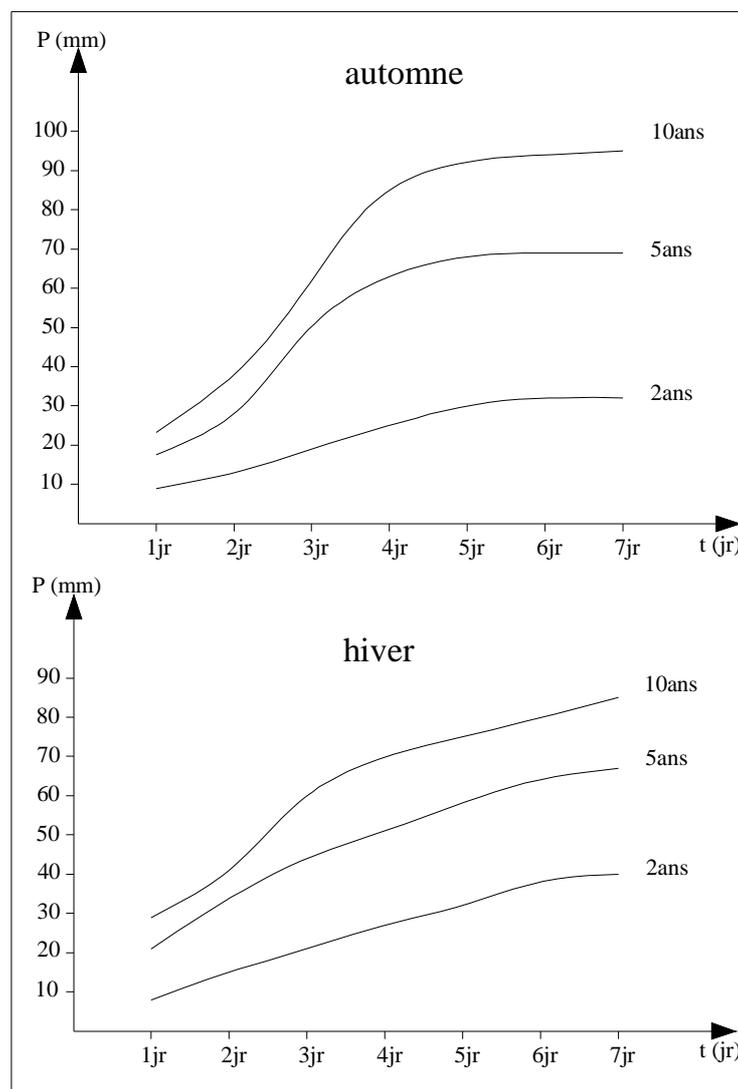
de GUMBEL a l'aide du logiciel HYDROLAB, les résultats obtenues sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau16 : précipitations journalières maximales

	AUTOMNE			HIVER			PRINTEMPS		
	2	5	10	2	5	10	2	5	10
P _{1J}	9,0	17,5	23,2	8,0	21,0	29,0	8,3	15,0	19,0
P _{2J}	13,0	28,0	38,0	15,0	33,0	40,1	15,0	25,0	32,0
P _{3J}	19,0	50,3	62,0	21,0	44,0	60,0	22,0	41,0	53,0
P _{4J}	25,0	63,0	85,0	27,0	51,0	70,0	27,0	52,0	68,0
P _{5J}	30,0	68,0	92,0	32,0	58,0	75,0	31,0	57,0	75,0
P _{6J}	30,0	69,0	94,0	38,0	64,0	80,0	35,0	58,5	77,0
P _{7J}	/	70	95	40,0	67,0	85,0	36	58,0	76

- P_{XJ} : pluie de X jours.

A partir de ce tableau on peut tracer les courbes HDF (hauteur, durées, fréquence) comme suit:



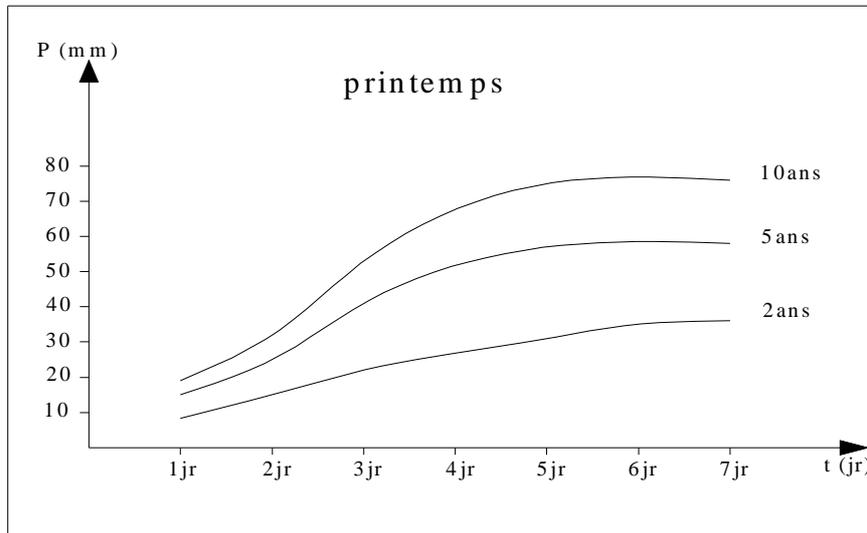


Fig II.1 : Courbes HDF.

III. Module d'assainissement:

Le module d'assainissement est le débit susceptible d'être collecté et évacué par le réseau de fossés a ciel ouvert qui constituera l'ossature principale du système d'assainissement - drainage du périmètre de Habra. Le module d'assainissement est défini par :

$$q = \frac{P}{8.64 \times \theta}$$

Avec :

- q** : module d'assainissement (l/s/ha);
- P** : Pluie critique (mm);
- θ** : Durée de submersion (jr).

Tableau17 : pluies critiques du périmètre de HABRA et modules correspondants

Fréquence (ans)	2jr		3jr		4jr		5jr	
	P (mm)	q (l/s/ha)	P (mm)	q (l/s/ha)	P (mm)	q (l/s/ha)	P (mm)	q (l/s/ha)
2	15	0,87	22	0,85	27	0,78	32	0,74
5	33	1,91	50,3	1,94	59	1,71	57	1,32
10	41	2,37	62	2,39	85	2,46	75	1,74

Sa valeur, dans l'étude qui suit, correspond à l'évacuation du volume d'eau engendré par une pluie critique d'une durée de trois jours tous les cinq ans. Le choix de ces critères c'est fait avec soin de telle sorte à prendre en considération le type de culture présente dans le périmètre (surtout l'arboriculture et les céréales).

NB:

Dans le tableau suivant nous avons indiqué les hauteurs de pluies critiques (et les modules spécifiques correspondants) que l'on obtient dans la région du MOYEN CHELIFF, en fonction de la durée de submersions admise (deux et trois jours) et de la période de retours de l'épisode pluvieux.

Tableau 18 : pluies critiques du périmètre du MOYEN CHELLIF et modules correspondants

Fréquence (ans)	2jr		3jr	
	P (mm)	q (l/s/ha)	P (mm)	q (l/s/ha)
2	48,0	2,80	54,0	2,10
5	62,4	3,60	72,0	2,80
10	76,8	4,50	86,4	3,30

En comparant ce tableau a celui de Habra, on remarque tout de suite que les modules du MOYEN CHELIFF sont nettement supérieur a ceux de Habra et c'est parfaitement logique vue les précipitations du bassin du CHLIFF ainsi que le climat régnant sur la région.

III.1.Dimensionnement des fossés d'assainissement :

III.1.1. Rappel hydraulique:

Pour le calcul des canaux en régime permanent il existe 3types de problèmes usuels à savoir:

- 1- On cherche le débit "Q", connaissant la section "S" et la pente "i" ;
- 2- On cherche la pente "i", connaissant la section "S"et le débit "Q" ;
- 3- On cherche la section "S", connaissant le débit "Q" et la pente "i".

Les deux premiers problèmes ne présentent pas de difficultés particulières, le résultat cherché se déduit immédiatement de la formule de MANNING – STRICKLER :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

Avec:

- \underline{V} : vitesse d'écoulement (en m/s);
- \underline{n} : coefficient de MANNING.
- \underline{R} : rayon hydraulique.
- \underline{i} : pente du fond du canal.

Par contre, le troisième problème, qui est le plus fréquent, peut présenter certaines difficultés tenant compte en particulier la forme complexe de l'équation de l'écoulement.

La résolution de ce type de problème se fait soit par approximations successives n'exigent pas de démonstration spéciale, soit par de grande table de calcul.

Ü Choix de la section a utilisée:

Le profil de meilleur conductivité est celui qui véhicule le débit maximum; Pour un canal de pente "i" et de coefficient de rugosité "n", la section qui véhicule le débit maximal Q_{\max} est celle ou le rayon hydraulique R_h est maximal la ou la section est minimale.

Parmi toutes les formes géométriques, seule la demi-circulaire satisfait cette condition, mais comme elle n'est réalisée que dans les canaux artificiels en béton ou en métal et vue la difficulté et le coût de sa réalisation en terre, nous operons pour la forme trapézoïdale dont les caractéristique sont données comme suit:

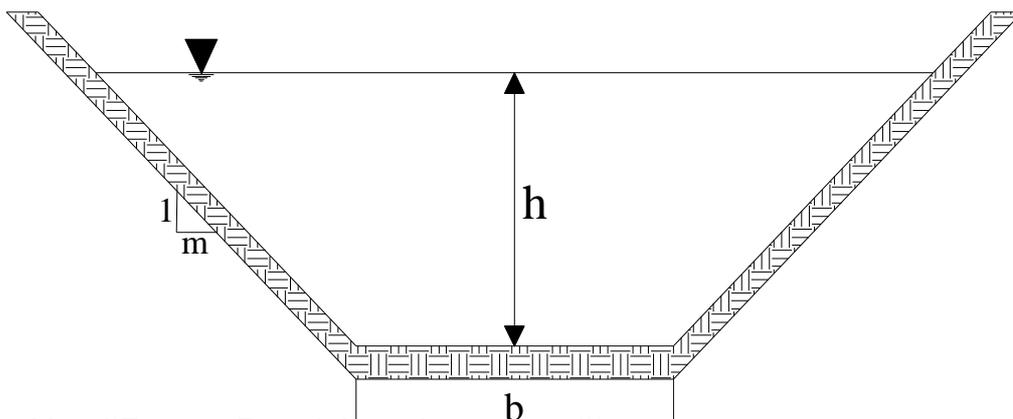


Fig III.1 : Section trapézoïdal type

III.1.2. Application des formules :

Les analyses des résultats obtenus pour le périmètre de Habra confirment l'efficacité des fossés profonds puisque les investigations pédologiques menées ont montrés que pour la plaine de Habra, une dessalination des sols sembles être amorcée;

Par ailleurs, le drainage est considéré comme un équipement interne à la parcelle et sa réalisation éventuelle incombe exclusivement à l'agriculteur mais les fossés collectifs ne devront pas constituer dans l'avenir une contrainte majeure à sa mise en place.

Compte tenu de l'option prise de réaliser des fossés profonds (1.80 à 2.00), la section type est la suivante :

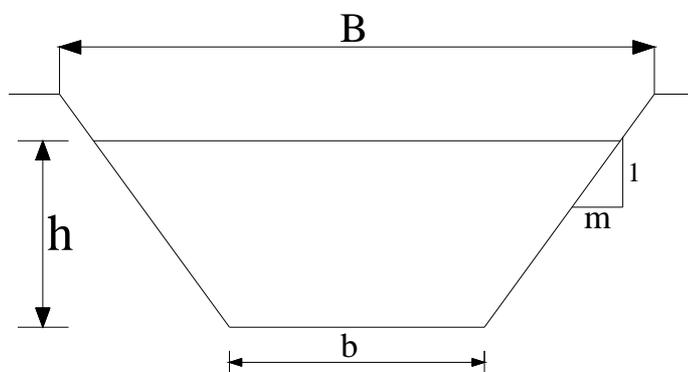


Fig III.2 : Caractéristiques d'une section trapézoïdale

Il faut signaler d'autre part que le gabarit des collecteurs est le plus souvent surdimensionné pour tenir compte :

- de la profondeur minimum requise pour recevoir les débouchés d'un réseau de drainage souterrain éventuel (2,00 à 2,50) m.
- d'une revanche de 0,50 m;

- des fruits de talus égale à 1 soit : $m = 1$;
- Pour éviter les érosions ou les dépôts les pentes minimale et maximale sont fixées respectivement à 2 % et 5 %.
- Le coefficient de Manning est fixé à $n = 0,0225$.

