



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: IRRIGATION & DRAINAGE

THEME :

**DIMMENSSEMENT D'UN SYSTEME DE DRAINAGE
DE LA PALMERIE A AIN BEIDA (W.Ouargla)**

**Présenté par :
SEMANE HANI**

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SADOUNE Samra	M.C.A	Examineur
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examineur
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Promotrice
TOUIL Youcef	M.C.B	Co.Promoteur

Session2022 / 2023

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu pour m'avoir accordé la force, le courage et la volonté nécessaires pour accomplir mon mémoire.

Un immense merci à ma promotrice, Mme Majdoub, qui m'a accompagné et conseillé avec une patience inestimable à chaque étape de la réalisation de ce travail.

Je suis également reconnaissant envers mes parents, une source constante d'encouragement qui m'a toujours poussé à viser plus haut. Mes amis ont joué un rôle essentiel en m'apportant leur précieuse aide pour mener à bien ce travail. Je souhaite également adresser des remerciements spéciaux à mes soeurs et frères pour leur soutien.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers l'ensemble de mes enseignants et du personnel de l'E.N.S.H pour leur contribution à ma formation en tant qu'ingénieur d'État en Hydraulique.

Enfin, je souhaite exprimer tout mon respect envers les membres du jury qui auront l'honneur d'évaluer notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents, ainsi qu'à ma sœur, mon frère, mes amis Anes , Zineddine et Khalil et mes amies, ainsi qu'à toute ma famille et mes proches et Mohamed Zane

Ce mémoire est également dédié spécialement à ma chère famille , avec une dédicace particulière à Mme Majdoub et mr Touil pour son aide précieuse.

تبحث هذه الأطروحة تحديد أبعاد نظام الصرف الصحي لمزرعة النخيل (في عين بيضاء (في الية ورقلة (400 هكتار). واستنادا إلى تحليل للخصائص المحلية ، فإنه يقترح حلول مناسبة لتحسين إدارة المياه على النحو الأمثل ، مع مراعاة الجوانب البيئية والاقتصادية. يتم تغذية المنطقة من البقعة المركبة للمحطة. والهدف من ذلك هو تحسين كفاءة تدفق المياه وضمان الاستخدام المستدام للموارد المائية في هذه المنطقة القاحلة

Résumé

Ce mémoire aborde le dimensionnement d'un système de drainage pour la palmeraie à Ain Beida, Ouargla (400 ha). En se basant sur une analyse des caractéristiques locales, il propose des solutions adaptées pour optimiser la gestion de l'eau, tout en tenant compte des aspects environnementaux et économiques. la région est alimenté a partir de la nappe du complexe terminale . L'objectif est d'améliorer l'efficacité de l'écoulement des eaux et de garantir une utilisation durable des ressources hydriques dans cette région aride.

Abstract

This thesis examines the dimensioning of a drainage system for palmeraie at Ain Beida, Ouargla (400 ha). Based on an analysis of local characteristics, it proposes suitable solutions for optimizing water management, taking into account the environmental and economic aspects. The region is fed from the slick of the terminal complex. The aim is to improve the efficiency of water flow