On a:

$$- q = 1,94 \text{ l/s/ha} \Rightarrow Q = q \times S$$

(S: étant la surface à assainir; $S = 6520.87 \text{ ha}$)

$$\Rightarrow Q = 1,94 \times 6520,87 = 12,65 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = 12.65 \text{ m}^3 / \text{s}}$$

- $n = 0.025$ (sol argileux sableux);
- $m = 1$;
- $h = (2 \div 2,5) \text{ m}$;
- $i = (2 \div 5) \%$ (pour les fossés on prendra 2%);
- $r = 0,5 \text{ m}$.

D'après MANNING - STRICKLER:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \times S$$

$$\Rightarrow Q = c \times S \times R^{\frac{1}{2}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ou : } c = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}}$$

Pour un canal trapézoïdal :

$$- S = (b + mh) \times h$$

$$- P = b + 2h \times \sqrt{m^2 + 1}$$

$$- R = \frac{S}{P}$$

Le problème dans ce cas se résoudra par approximations successives:

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = c \times S \times \sqrt{R} = j(b)$$

$$\text{Et : } \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{12.65}{\sqrt{0.02}} = 89,45 \Rightarrow j(b) = 89,45$$

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau 19 : dimensionnement des fossés par la formule de MANNING – SRICKLER

b	S	P	R	c	Q
0,1	2,40	4,34	0,55	36,24	64,68
0,2	2,55	4,44	0,57	36,47	70,48
0,3	2,70	4,54	0,59	36,68	76,38
0,4	2,85	4,64	0,61	36,88	82,37
0,5	3,00	4,74	0,63	37,06	88,46
0,6	3,15	4,84	0,65	37,24	94,63
0,7	3,30	4,94	0,67	37,40	100,87
0,8	3,45	5,04	0,68	37,55	107,19
0,9	3,60	5,14	0,70	37,69	113,57
1	3,75	5,24	0,72	37,83	120,01

Les fossés dans ce cas auront comme caractéristiques:

- $H = 1,5 + r = 1,5 + ,5 = 2,0 \text{ m};$
- $b = 0,5 \text{ m};$
- $m = 1;$
- $i = 2\%$

III.2. Protection du périmètre contre les eaux sauvages:

Entouré de montagnes et de collines, surtout la partie sud, le périmètre de Habra subit des inondations causées principalement par les eaux de ruissellement du bassin versant de la Mecta.

A fin d'y remédier à ce phénomène, nous proposons de projeter un canal de colature (c'est un canal à ciel ouvert pour évacuer ces eaux tout en protégeant le périmètre des inondations.

L'évacuation d'un débit de projet, diminue le montant des dégâts causés aux cultures et aux réseaux d'irrigation, et augmenter en conséquence la productivité, de ce fait, l'estimation de ce débit doit prendre en considération la fréquence (période de retour) ainsi que la surface du bassin versant. Généralement, le dimensionnement des ouvrages de protection contre les eaux sauvage se fait par *les débits de crue de fréquence quinquennale* que l'on peu calculé à l'aide des formules suivantes: (en fonction de la grandeur du bassin versant):

Ø Pour les bassin versant de 10 à 100 km²:

$$Q_{(5)} = 15 \times S^{0,455} \dots\dots\dots(1)$$

Avec:

- Q₍₅₎ : débit de crue quinquennale (en m³/s).
- S : surface du bassin versant (en km²).

Ø Pour les bassin plus petit:

Surtout la ou l'on ne dispose d'aucune donnée statistique, les débits seront calculés en appliquant la formule rationnelle de TURAZZA :

$$Q_{(5)} = 0,28 \times c \times i \times s \dots\dots\dots(2)$$

Avec:

- Q₍₅₎ : débit de crue quinquennale (en m³/s).
- C : coefficient de ruissellement (0,8 dans notre cas:terrain imperméable non boisé).
- i : intensité de la pluie critique de durée égale au temps de concentration T_c du bassin versant (en mm/heure).
- S : aire du bassin versant (en km²).

Le temps de concentration T_c du bassin peut être déterminé à l'aide de la formule de VENTURA:

$$T_c = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{I}}$$

Avec:

- T_c : temps de concentration (en heures).
- S : aire du bassin versant (en km²).
- I : pente moyenne du thalweg principal.

III.2.1. Choix de la formule a utilisé :

Vu la superficie du sou bassin versant pris en considération (voir la carte du bassin et sous bassin versants) qui est de l'ordre de 90,685 km², notre choix se porte sur la formule (1); c'est-à-dire:

$$\begin{aligned} Q_{(5)} &= 15 \times S^{0,455} \\ &= 15 \times (90,685)^{0,455} \\ &= 116,62 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q_{(5)} = 116,62 \text{ m}^3 / \text{s}}$$

III.2.2. Dimensionnement du canal de colature :

Le dimensionnement du canal de colature (dit aussi canal de ceinture) se fait de même que les fossé d'assainissement, c'est-à-dire par la formule de MANNING – STRICKLER;

On a:

- $Q = 116.62 \text{ m}^3/\text{s}$
- $n = 0,0225$ (limon et argile);
- $m = 1$;

$$- h = (2 \div 2,5) \text{ m};$$

$$- i = (2 \div 5) \%;$$

$$- r = 0,5 \text{ m}.$$

D'après MANNING - STRICKLER :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \times S$$

$$\Rightarrow \quad Q = c \times S \times R^{\frac{1}{2}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad \text{ou:} \quad c = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}}$$

Pour un canal trapézoïdal :

$$- S = (b + mh) \times h$$

$$- P = b + 2h \times \sqrt{m^2 + 1}$$

$$- R = \frac{S}{P}$$

Le problème dans ce cas se résoudra par approximations successives:

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = c \times S \times \sqrt{R} = j(b)$$

$$\text{Et: } \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{116,62}{\sqrt{0,05}} = 521,54 \quad \Rightarrow \quad j(b) = 521,54$$

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau 20 : dimensionnement des fossé par la formule de MANNING – SRICKLER

b	S	P	R	C	Q
0,1	6,50	7,17	0,91	43,72	270,60
0,2	6,75	7,27	0,93	43,90	285,52
0,3	7,00	7,37	0,95	44,06	300,61
0,4	7,25	7,47	0,97	44,22	315,86
0,5	7,50	7,57	0,99	44,38	331,28
0,6	7,75	7,67	1,01	44,52	346,84
0,7	8,00	7,77	1,03	44,66	362,54
0,8	8,25	7,87	1,05	44,80	378,38
0,9	8,50	7,97	1,07	44,92	394,35
1,0	8,75	8,07	1,08	45,05	410,44
1,5	10,00	8,57	1,17	45,60	492,60
1,6	10,25	8,67	1,18	45,70	509,34
1,7	10,50	8,77	1,20	45,80	526,18
1,8	10,75	8,87	1,21	45,89	543,10
1,9	11,00	8,97	1,23	45,98	560,11
2,0	11,25	9,07	1,24	46,07	577,21

Les canal de colature ('ceinture) dans ce cas aura comme caractéristiques:

- $H = 2,5 + r = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ m};$
- $b = 1,7 \text{ m};$
- $m = 1;$
- $i = 5\%$

REMARQUE :

Économiquement parlant, Compte tenu du gabarit assez important du canal de colature d'une part, et son entretien nécessitant un curage pour éliminer les dépôts liés au transport solide lors des crues; il serait préférable de calibrer les chabates et oueds, existants pour la protection du périmètre contre les eaux des crues, que de réaliser un canal de colature de telle envergure.

CHAPITRE III

RESEAU DE DRAINAGE

I. Définition:

Le drainage c'est l'évacuation des eaux de surface ou souterraines excédentaires par des moyens naturels ou artificiels en vue de l'assèchement d'un terrain trop humide ou inondé, afin de le valoriser pour l'agriculture, l'élevage ou la construction.

Le drainage permet de réguler l'humidité excessive des sols, due à leur nature ou à la présence de sources ou de nappes d'eau près de la surface. Cette humidité entraîne nombre d'inconvénients, parmi lesquels une diminution de l'activité biologique de la terre, de mauvais échanges thermiques néfastes sur le développement des cultures, une résistance inférieure des plantations aux sécheresses, une diminution de l'efficacité des engrais, un manque d'oxygène entraînant une asphyxie des racines, une désagrégation des particules, et une instabilité du sol lui-même. Les travaux agricoles en deviennent malaisés et les plantes sont moins bien alimentées, ce qui a des conséquences négatives sur leur développement.

Le drainage des sols permet un assainissement des habitations, une amélioration de la qualité de vie, une diminution, voire une élimination, des nuisances dues à l'humidité, une amélioration des conditions de santé dans les zones humides et une intensification de la production agricole : les rendements s'en trouvent augmentés (en culture céréalière, selon les années, cette amélioration peut varier de 5 à 15 quintaux par hectare), et la dépense en semences, en énergie et en main-d'œuvre est optimisée. Le recours à des pompes pour le refoulement de l'eau, particulièrement dans le cas des sols situés en dessous du niveau des voies d'évacuation de l'eau, est désormais une pratique courante.

II. Drainage agricole:

II.1. Intérêt :

Sous nos latitudes, si les terres agricoles ne disposent pas d'un bon drainage naturel, elles sont presque saturées en eau. Dans ce cas, la terre se gorge d'eau, surtout durant la période hivernale, et il faut impérativement installer un système de drainage artificiel. Ce qui retient l'eau dans les couches supérieures de la terre peut être de diverses natures : des zones d'accumulation d'argile ou des couches imperméables, par exemple de grès. Par ailleurs, les argiles dites gonflantes « capturent » l'eau et empêchent son évacuation. Afin de pallier les inconvénients du mauvais drainage naturel d'un sol, on installe des dispositifs adaptés.

Pour valoriser un terrain ou un territoire, on recourt à deux techniques de drainage principales : le drainage par fossés et le drainage par canalisations, auxquels il convient d'ajouter des opérations de pompage dans des cas particuliers, et notamment lorsque les sols à assécher se trouvent sous le niveau des voies d'évacuation des eaux. Afin qu'une installation de drainage soit d'un prix abordable, il vaut mieux que la surface à traiter soit d'un minimum de 2 000ha.

II.2. Drains :

L'intervention la plus élémentaire visant à réduire le taux d'humidité d'un terrain consiste à creuser une tranchée, pour que les eaux ne pouvant pénétrer dans le terrain par gravité puissent couler vers ce creux et, ainsi, détourner une partie des eaux de la surface des terres avoisinantes. Si le terrain est en pente, la tranchée située en partie haute et perpendiculairement au sens de la pente soustrait une bonne partie des eaux de ruissellement aux terres en aval. De plus, si l'on accède, en creusant suffisamment, à une terre perméable, on pourra soustraire une plus grande quantité d'eau.

Un développement de ce type d'intervention consiste à canaliser les eaux pour les récupérer ailleurs. On peut aussi recouvrir la canalisation avec du matériel à condition que la perméabilité soit conservée. Lorsque l'on doit retirer de grandes quantités d'eau en un temps relativement court, on utilise des pompes.

En agriculture, un drain est une canalisation souterraine permettant de recueillir et d'évacuer l'eau en excès dans le sol. Les drains les plus usités sont des tuyaux en matière plastique (polyvinyle, polyéthylène), généralement souples et ajourés ; il existe également des drains constitués de cylindres en terre cuite, assemblés pour permettre la pénétration de l'eau. Ils peuvent être enrobés, ce qui augmente la performance du drain en diminuant la résistance de pénétration de l'eau. Afin d'éviter les éventuels problèmes de colmatage, mieux vaut que les perforations ne comportent pas d'opercule.

Les drains en PVC peuvent présenter des diamètres intérieurs variant entre 44 et 58cm. Le diamètre le plus important est plus performant, car il présente moins de résistance à l'entrée de l'eau, des risques de colmatage réduits, et un débit supérieur. Afin de préserver l'installation de drainage, on ajoute généralement un drain de Ceinture, qui améliore l'assainissement des drains, vise à intercepter l'apport extérieur et à éviter le colmatage provenant des racines, en particulier de haies.

Les collecteurs sont constitués de tuyaux d'une section supérieure, qui recueillent l'eau provenant des drains qui y sont reliés, et qui s'écoule ensuite vers un émissaire. Idéalement, les collecteurs ont une longueur inférieure ou égale à 20 p. 100 de la longueur totale des tuyaux enfouis.

II.3. Draineuses :

Aujourd'hui, le drainage des sols est mécanisé. Pour creuser les tranchées dans lesquelles les drains seront enfouis, on emploie des draineuses. Ce sont des machines automotrices ou adaptables sur un tracteur qui, d'une part, peuvent creuser des tranchées de la profondeur voulue en l'ajustant constamment (par visée optique ou rayon laser), et, d'autre part, procèdent immédiatement à la pose des drains et collecteurs en un seul passage.

La *trancheuse-poseuse* est une trancheuse, c'est-à-dire une machine comportant une grande roue placée verticalement ou une chaîne sans fin sur laquelle sont disposés des couteaux ou des godets, qui permettent de creuser une tranchée d'une largeur de 20cm en moyenne et de 1,5 à 2m de profondeur ; et d'un système de déblayage qui aligne le matériel creusé sur le côté de la tranchée. La trancheuse-poseuse est munie d'un caisson de pose et de dérouleurs (s'il s'agit de drains en plastique) ou d'un ameneur de drains en poterie. Cette machine peut poser environ 300m de drains par heure.

La *poseuse à outil fouisseur* s'adapte sur des tracteurs à chenilles d'une puissance minimale de 150 ch. : elle creuse des galeries à une profondeur maximale variant entre 1,60 et 1,80 m au moyen d'un rooter à une dent, et dépose les drains contenus dans le caisson de pose, situé à l'arrière des outils de creusement. Cette machine est en mesure de poser jusqu'à 1 500m de drains par heure.

Le drainage comporte 3 phases:

- captage : ou collecte des eaux excédentaires (drainage à laparcelle) .
- acheminement : par une réseau de collecteurs ou de fossés .
- restitution : au réseau hydro -graphique naturel (exutoire

II.4. Effets positifs de l'assainissement du sol :

- Meilleure aération du sol.
- Amélioration de la structure du sol.
- Pénétration plus profonde des racines.
- échauffements plus rapide du sol.
- Augmentation des processus de nitrification.
- Diminution des mauvaises herbes et des maladies des cultures.
- Travail du sol facilité.
- Accès possible aux parcelles en temps opportun.

⇒ Augmentation du rendement des cultures et amélioration de la qualité des récoltes.

III. Causes de l'excès d'humidité du sol :

On distingue 3 causes essentielles :

- ◆ Apports externes d'eau ;
- ◆ Présence prolongée d'une nappe peu profonde ;
- ◆ Stagnation temporaire des eaux de précipitation.

III.1. Apports externes d'eau :

III.1.A. Apports d'eau en provenance de l'extérieur de la zone :

Remède : collecteur de ceinture (fossé ou drain placé au fond d'une tranchée très perméable).

III.1.B. Apports d'eau provenant d'un cours d'eau :

- ▼ Alimentation excessive de la nappe

Remède : contre-canal

- ▼ Débordement occasionnel

Remède : ouvrages de maîtrise des crues

III.2. Présence prolongée d'une nappe peu profonde :

- Drainage par tuyaux enterrés
- Eventuellement, drainage par fossés
- Dans certains cas, drainage par puits
- En présence d'apports latéraux importants: interception préalable

III.3. Stagnation temporaire des eaux de pluie :

III.3.1. Défaut d'infiltrabilité :

Dû à la présence d'une strate peu perméable en surface (croûte de battance, tassement superficiel, etc.) qui empêche l'infiltration .

Remède :

- ▶ Si les horizons sous-jacents présentent une bonne conductivité hydraulique: amélioration de la structure de la strate superficielle.
- ▶ dans le cas contraire: drainage de surface .

III.3.2. Défaut de drainage interne :

Infiltration profonde par la faible conductivité hydraulique du sol ou par la présence d'une couche peu perméable à faible profondeur (y c. semelle de labour) qui bloque l'infiltration et provoque l'apparition d'une nappe perchée.

Remède :

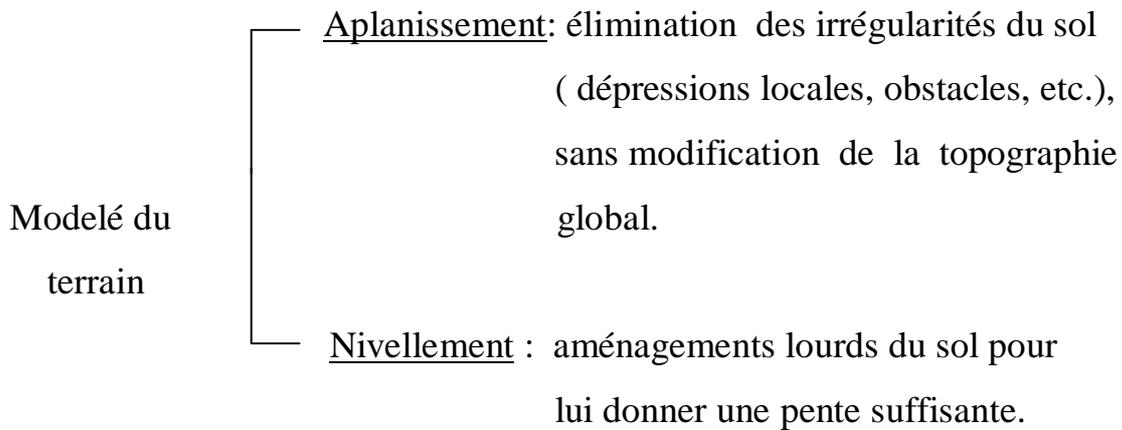
- ▶ En présence d'une semelle de labour: sous -solage profond.
- ▶ Sols peu perméables ou nappe perchée peu profonde: drainage de surface et/ou drainage souterrain ; si nécessaire, techniques associées.

IV. Systèmes de drainage :

IV.1. Drainage de surface :

Pratiqué dans les zones plates, à très faible pente ou à surface irrégulière, en présence de défauts d'infiltrabilité ou de drainage interne.

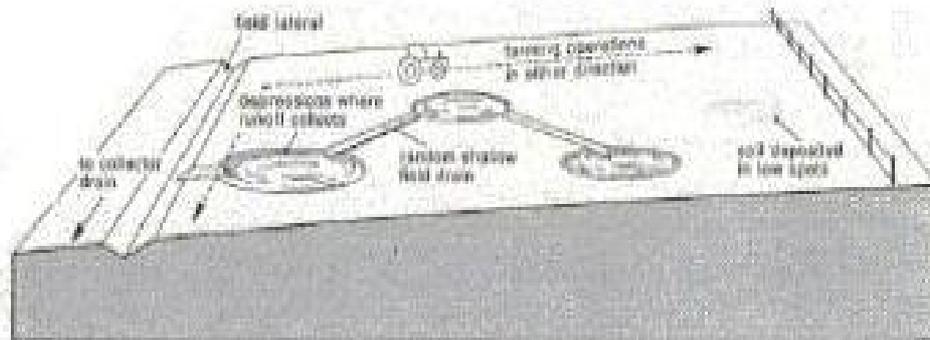
Ø **Objectif :** Réduire les risques de submersion prolongée du sol sans provoquer d'érosion:



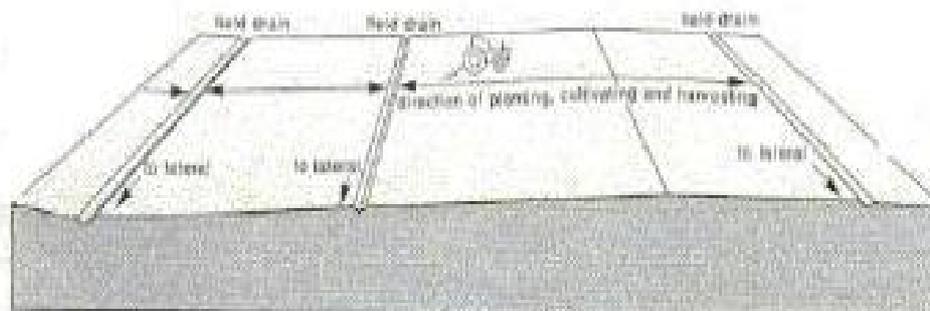
Ø **Inconvénients :**

- Coût ;
- Gêne offerte au travail mécanisé;
- Frais d'entretien des fossés de collecte.

Disposition des fossés collecteurs



Systeme aléatoire



Systeme de fossés parallèles

Source : Drainage basic (EPFL)

Fig III.1 : Drainage de surface:

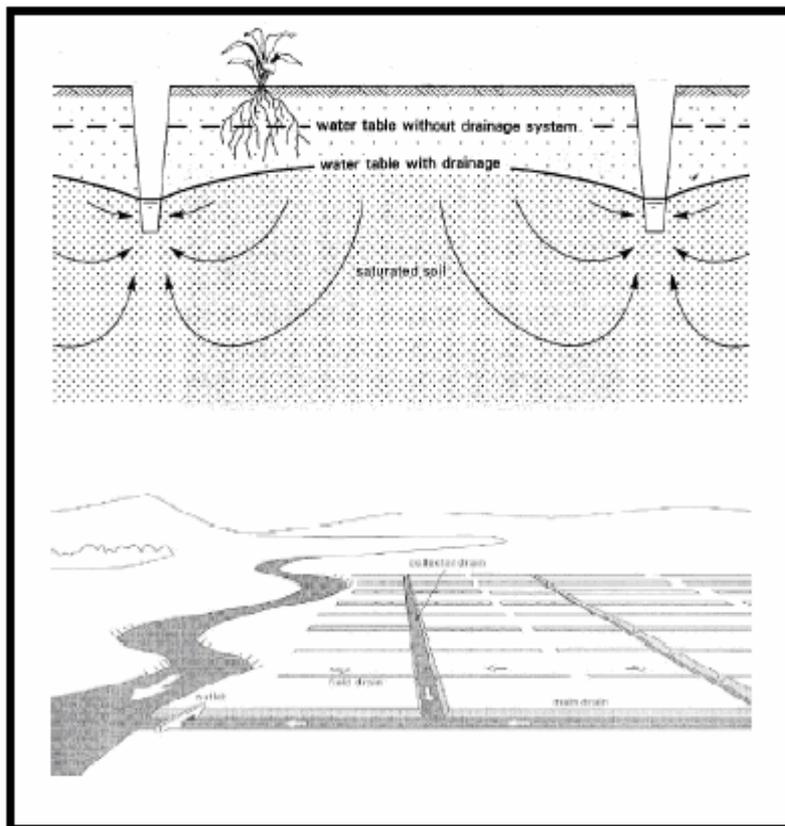
IV.2. Drainage par fossés :

Ø Inconvénients :

- perte de surface cultivable
- difficulté d'accès
- entretien onéreux
- maladies hydriques

Ø Envisageable dans certains cas :

- drainage de surface et souterrain simultanés
- risques élevés de colmatage chimique
- raisons financières
- sols tourbeux

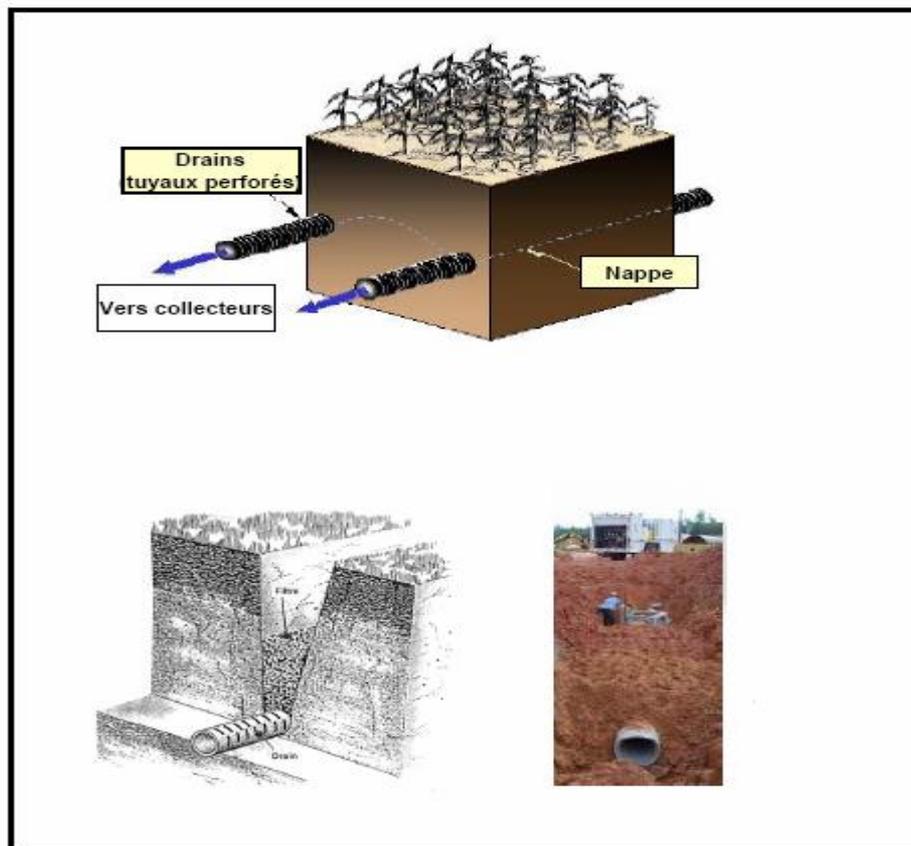


Source : Drainage basic (EPFL)

Fig III.2 : Drainage par fossés.

IV.3. Drainage par drains enterrés :

- Installation dans le sol de drains: tuyaux perforés de 4 à 10 cm de diamètre
- Les drains se jettent dans un réseau de collecteurs qui évacuent l'eau vers un émissaire (rivière, lac... etc).
- Les collecteurs recueillent également souvent les eaux de ruissellement desurface par l'intermédiaire de sacs (regards couverts d'une grille).
- En cas de pente insuffisante pour évacuer les eaux par gravité, les eaux sont relevées par une station de pompage.
- Aux points névralgiques (jonctions entre collecteurs, changements de direction et de pente..etc) on place des chambres de visite .



Source : Drainage basic (EPFL)

Fig III.3 : Drainage par drains enterrés.

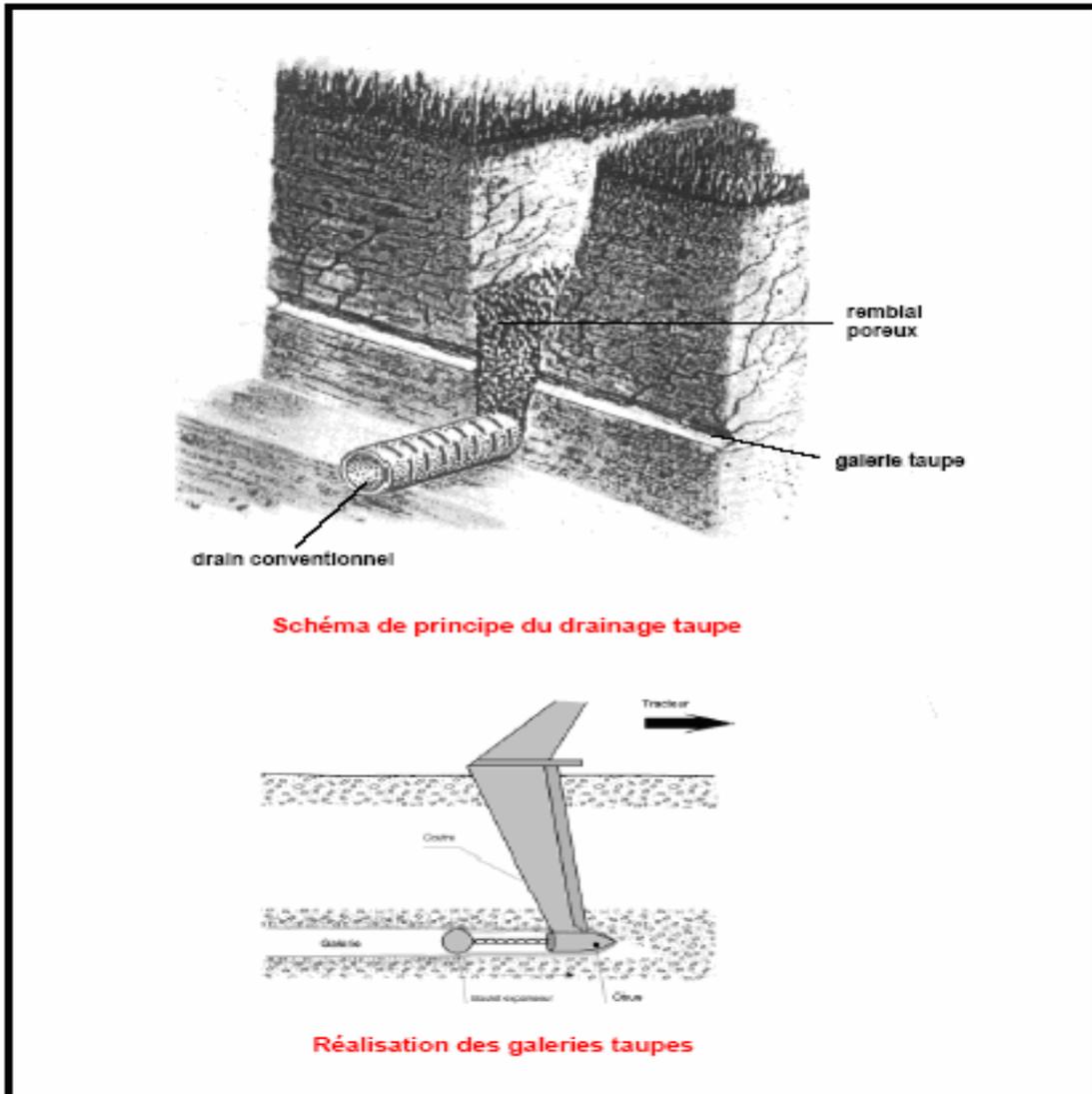
IV.4. Techniques associées :

Ø Drainage –taupe :

Associe un réseau de drains conventionnel à grand écartement (30 à 60m et plus) surmontés d'un remblai poreux, à un réseau dense de galeries taupes

Aspects pratiques

- galeries perpendiculaires aux files de drains
 - diamètre: env. 4cm
 - profondeur: 40 à70 cm
 - écartement: 2 à 4m
 - durée de vie: variable(quelques années).
- ✓ Les galeries taupes sont réalisées à l'aide d'un tracteur solidaire d'une charrue-taube munie d'un boulet extenseur. Ce dernier provoque un lissage et un compactage des parois de la galerie qui conserve sa forme. Les sols doivent donc être plastiques (teneur en argile élevée et humidité suffisante).



Source : Drainage basic (EPFL)

Fig III.5 : Schéma de principe du drainage taupe et sa réalisation.

Ø Drainage par puits :

Il consiste à provoquer un abaissement de la nappe par pompage dans un réseau de puits régulièrement distribués dans l'espace, de sorte à ce que leurs cônes de dépression se recourent

-Méthode utilisée principalement lorsque la nappe doit être abaissée fortement, en particulier pour prévenir une salinisation du sol par remontées capillaires (salinisation capillaire).

V. Dimensionnement du réseau de drainage :

V.1. Critères de choix des drains :

- Coût;
- disponibilité locale;
- Facilité de pose;
- Résistance à l'écrasement;
- Efficacité hydraulique;
- Caractéristiques chimiques du sol;
- Durabilité.

V.2. Prévention :

- Evaluation des risques;
- Si nécessaire, choix d'un filtre efficace.

V.3. Impacts positifs du drainage sur les sols :

- Forte amélioration du potentiel agricole
- Evolution des caractéristiques fonctionnelles du sol (aération, régime thermique, activité biologique, potentiel redox, etc...)
- A moyen et long terme;l'amélioration de la structure du sol, de la capacité d'infiltration et de la circulation de l'eau ;nouvel équilibre biologique
- Réduction des contraintes d'exploitation (accès aux parcelles, diversification des cultures, etc)
- Diminution des risques de salinisation

V.4. Impacts négatifs possibles :

- augmentation de la pression intergranulaire et tassement;
- affaissement des sols tourbeux .

CHAPITRE IV

CALCUL DU RESEAU DE DRAINAGE

I. Description de la zone à drainer :

Le choix de la zone à drainer c'est porté sur une zone du type "D" (selon l'aptitude culturale; voire *tableau 8: Zones homogènes de mise en valeur*), ce choix s'est fait de telle sorte a avoir une zone classée parmi les zones salées où le niveau la nappe est proche de la surface du sol, c'est-à-dire une zone nécessitant une projection d'un réseau drainage.

Selon le découpage du périmètre en îlots numérotés, la zone à drainer concerne l'îlot N° 1111, dont les propriétés sont données comme suite :

- Texture: limono-argileuse.

- Horizons hétérogènes :

{	(0 - 80) cm :	Limono-argilo-sableuse	$K_1 = 0,5 \text{ m/j} = 5,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s.}$
	(80 - 120) cm :	Argilo-limoneuse	$K_2 = 0,2 \text{ m/j} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s.}$
	>120cm :	Nappe captive.	

- La porosité efficace (ou de drainage) : $m = 7 \%$.

- L'îlot à drainer est cultivé en céréales, et selon le tableau de SALAMIN on a une durée de submersion $q = 3\text{jr}$.

La période de calcul de la pluie critique : $T = 2\text{ans}$ (Periode de retour).

- Salinité :

La zone d'étude appartient a la classe -4- c'est-à-dire la salinité varie entre $(4 \div 8) \text{ mmhos/cm}$ de 0 à 50cm de profondeur, et de $(8 \div 16) \text{ mmhos/cm}$ en profondeur.

Tableau des dommages subis par les plantes (en pourcent de la récolte optimale
En cas d'une submerssion de 3, 7, 11 ou 15jours

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juille	Aout	Septebre	Otobre	Novembre
<i>Nombre de jour de submersion</i>	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15
<i>Fourrage pérenne</i>	. . 5 10	. . 5 10	. . 5 10	. 10 20 30	10 25 40 60	10 30 50 100	10 40 70 100	10 40 70 100	10 30 50 80	10 30 50 70	. 10 20 30	. . 5 10
<i>Pâturage</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. . . 10	. 10 20 30	. 15 30 50	. 20 30 50	. 20 30 50	. 10 20 30	. . . 10	. . . .	. . . .
<i>Prairie</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. . . 10	. 10 20 30	. 15 30 50	. 20 30 50	. 20 30 50	. 10 20 30	. . . 10	. . . .	. . . .
<i>Betterave à sucre & fourragère</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. 10 50 100 100	10 50 90 100	10 50 90 100	10 40 90 100	10 40 90 100	10 40 90 100	10 40 90 100	. 10 30 50	. . . .
<i>Pomme de terre</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. 30 80 100 100	30 80 100 100	40 90 100 100	50 100 100 100	50 100 100 100	50 100 100 100	20 40 60 80	. . . .	. . . .
<i>Tournesol</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. 10 20 40 80	10 30 60 100	10 40 80 100	10 40 60 80	. . 10 20	. . . .	. . . .	. . . .
<i>Chanvre</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. 20 40 60 100	20 50 75 100	10 40 60 80	10 30 50 70	10 30 50 80	10 30 50 70	. 10 20 30	. . . .
<i>Céréales d'automne</i>	. 5 10 20	. 5 10 15	. 5 10 20	. 5 15 30 50	10 25 40 70	20 40 70 100	20 50 80 100	. . 10 20	. . . .	. . . .	. 4 10 20	. 5 10 20
<i>Céréales de printemps</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. 10 20 40 100	15 40 75 100	15 50 75 100	20 50 75 100	. . 10 20	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
<i>Maïs</i>	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. 20 80 100 100	10 50 80 100	10 40 75 100	. 10 50 80	. 10 40 60	. 10 20 30	. . 10 10	. . . .

D'après SALAMIN (Hongrie)

II. Calcul du débit caractéristique du réseau "q_c" :

La première phase du dimensionnement d'un réseau de drainage consiste à déterminer le débit caractéristique que devra évacuer le réseau; il existe plusieurs procédés de calcul en fonction des conditions culturales ainsi que le régime hydraulique (permanant ou variable).

Notion de régime permanant et régime variable :

- Dans les régions où les pluies se caractérisent par de longues durées, ne laissant entre elles que des intervalles trop courts pour permettre un ressuyage du sol suffisant sur une profondeur convenable, on adaptera, alors, un régime **permanant** d'évacuation d'eau qui maintiendra la nappe en dessous d'un niveau maximal à ne pas dépasser.
- Par contre, dans les régions où les pluies ont une très forte intensité mais de courtes durées, laissant entre elles des intervalles de temps suffisamment longs, on adoptera un régime **variable** pour le rabattement du niveau de la nappe à un niveau voulu en un délai bien déterminé après la fin de la pluie.

II.1. Cas ou l'excès provient des pluies :

II.1.1. En régime permanant sans tenir compte du stockage :

C'est le débit par unité de surface à recueillir et évacuer de la parcelle sera donc directement fonction de l'intensité "i" de la pluie critique.

Le débit caractéristique du réseau sera donnée par

$$\left\{ \begin{array}{l} q_c = (1 - e) \times i_p \dots\dots\dots q_c : \text{en mm/jr} \\ q_c = \frac{1 - e}{0,36} \times i_p \dots\dots\dots q_c : \text{en l/s/ha} \end{array} \right.$$

Avec :

- (1- e): Coefficient d'évaporation (nombre sans dimension < à 1).

(1- e) : fraction de pluie non évaporer.

- Prairie $\Rightarrow (1- e) = 0,5 \div 0,6$.
- Céréales $\Rightarrow (1- e) = 0,6 \div 0,8$.
- Culture maraîchère $\Rightarrow (1- e) = 0,8 \div 0,9$.

- i : Intensité de la pluie en (mm/h); avec $i = \frac{P_{c,j}}{q}$

Ø Résultats et calculs :

Pour notre cas on a des céréales donc on prendra :

- (1 - e) = 0,7;
- $P_c = P_{3j,2ans} = 22$ mm (d'après l'étude fréquentiel des pluies).

$$\Rightarrow i_p = \frac{P_c}{3jr} = \frac{22}{3 \times 24} = 0,31 \text{ mm/h}$$

$$\Rightarrow \underline{i_p = 0,31 \text{ mm/h}}$$

Donc: $q_c = \frac{0,7}{0,36} \times 0,31 = 0,60 \text{ l/s/ha}$

$$\Rightarrow \boxed{\begin{aligned} q_c &= 0,60 \text{ l/s/ha} \\ &= 5,18 \text{ mm/jr} \end{aligned}}$$

II.1.2. En régime permanent en tenant compte du stockage :

On a dans ce cas:

$$q_c = \frac{P - E - S}{q}$$

Avec: - q_c : débit caractéristique

(en mm/jr).

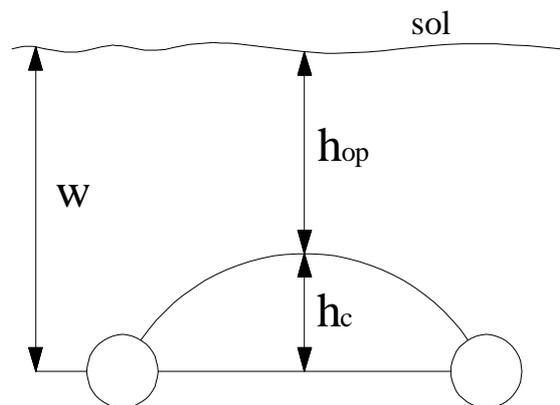
- P : pluie critique (en mm).

- E : l'évaporation (en mm).

- W : profondeur des drains.

- q : durée de submersion admissible (3 jour).

- S : le stockage du sol (en mm)..... $S = h_c \times m$



$E = 3.6 \text{ mm/jr}$ pour le mois critique (avril) (voir calcul ET0)

Pour le choix de la profondeur des drains "w" il faut se référer au butin de la FAO (Drainage design factors 1989), ce dernier donne les profondeurs optimale des drains en fonction du type de culture, texture du sol, et du régime de calcul (permanant ou variable).

Pour notre cas (texture moyennement fine et céréale) on optera pour une profondeur de drains égale à 1m c'est-à-dire $W = 1m$;

Ce qui nous donne une profondeur critique $h_c = 0,3m$, et une profondeur optimale de la nappa $h_{op} = 0,7m$.

Donc on aura:

$$S = h_c \times m = (0,3 \times 1000) \times 0,07 = 21mm \quad \Rightarrow \quad \underline{S = 21mm}$$

On remarque que la valeur du stockage (21mm) est plus ou moins égale a celle de la pluie critique (22mm), ce qui signifie que le sol peut stocker une quantité d'eau égale a celle reçu par la pluie, donc on peut se poser la question: Pourquoi drainer cette eau si le sol peut la stocker? Dans ce cas il est absurde de prévoir un drainage.

II.1.3. En régime variable :

On a : $q_c = \frac{S}{q}$

Avec :

- q_c : débit caractéristique (en mm/jr).
- S : le stockage du sol (S = 21 mm)
- q : durée de submersion admissible (3 jour).

Donc: $q_c = \frac{21}{3} = 7mm/jr = 0,81l/s/ha$

$$\Rightarrow \begin{array}{l} q_c = 7mm / jr \\ = 0,81l / s / ha \end{array}$$

II.2. Cas ou l'excès provient de l'irrigation :

Pour les céréales, les besoins ont été calculés à l'aide du logiciel CROP-WAT V8, les résultats sont donnés comme suite :

Tableau 21: Calcul de l'ETP à l'aide du logiciel CROP-WAT V8

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled								
Country	ALGERIA			Station	MECTA DOZ			
Altitude	20	m.	Latitude	0,77	°N	Longitude	2,35	°E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ETo	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day	
January	5.6	10.0	79	3	10.1	24.1	2.73	
February	7.4	11.0	76	3	11.0	26.4	3.12	
March	9.0	12.0	74	3	11.9	28.2	3.46	
April	10.0	15.8	71	3	13.1	29.3	3.76	
May	12.0	21.4	67	3	14.0	29.1	3.97	
June	13.6	29.0	62	3	14.5	28.7	4.22	
July	15.8	35.0	57	3	14.3	28.8	4.56	
August	15.4	36.0	58	3	13.5	29.1	4.78	
September	14.6	30.0	62	3	12.4	28.6	4.57	
October	12.6	22.0	69	3	11.3	26.8	3.93	
November	10.0	14.0	74	3	10.3	24.5	3.12	
December	6.5	10.0	78	3	9.8	23.3	2.65	
Average	11.0	20.5	69	3	12.2	27.3	3.74	

- Les besoins nets en mois de pointe sont estimés à :

$$ETM = 3,76\text{mm/jour} = 113 \text{ mm/mois} \Rightarrow V_{net} = ETM \times K_c$$

$$\text{Pour le mois de pointe, } K_c = 1,2 \Rightarrow V_{net} = 113 \times 1,2 = 135\text{mm}$$

$$\Rightarrow V_{net} = 135\text{mm} = 1350\text{m}^3 / \text{ha}$$

$$\text{- Efficience de l'irrigation: } 60\% \Rightarrow V_{brut} = \frac{V_{net}}{60\%} = \frac{1350}{0,6} = 2250\text{m}^3$$

$$\Rightarrow V_{percol} = 30\% V_{brut}$$

$$\text{D'ou: } V_{percol} = 2250 \times 0,3 = 675 \Rightarrow V_{percol} = 675 \text{ m}^3/\text{ha} = 68 \text{ mm}$$

- Période d'irrigation: 25 jr/mois c'est-à-dire :

$$q_c = \frac{V_{percol}}{25\text{jr}} = \frac{68}{25} = 2,72\text{mm/ jr} \Rightarrow$$

$$q_c = 2,72\text{mm/ jr} \\ = 0,31\text{l/ s/ ha}$$

II.3. Cas ou l'excès provient du lessivage:

Ø Définition:

Le lessivage est une technique visant à diminuer la salinité des terres agricoles afin d'aboutir à des rendements optimaux.

Le lessivage est envisagé lorsque:

- L'eau d'irrigation est salée ($C_{ew} > 1,5$ mmhos/cm)
- Le sol a une tendance saline ($C_{es} > 4$ mmhos/cm)

On distingue deux types de lessivage:

- Lessivage capital (ou initial):

Il consiste à ramener une grande quantité d'eau pour lessiver le sol.

- Lessivage continu (ou lessivage d'entretien):

Contrairement à celui capital, ce type consiste à ramener de l'eau sous forme de doses supplémentaires avec ceux d'irrigation et ce type de lessivage la qu'on va utiliser dans notre projet.

Ø Calcul des doses de lessivage:

En utilisant la formule de RHOADS (Leaching Requirement)

$$V = \frac{ETM}{1 - LR} \quad \text{et:} \quad LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{es} - C_{eiw}}$$

Avec:

- V : volume de lessivage y compris la dose d'arrosage.
- ETM : évapo-transpiration maximale.
- LR : Leaching Requirement
- C_{eiw} : conductivité électrique de l'eau d'irrigation = 2,1 mmhos/cm.
- C_{es} : conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol

$$C_{es} = (4 \div 8) \text{ mmhos / cm}$$

$$- C_{es} = 6 \text{ mmhos/cm} \quad \Rightarrow \quad LR = \frac{2,1}{(5 \times 6) - 2,1} = 0,08 \quad \Rightarrow \quad \underline{LR = 0,08}$$

- On a $ETM = ET_0 \times K$ et $ET_0 = 3,76$ mm/jr (pour le mois de pointe);

D'autre part :

Le céréale $\Rightarrow K = 1.1 \Rightarrow ETM = 3,76 \times 1.1 = 4,12$ mm/jr = 124 mm/mois.

$\Rightarrow ETM = 124$ mm/mois.

D'ou: $V = \frac{124}{1-0,08} = 134,78$ mm donc:

$B_L = 134,78 - 124 = 10,78$ mm/mois; Ce qui nous donne: $q_c = 10,78$ mm/mois

$$\Rightarrow \begin{cases} q_c = 0,36 \text{ mm / jr} \\ = 0,04 \text{ l / s / ha} \end{cases}$$

On constate que les besoins de lessivage sont assez faibles et peuvent être négligés; c'est-à-dire que les pertes par percolation dues à la mauvaise efficacité du réseau d'irrigation peuvent assurer le lessivage des sels dans ce cas là, se qui nous ramène à ne pas envisager de lessivage d'entretien.

Cependant, il est à prévoir un lessivage capital (ou initial) en fin de campagne d'irrigation.

Récapitulation :

Tableau 22: Différentes valeurs de q_c

<i>Régime de calcul</i>	R.P sans stockage	R.P avec stockage	R.V	Perte d'irrigation	Lessivage
q_c (mm/jr)	5,18	-	7	1,40	0,36

III. Calcul des écartements des drains "E" :

Les différentes méthodes peuvent faire intervenir soit l'un ou tous les facteurs suivants:

- Les sols (profondeur, conductivité hydraulique, porosité...)
- Régime d'écoulement (permanant ou variable).
- Les cultures projetés.

Pour cela on aura la :

- Méthode proposée par **Hooghoutt** au régime permanent.
- Méthode proposée par **Glover - Dum** au régime variable.

Ø La formule de Hooghoutt : (régime permanent)

- Cas ou les drains repose sur la couche imperméable:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k}{q_c}$$

Avec :

E : Ecartement des drains en (m).

k : Conductivité hydraulique du sol (en m/j).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en mm.10⁻³).

- Cas ou les drains ne repose pas sur la couche imperméable:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k_s + 8 \times k_i \times d \times h_c}{q_c}$$

Avec :

E : Ecartement des drains en (m).

k_s : Conductivité hydraulique du sol en dessous des drains (en m/j).

k_s : Conductivité hydraulique du sol au dessus des drains (en m/j).

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains
(en m).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en mm.10⁻³).

Ø La formule de Glover - Dum :(régime variable)

$$\left. \begin{aligned} \frac{h_t}{h_0} &= 1.16 \times e^{-a.t} \\ a &= \frac{10 \times k \times d}{m \times t^2} \end{aligned} \right\} E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{m} \left[\ln\left(1.16 \cdot \frac{h_0}{h_t}\right) \right]^{-1}$$

Avec:

E : Ecartement des drains en (m);

k : Conductivité hydraulique du sol (en m/j);

m : Porosité de drainage (en %);

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains (en m);

t : Temps (en jr);

h_0 : Niveau initial de la nappe (en m);

h_t : Niveau de la nappe au temps t (en jr);

a : Facteur de réaction (en j^{-1})

q_c : Débit caractéristique (en $mm.10^{-3}$).

▼ Choix de la profondeur des drains :

Le coût d'installation et de l'entretien d'un système de drains enterrés horizontaux est étroitement lié à la profondeur de drains choisie. Les profondeurs de drains sont comprises entre **1** et environ **2m**. Du point de vue hydraulique, une augmentation de la profondeur de drainage conduit à l'augmentation des écartements, et à la réduction proportionnelle des linéaires de drains. L'augmentation de la profondeur des drains nécessite cependant la construction d'émissaires plus profonds et plus coûteux, ou parfois la

construction de stations de relevage ; l'entretien de ces émissaires est également plus difficile et plus onéreux.

Un compromis entre profondeur et coût du drainage est en conséquence à trouver en fonction des contraintes techniques et économique locales.

▼ Résultats et calculs :

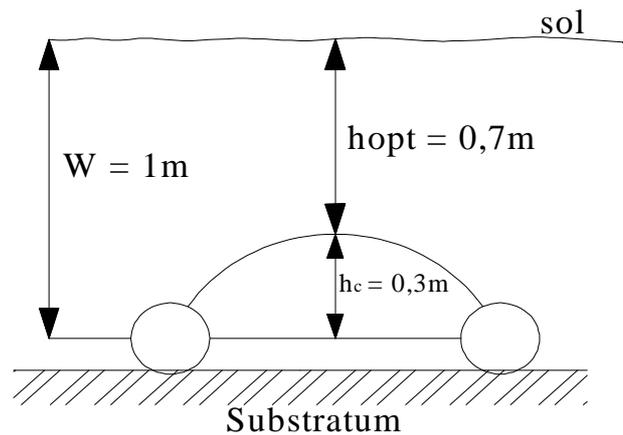
Pour tous les calculs qui suivent, on prendra le débit maximal, donc celui du régime variable : $q_c = 7\text{mm} / \text{jr}$.

Vu la pédologie de cette zone, on optera pour des drains reposants sur une couche imperméable; en effet, au de la de 80 cm de profondeur, on a de l'argile limoneuse de faible perméabilité, alors on va la supposé comme le substratum imperméable, et la nappe qui est en profondeur ($> 120\text{cm}$) comme une nappe captive.

Ø En régime permanent:

- Les drains reposent sur la couche imperméable donc on utilise la formule:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k}{q_c}$$



Avec:

- Type de culture : Céréales;
- K: Conductivité hydraulique équivalente

On a
$$K_{eq} = \frac{\sum(h_i \times K_i)}{\sum h_i}$$

$$\Rightarrow K_{eq} = \frac{(0,5 \times 0,8) + (0,2 \times 0,4)}{0,8 + 0,2} = 0,48\text{m} / \text{jr} \quad \Rightarrow K_{eq} = 0,48\text{m} / \text{jr}$$

- $q_c = 7\text{mm} / \text{jr}$

- Pour les céréales $h_{opp} = 0,7 \text{ m} \Rightarrow h_c = 0,3\text{m}$

$$\Rightarrow E^2 = \frac{4 \times (0,3)^2 \times 0,48}{7 \cdot 10^{-3}} = 24,69$$

$$\Rightarrow E = \sqrt{24,69} = 4,97 \approx 5m$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 5m}$$

Ø En régime variable:

Les drains reposent sur le substratum et on n'a pas de formules pour ce cas.

Remarque:

On remarque que l'espacement entre les drains est très faible, autrement dit, pas économique.

Donc, il faut prévoir une amélioration des propriétés physiques du sol à savoir un travail du sol (un sous-solage) visant à augmenter la conductivité hydraulique du sol.

Pour un sous-solage bien fait, on obtiendra une perméabilité d'environ 1 à 1,5 m/jr, de ce fait l'écartement des drains sera donné comme suite :

$$\Rightarrow E^2 = \frac{4 \times (0,3)^2 \times 1,5}{7 \cdot 10^{-3}} = 77,14$$

$$\Rightarrow E = \sqrt{77,14} = 8,78 \approx 10m$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 10m}$$

Récapitulation:

	Régime permanent	
	<i>K = 0,48m/jr</i>	<i>K = 1,5m/jr</i>
<i>Profondeur (m)</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Ecartement (m)</i>	<i>5</i>	<i>10</i>

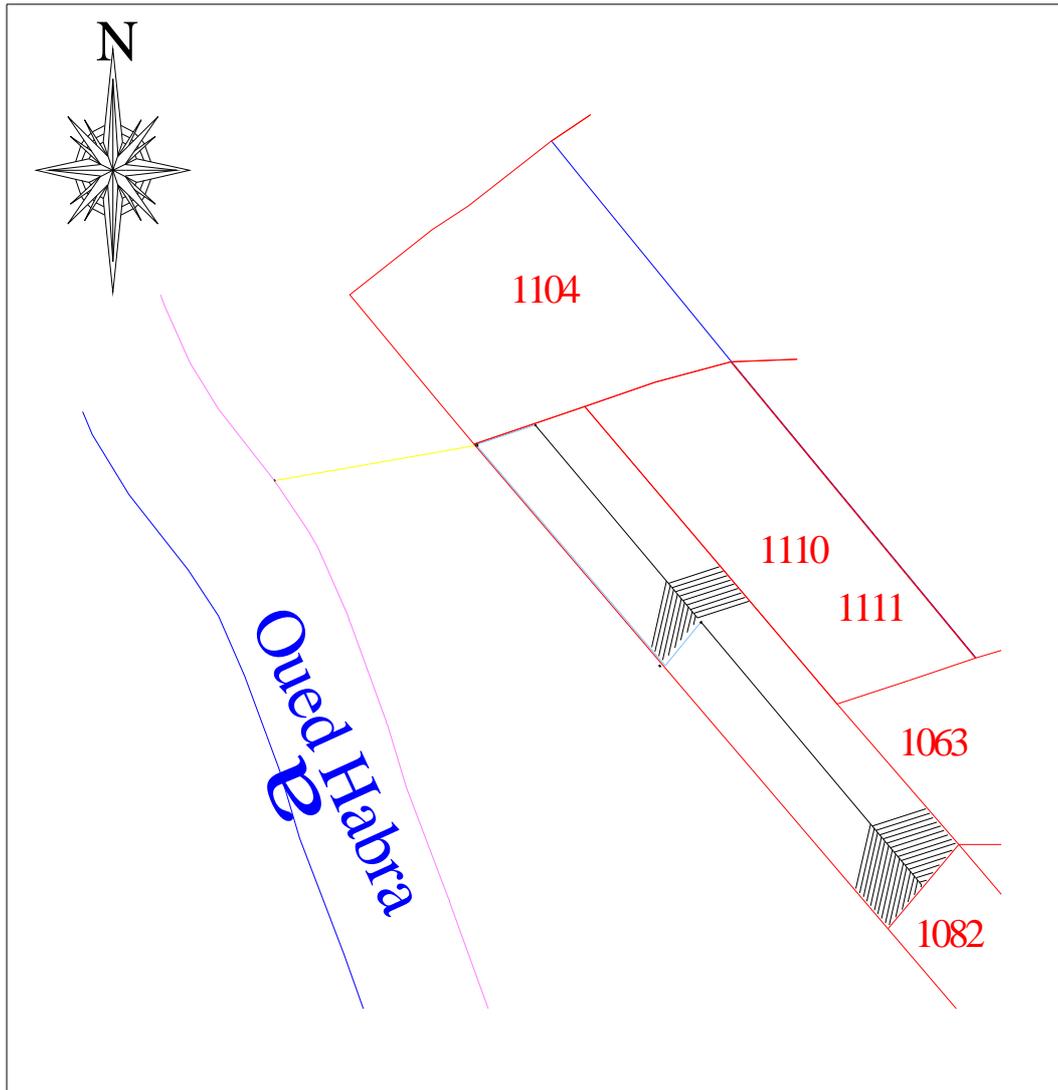


Fig IV.1 : Schéma du réseau de drainage projeté.

IV. Calcul des diamètres des drains "d" :

IV.1. Pour le régime uniforme :

- Formule de DARCY – WEIBECH :

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites lisses.}$$

- Formule de CHEZY- MANING :

$$Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites ondulées.}$$

IV.2. Pour le régime non uniforme :

- Formule de DARCY – WEIBECH :

$$Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites lisses.}$$

- Formule de CHEZY- MANING :

$$Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites ondulées.}$$

Avec :

Q : Débit de projet (en m³/s);

d : Diamètre du drain (en m);

i : La pente du drain (en %).

▼ *Résultats et calculs :*

Compte tenu du régime du débit spécifique choisis, les calculs qui suivent se feront en régime non uniforme c'est-à-dire le régime variable.

- Calcul du diamètre des drains :

D'après CHEZY – MANING on a : $Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50}$ (conduite ondulée). En pratique, on admet généralement une pente $i = 0,10\%$ pour les

drain et une chute de rendement de 50% c'est-à-dire : $Q_{proj} = \frac{Q_{cal}}{0,5}$

$$\text{D'autre part : } Q_{cal} = q_c \times S$$

Ou : S : la surface à drainer; $S = E \times L$ (E étant l'écartement entre les drains et L la longueur du drain avec $L = 96$ m).

$$\Rightarrow S = 10 \times 96 = 960 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow Q_{cal} = 7 \times 10^{-3} \times 960 = 6,72 \text{ m}^3 / \text{jr}$$

$$\Rightarrow Q_{cal} = 6,72 \text{ m}^3 / \text{jr} = 8.10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\Rightarrow Q_{proj} = \frac{8 \cdot 10^{-5}}{0,5} = 1,6 \cdot 10^{-4} m^3 / s \quad \Rightarrow \quad Q_{proj} = 1,6 \cdot 10^{-4} m^3 / s$$

$$\text{Donc : } Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \quad \Rightarrow \quad d = \left[\frac{Q_{proj}}{38 \times i^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}}$$

$$\Rightarrow d = \left[\frac{1,6 \cdot 10^{-4}}{38 \times (0,001)^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}} = 0,035 m = 35 mm$$

$$\Rightarrow \boxed{d = 35 mm}$$

- Calcul du diamètre des collecteurs :

Pour les collecteurs, la pente est sensiblement supérieure à celle des drains mais pas assez pour pouvoir se jeter dans l'émissaire, on admettra une pente $i = 0,25\%$ et une chute de rendement de 25% c'est-à-dire :

$$Q_{proj} = \frac{Q_{cal}}{0,75}$$

ü Pour les collecteurs de reprise (CPr1 et CPr2) : (voir schéma du réseau)

$$Q_{cal} = Q_{cal, drain} \times N \quad \text{Où :}$$

$Q_{cal, drain}$: Débit véhiculé par un drain.

N : nombre de drains. ($N = 54$).

$$\Rightarrow Q_{cal} = 8 \cdot 10^{-5} \times 54 = 4,32 \cdot 10^{-3} m^3 / s$$

$$\Rightarrow Q_{proj} = \frac{4,32 \cdot 10^{-3}}{0,75} = 5,76 \cdot 10^{-3} m^3 / s \quad \Rightarrow \quad Q_{proj} = 5,76 \cdot 10^{-3} m^3 / s$$

Pour les collecteurs sa sera la formule de DARCY – WEIBECH :

$$Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \quad (\text{Pour les conduites lisses}).$$

$$\Rightarrow Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \quad \Rightarrow \quad d = \left[\frac{Q_{proj}}{89 \times i^{0,57}} \right]^{\frac{1}{2,71}}$$

$$\Rightarrow d = \left[\frac{5,76 \cdot 10^{-3}}{89 \times (0,0025)^{0,57}} \right]^{\frac{1}{2,71}} = 0,1m = 100mm$$

$$\Rightarrow \boxed{d = 100mm}$$

ù Pour le collecteurs principal (CP) :

$$Q_{proj} = 2 \times Q_{proj,collect} \Rightarrow Q = 2 \times 5,76 \cdot 10^{-3} = 1,15 \cdot 10^{-2} m^3 / s$$

i = 0,25%.

$$\Rightarrow \Rightarrow d = \left[\frac{1,15 \cdot 10^{-2}}{89 \times (0,0025)^{0,57}} \right]^{\frac{1}{2,71}} = 0,13m = 130mm$$

$$\Rightarrow \boxed{d = 130mm}$$

Récapitulation

	Q (m ³ /s)	I (%)	d (mm)
drain	1,6.10 ⁻⁵	0,10	35
CPr1	5,76.10 ⁻³	0,25	100
CPr2	5,76.10 ⁻³	0,25	100
CP	1,15.10 ⁻²	0,25	130

NB : Caractéristiques des drains:

- La pente du drain est celle du terrain naturel, elle devra être $\geq 1\%$ avec un approfondissement en cas de besoin.
- Les drains agricoles seront des tuyaux annelés perforés, d'un diamètre nominal (diamètre inférieur, hors gorges) de 58, 72 et 91 mm. Pour le choix du diamètre du projet on adopte la règle suivante :

Longueur (m)		Diamètre (mm)
Inférieur à 300	.....	58
De 300 à 500	.....	72
Supérieur à 500	.....	91

- Les fentes seront percées au fond des gorges et leur longueur sera inférieure à 5mm, leur largeur ou le diamètre des trous devra être compris entre 0,9mm et 2mm.
- La surface totale des ouvertures ne devra pas être inférieure à 10 cm² par mètre linéaire de drain.
- Les orifices devront être exempts de bavures intérieurement et extérieurement.
- Les drains sont implantés selon la plus grande pente et débouchent sur fossés secondaires ou sur collecteurs.
- Les drains seront construits en tuyaux en polyvinyle chloride (PVC). Ces tuyaux sont souples, pour faciliter leur pose, et annelés, pour augmenter leur résistance mécanique. Ce type de drain présente une bonne résistance au colmatage ; livrés en couronne de grande longueur (150 m), il se pose mécaniquement.
- Au préalable à la pose des drains, la terre végétale sera décapée et la surface nivelée sur toute la largeur de la machine de pose.
- Les drains avec leur filtre de gravier seront mis en place au moyen d'une trancheuse-poseuse spéciale. L'ouverture des tranchées se fera de l'aval vers l'amont. L'alignement et le niveau des tuyaux seront établis soit, à l'aide de jalons, soit en utilisant une machine télécommandée par rayon laser ou autre mécanisme.

Matériaux de drainage

- Drains en terre cuite
(quasiment plus utilisés)



Drains annelés avec filtre

- Drains en matières plastiques
(PVC ou PE)

- ✓ Drains lisses et rigides
- ✓ Drains annelés



Drains annelés avec filtre et drains lisses rigides

Fig IV.2 : drains utilisés.

CHAPITRE V

ENTRETIEN DU RESEAU DE
DRAINAGE ET REUTILISATION
DES EAUX DRAINEES.

I. Entretien et pérennité des systèmes de drainage :

L'entretien des réseaux de drainage ne reçoit pas toute l'attention qu'il mérite. Pour une raison simple; le drainage est perçu comme moins crucial que l'irrigation, les eaux de drainage sont généralement de piètre qualité car, à la suite de leur passage dans le sol, elles s'enrichissent en sels, en nutriments et en éléments minéraux ou organiques à l'état de traces.

Deux autres aspects conduisent à négliger l'entretien :

- L'influence de l'entretien du réseau sur les performances du système n'est pas immédiatement perceptible ;
- Les gestionnaires du périmètre trouvent plus facilement des crédits pour réaliser des équipements que pour les entretenir.

I.1. Apprécier les besoins, évaluer la performance :

Vu les faibles vitesses de l'eau et les faibles tirants d'eau dans les fossés de drainage, ces derniers sont rapidement envahis par la végétation qui réduit les capacités d'écoulement. La dégradation des berges des fossés et des canaux peut être accentuée lorsque les eaux de drainage sont utilisées, notamment pour abreuver le bétail.

Il existe peu de données fiables sur l'influence de l'entretien du système de drainage sur les performances des périmètres irrigués. Les programmes d'entretien sont souvent établis en fonction des disponibilités financières des gestionnaires.

Deux situations doivent être distinguées :

- Celle de périmètres où le drainage sert au contrôle de la salinité ; dans ce cas l'appréciation de l'efficacité du drainage donne un bilan de sels réalisable par une mesure, à l'exutoire du système de drainage, des débits et de la salinité ; la masse de sels évacuée doit compenser les apports moyens par irrigation ;
- Celle de périmètres où le drainage sert au contrôle d'excès d'eau liés aux précipitations.

I.2. Méthodes d'entretien des canaux et fossés :

L'entretien des fossés et canaux repose sur la combinaison de trois types de méthodes : mécaniques, chimiques et biologiques.

I.2.A. Les méthodes mécaniques :

Ces méthodes sont les plus courantes, elles consistent en faucardage et curage des fossés au moyen de machines réalisant soit une coupe, soit un arrachage mécanique de végétation. Le curage qui induit un arrachage des racines a une plus grande efficacité que le simple faucardage. La mise en œuvre de ces méthodes est toute fois coûteuse.

I.2.B. Les méthodes chimiques :

Elles consistent à contrôler le développement de la végétation par application d'herbicides. Ces méthodes doivent être appliquées avec prudence, en raison de leurs éventuels impacts sur l'environnement et la santé, tout particulièrement efficaces si les eaux de drainages sont réutilisées. Elles sont particulièrement efficaces lorsqu'elles sont régulièrement appliquées (Brabben, 1993). La quantité d'herbicide mise en œuvre pour maintenir un faible pourcentage de végétation acceptable (de l'ordre de 5 % de couverture végétale) est en effet plus faible que pour des traitements d'urgences.

I.2.C. Les méthodes biologiques :

Utilisent des animaux pour contrôler la croissance des végétations. Des carpes chinoises, des manattes sont utilisés à cet effet en divers endroit du globe. Ces méthodes s'appliquent principalement aux grands canaux de drainage car ces espèces ont besoin d'apports d'eau réguliers et de quantités d'eau importantes.

I.3. Méthodes d'entretien des réseaux enterrés :

Des inspections régulières des réseaux de drainage enterrés sont nécessaires, tout particulièrement aux points névralgiques que sont les bouches de décharges. Les regards doivent également être visités : ils sont

généralement placés en des points importants du réseau comme les jonctions ou les changements de diamètre des tuyaux.

Au besoin, des nettoyages sous pression des drains enterrés peuvent être réalisés. Cette pratique ne devrait toute fois pas être systématique car elle présente le risque de déstabiliser le sol au voisinage du tuyau.

I.4. Retour sur la conception :

Vu les difficultés de mise en œuvre des programmes d'entretien, une réflexion s'impose sur l'influence de la conception sur les coûts d'entretien. La profondeur du système drainant est le point essentiel à examiner. Elle influe en effet sur la largeur des fossés et canaux et donc sur les vitesses de dégradation et les coûts d'entretien. Largeur et profondeur influent sur les tirants d'eau et donc sur les vitesses. De faibles tirants d'eau et de faibles vitesses facilitent la croissance des végétaux et augmentent les vitesses de sédimentation dans les canaux.

II. Réutilisation des rejets des eaux de drainage :

Que faire des eaux de drainage ? Ce problème se pose avec acuité en périmètres irrigués dans lesquels les eaux de drainage présentent souvent des concentrations élevées en sels. Dans certaines situations, la qualité des eaux de drainage permet sa réutilisation pour l'irrigation ; différentes stratégies de réutilisation sont envisageables. Cependant, dans de nombreux autres cas, les effluents sont trop salés ou trop pollués pour envisager cette solution.

Il n'est en outre économiquement pas possible de déssaliniser d'importants volumes d'eau pour l'agriculture. Il est alors essentiel de prévoir le rejet des eaux de drainage vers des exutoires qui permettent d'éviter la réintroduction des sels dans le système aquifère.

III. Potentialités et stratégies de réutilisation :

Lorsqu'elles ne sont pas trop salées (moins d'environ 6 g /l de sels dissous au total) ou trop polluées, la réutilisation des eaux de drainage pour l'irrigation est sans doute la solution la plus intéressante au problème du devenir des eaux de drainage. Cette solution présente un double intérêt :

- La réduction des besoins en eau d'irrigation dans les nombreuses régions où les ressources en eau sont limitées.
- La réduction des volumes des réseaux de drainage et les problèmes de rejet.

Pour utiliser conjointement de l'eau de drainage, salée et de l'eau d'origine différentes généralement une eau de surface, **deux techniques sont envisageables** : l'utilisation cyclique ou l'utilisation simultanée des deux eaux mélangées préalablement (Grattan and Rhoades, 1990).

✓ La stratégie cyclique :

Implique une utilisation alternée des deux eaux. L'eau de bonne qualité est réservée soit à des cultures sensibles soit à uniquement certains stades de développement de la plante où sa sensibilité à la salinité est accrue : l'eau de drainage est utilisée pour les cultures de nature plus résistante ou aux derniers stades de développement des cultures. Cependant, les moments de disponibilités des deux types d'eau ne coïncident pas forcément aux moments où la plante en a besoin. Cette contrainte peut impliquer la nécessité de stocker l'eau. En l'absence de zones de stockage naturelles, la construction de réservoirs peut être envisagée, mais cette solution est coûteuse.

✓ La stratégie du mélange des eaux :

Consiste à atteindre une eau de qualité acceptable pour l'agriculture. La technique utilisée peut consister à simplement rejeter les eaux de drainage dans les eaux de surface, ce qui ne permet pas le contrôle de la salinité du mélange ; ce contrôle nécessite la construction de dispositifs qui permettent de mixer et de stocker les eaux.

La stratégie du mélange sera généralement utilisée au niveau du gestionnaire puisqu'elle nécessite la gestion des volumes d'eau importants. L'application cyclique, plus souple, sera préférée au niveau de l'agriculteur. Ces types de méthodes comportent cependant des risques à plus au moins long terme doivent être entreprises avec précautions. Les effets de ces stratégies doivent être au préalable testés sur de longues périodes dans des expérimentations au champ dans les conditions locales.

IV. Rejet des eaux de drainage :

Des problèmes de salinisation de l'aquifères par les eaux de drainage sont apparus dans de nombreux périmètres irrigués, faute de précautions, suffisantes concernant le rejet de ces eaux (Smedema.1993). En effet, la solution couramment pratiquée est le rejet des eaux de drainage dans le réseau hydromorphique, mettant en péril l'écologie à l'aval du périmètre et causant des problèmes de santé publique.

Peu de solutions fiables sont cependant disponibles pour rejeter les eaux de drainage dans de bonnes conditions. La meilleure solution consiste à rejeter les eaux à la mer par des canaux spécifiques. Elle n'est réalisable que lorsque le périmètre n'est pas trop éloigné d'une cote. Les zones humides peuvent éventuellement constituer un exutoire avec cependant un risque de perturbation de leur écosystème ; des normes de qualité des eaux doivent en conséquence être établies avant d'envisager le recours à cette pratique.

La construction de bassins d'évaporation peut être recommandée si aucune autre solution n'est possible ; ils présentent également des risques vis-à-vis de la nappe et de l'environnement.

Notons également l'existence de puits d'injection profonde pour évacuer les eaux de drainage. Cette solution est cependant probablement trop onéreuse dans la plupart des cas. Elle n'est, de plus, applicable que lorsque l'eau de drainage est suffisamment de bonne qualité pour éviter la pollution des nappes.

De toutes les solutions techniques possibles pour évacuer les eaux de drainage, aucune n'est exempte de risques à une échelle plus large que le périmètre. Il est en conséquence indispensable de réaliser des études d'impact afin d'en évaluer les conséquences à long terme.

CHAPITRE VI

PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

Introduction :

La protection de travail comprend tout un système de mesures d'ordre social, économique, technique, hygiénique, organisationnel et juridique qui garantissent l'assurance de la protection de la santé et de la capacité des travailleurs. Plus encore que beaucoup d'autres travaux, les chantiers sont dangereux et les accidents graves peuvent se produire touchant aussi le personnel que le public.

Les différentes organisations intéressées et le service de l'inspection du travail ont édictés un certain nombre de règlements applicable au chantier.

Ces règlements doivent être strictement appliqués. Ils contribuent à limiter au maximum les accidents et dégageront la responsabilité des dirigeants du chantier qui pourraient être tenus pour responsables ou cas où toutes les dispositions n'avaient pas été prises.

En ce qui concerne la sécurité pendant la période de des travaux, la prévention contre les accidents est très importante, vu leurs gravités.

I. Liste des actions dangereuses pendant la réalisation des travaux :

- Intervenir sans précaution sur les machines en mouvement.
- Intervenir sur des installations sous tension.
- Agir sans prévenir ou sans autorisation.
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.
- Mauvaise utilisation d'un outillage, d'un engin...
- Adopter une position peu sûre.
- Travailler dans une attitude inappropriée.
- Suivre un rythme de travail inadapté.
- Plaisanter ou se quereller pendant les heures de travail.

II. Liste des conditions dangereuses pendant la réalisation des travaux :

- Installation non protégée.
- Installation mal protégée.
- Protection individuelle inexistante.
- Outillage, engin, équipement, en mauvais état.
- Défaut dans la conception.
- Matière défectueuse.
- Conditions climatiques défavorables.
- Facteurs d'ambiance impropre.
- Mauvaise disposition des lieux.
- Eclairage défectueux.

III. Mesures générales de sécurité :

III.1. Résistance et stabilité :

Les échafaudages, plates-formes, passerelles, boisages, ceintures, coffrage, soutènement, et toutes autres installations, les rampes, filets, ceinture de sécurité et tous autres dispositifs ou appareils de protection, les chaînes, câbles ou cordages, les échelles ainsi que les matériels et engins de toute nature mis par les chefs d'établissement à la disposition des travailleurs sont exposés.

Les installations, les dispositifs, le matériel ou les engins utilisés, doivent avoir notamment une résistance suffisante pour supporter les charges et les efforts auxquels ils sont soumis. En outre, la stabilité des installations et des engins de toute nature mis en œuvre sur les chantiers, doit être assurée d'une manière efficace.

III.2. Mesures de protection destinées à empêcher les chutes d'objets et de matériaux :

- Des moyens d'accès sur doivent être aménagés pour toutes les plates formes et tous les autres emplacements de travail.
- Tous les lieux où sont exécutés des travaux, ainsi que leurs accès, doivent être convenablement éclairés.
- Dans le cas où la protection collective du personnel ne peut être assurée d'une manière satisfaisante, des appareils, équipements ou produits protecteurs appropriés (tels que des ceintures, casques, bottes, vêtements imperméables, gants, brassières, tabliers, lunettes ...), doivent être mis à la disposition des travailleurs. Les appareils et équipements doivent être personnels; ils doivent être vérifiés et nettoyés avant d'être attribués à un nouveau titulaire. Tout l'équipement de protection personnelle nécessaire, doit être mis à la disposition des travailleurs employés sur le chantier et doit être toujours en état d'utilisation immédiate. Les chefs d'établissement

sont tenus de prendre toute mesure pour que les dispositifs de protection individuelle soient effectivement utilisés.

III.3. Examens, vérification, registres :

le matériel, les engins, les installations et les dispositifs de protection de toute nature, utilisés sur un chantier doivent, avant leur mise ou remise en service, être examinés dans toutes leurs parties en vue de s'assurer qu'ils sont conformes aux prescriptions exigés par les différents décrits.

Tant qu'il n'a pas été procédé à ces examens et, éventuellement, aux réparations nécessaires, le matériel dont l'état paraît défectueux, doit être retiré du service. Les examens cités ci-dessus doivent être effectués à la diligence du chef d'établissement par une personne compétente choisie par lui. Les examens doivent être renouvelés toutes les fois qu'il est nécessaire à savoir :

- A la suite de toute défaillance du matériel, des engins, des installations ou dispositifs de sécurité ayant entraîné ou non un accident;
- Après tout effort normal ou incident pouvant provoquer un désordre dans les installations;
- A chaque fois que le matériel, les engins, les installations ou les dispositifs de sécurité, ont subi des démontages ou des modifications ou que l'une de leurs parties a été remplacée.

Un registre spécial dit "registre d'observations", doit être mis à la disposition des travailleurs pour qu'ils puissent y consigner leurs observations en ce qui concerne l'état du matériel et des installations, l'existence des causes susceptibles d'en compromettre la solidité et l'application des dispositions nécessaires. Ce registre, sur lequel le chef d'établissement a également la faculté de consigner des observations, doit être tenu à la disposition de l'inspecteur ou du contrôleur du travail et de la main-d'œuvre, du médecin inspecteur du travail, de l'ingénieur-conseil ou du contrôleur de la caisse

nationale de sécurité sociale, et des membres de l'organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics qui peuvent le viser et l'annoter. Le "registre d'observation" doit être conservé sur le chantier même, ou en cas d'impossibilité, au siège de l'établissement.

IV. Appareils de levage mécanique :

IV.1. Installation des appareils et des voies :

- Les appareils de levage mécanique doivent être établis sur une surface d'appui présentant une résistance suffisante.
- La stabilité des appareils de levage mécanique doit être constamment assurée, même en dehors du service, à l'aide des lests, vérins, amarres, ou tout autres dispositifs ou moyens appropriés.
- Les voies de roulement sur lesquelles circulent les grues doivent être dressées, nivelées et calées, afin de demeurer horizontales
- Sur tout appareil de levage mécanique doit être opposée en permanence, auprès du conducteur ainsi qu'à la partie inférieure de l'appareil, une plaque indiquant les limites d'emploi de l'appareil, compte tenu notamment de l'importance et de la disposition du contre poids, de l'orientation et de l'inclinaison de la flèche, de la charge levée en fonction de la portée et de la vitesse du vent compatible avec la stabilité.

IV.2. Manœuvre :

Des mesures efficaces doivent être prises pour empêcher la chute ou l'accrochage des matériaux, agrès ou toutes pièces soulevées. Les matériaux, agrès ou toute autres pièces dépassant le bord de la poutre ou du dispositifs similaire utilisés, doivent être attachés au câble, à la chaîne ou au cordage de suspension, lorsque leur équilibre risque d'être compromis.

Les charges constituées par des matériaux de longues dimensions (telles que : planches, poutres, poutrelle...) doivent, en cas de nécessité, et

notamment lorsqu'il existe des risques particuliers d'accrochage, être guidées à distance pendant leur déplacement. En outre, ces matériaux doivent être solidement amarrés afin d'éviter tout glissement.

Les matériaux de faibles dimensions (telles que : briques, tuiles, ardoises...) ne peuvent être levés qu'au moyen de bennes, de palettes ou tout autre dispositif similaire, d'un modèle s'opposant efficacement à leur chute. Les conducteurs des grues et les personnes préposées à la manœuvre des appareils de levage, doivent être protégés contre les chutes de menus matériaux, d'outils ou de tout autre objets similaire, par tout de sûreté. Ce toit, d'une résistance suffisante, doit être établi de telle sorte qu'il ne puisse les empêcher de travailler la manœuvre de charge.

V. Travaux de terrassement à ciel ouvert :

Avant de commencer de travaux de terrassement, le chef d'établissement doit, afin de prendre les mesures de sécurité appropriées, s'informer auprès du service de voirie intéressé en cas de travaux sur le domaine public ou auprès du propriétaire ou de son répondant en cas de travaux sur le domaine privé, de l'existence éventuelle des terres rapportées ainsi que l'emplacement et la nature des canalisations ou câbles souterrains pouvant se trouver dans la zone où les travaux doivent être entrepris. Il doit également s'informer des risques d'imprégnation du sous-sol par des émanations ou produits nocifs.

Les fouilles en tranchée de plus de 1,30 m de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur doivent, lorsque leurs parois sont verticales ou sensiblement verticales, être blindées, être sillonnées ou étayées.

Les parois des fouilles en tranchée autre que celle qui sont visées précédemment, ainsi que les parois des fouilles en excavation ou en botte, doivent être aménagées, suivent la nature et l'état des terres, de façon à

prévenir les éboulements. Si cette condition n'est pas remplie des blindage, des étrépillons ou des étais appropriés à la nature et à l'état des terres, doivent être mis en place.

Ces mesures de protection prescrites ne doivent pas être réduites ou supprimées lorsque les terrains sont gelés sous l'influence des conditions atmosphériques. Les mesures de protection visées ci-dessus doivent être prises avant toute descente d'un travailleur dans la fouille pour un travail autre que celui de la mise en place des dispositifs de sécurité.

VI .Mesures générales d'hygiène :

Dans les chantiers fixes, occupant simultanément plus de vingt travailleurs, les chefs d'établissement sont tenus de mettre un abri clos à la disposition du personnel lorsque la durée des travaux dépasse quinze jours. Cet abri doit être convenablement aéré et suffisamment chauffé en saisons froides.

Il doit être tenu en état constant de propreté et nettoyé au moins une fois par jours. Il est interdit d'y entreposer des produits ou matériel dangereux ou salissants, ainsi que des matériaux.

Il doit être pourvu d'un nombre suffisant de sièges lorsque la durée des travaux ne dépasse pas quatre mois; l'abri doit être au moins muni, à défaut d'armoires individuelles, de patères en nombre suffisant.

Les chefs d'établissement doivent mettre à la disposition des travailleurs, une quantité d'eau suffisante pour assurer leur propreté individuelle, cette eau doit être potable. Toutefois, en cas d'impossibilité, de l'eau non potable peut être mise à la disposition des travailleurs, sous réserve que ceux-ci en soient avertis par un écriteau placé à proximité de l'orifice de distribution.

Dans les chantiers fixes, des lavabos ou des rampes, à raison d'un orifice ou moins par cinq travailleurs doivent être installés. Dans le cas où l'installation de l'eau courante est impossible, un réservoir d'eau doit être raccordé aux lavabos ou aux rampes a fin de permettre leur alimentation.

Lorsque les travailleurs prennent leurs repas sur le chantier, l'abri prévu doit être pourvu de tables en nombre suffisant. Ces tables doivent comporter un revêtement imperméable se prêtant facilement au lavage.

Un appareil permettant de faire réchauffer les aliments doit être installé, soit dans l'abri prévu précédemment, soit dans un lieu couvert situé à proximité de celui-ci. Un garde-manger destiné à protéger les aliments doit être également mis à la disposition des travailleurs.

VII .Dispositions particulières :

- La mise en tension des armatures du béton précontraint, ainsi que l'enlèvement des vérins utilisés pour cette opération, ne peuvent être effectués que sous la surveillance du chef de chantier ou d'un ingénieur désigné par le chef d'établissement, en raison de sa compétence. Cet agent a le devoir de veiller à la mise en place de dispositifs appropriés pour protéger efficacement les travailleurs contre le danger qui pourrait résulter d'une libération intempestive de l'énergie emmagasinée dans les armatures au cours de leur mise en tension.

- Lorsque des travaux de soudage à l'arc sont effectués sur un chantier, des écrans doivent façonner les arcs aux travailleurs autre que les soudeurs en leur aide, à fin de supprimer les risques d'éblouissement et le danger du rayonnement ultraviolet. A défaut d'écrans protecteurs, les zones dangereuses doivent être délimitées et convenablement signalées.

Conclusion :

La sécurité du travail représente un aspect important de la prévention du poste de travail. C'est une analyse minutieuse des risques contre lesquelles il faut se prémunir.

L'étude de sécurité implique une connaissance exacte du travail exécuté, toutes les considérations doivent être envisagées (d'ordre matériel : efficacité et entretien, psychologique, budgétaire...). Une priorité absolue doit être donnée

à la protection collective, ce n'est qu'en cas d'impossibilité technique et lorsqu'il s'agit d'un risque exceptionnel ou temporaire que l'on doit faire appel aux moyens de protection individuelle.

CONCLUSION GENERALE

Initialement ce travail avait pour objectif d'actualiser les données hydrologiques manquantes au bureau d'étude l'ENHYD.

Nous devons donc recalculer et redéfinir les courbes Hauteur – Durée – Fréquence (HDF), pour pouvoir les comparer a celles d'une étude antérieure menée par le bureau d'étude BRL (Bas – Rhône, Languedoc).

Malheureusement, le document comprenant cette étude n'existe pas au niveau de l'ENHYD. De ce fait, aucune comparaison n'a pu être effectuée.

Il est à noter que nous avons tout de même actualiser, l'étude des pluies en utilisant une série de précipitations allons de 1967 à 2005, celle-ci permet de prendre en compte les décennies de plus en plus sèches, par conséquent, les débits de drainage et d'assainissement calculés sont, à notre avis, plus petit que ceux d'étude antérieure.

Suit aux traitements des pluies, nous avons donc élaborer la projection d'un réseau d'assainissement ayant pour but, l'élimination des eaux excédentaires sur le périmètre et sa périphérie, ainsi qu'un réseau de drainage (drains enterrés) ayant pour but le rabattement de la nappe qui est proche de la surface du sol, permettant ainsi de réduire le phénomène de salinisation secondaire.

Le périmètre de l'Habra subit une diminution des terres fertiles d'année en année à cause de ces problèmes de salinité qui réduisent les rendements et le choix des cultures implantées.

Il faut savoir que les fossés d'assainissement existent déjà mais ne répondent pas à leur fonction car leur gabarit et entretien demeurent aléatoires, d'ou l'intérêt de cette étude.

Au terme de ce travail, plusieurs remarques sont à émettre :

- Ø L'insuffisance de la non actualisation des données pédologiques (surtout en matière de mesure de salinité).
- Ø La carte piézométrique est à refaire (actualiser).
- Ø La qualité de l'eau des barrages reste à réévalués, nous ne connaissons pas l'organisme chargé de cette tâche : ANRH, ANBT ou autre ?
- Ø Quant au foncier il reste ainsi à vérifier vu le différent changement des statuts des parcelles, ce qui aura un impact direct sur les travaux hydrauliques des réseaux d'irrigation et d'assainissement.
- Ø Les résultats obtenus dans notre étude restent à confirmer sur le terrain.

Références bibliographiques :

Bulletins FAO N° 06; "Drainage design factors"

N° 24; "Qualité de l'eau d'irrigation"

N° 29; "Besoin en eau des cultures"

ENYD – BRL, 1998, "Etude de réaménagement hydro-agricole des périmètre de Habra et Sig APD".

Ecole Polytechnique Federale de Losane, Suisse; www.epfl.ch

"Drainage basic"

GRONTMIJ 1970, Etude d'aménagement hydro-agricole de la plaine de l'Habra".

Lambert K Smedema & David W Rycroft, 1983, "Land drainage, Planning and design of agricultural drainage systems", Batsford Academy, London.

SAFI Mohamed Seddik, MFE 2007 : "drainage des sols du périmètre de Oued SEGUINE W. Mila", ENSH, Algerie.

TIDAFI Mohamed Fouzi, MFE 1988 : "Assainissement agricole de la paline d'Annaba Ouest, Bassin versant Bou-Atbout", ENSH, Algeie.

Université catholique de lovain, Belgique; www.ucl.be.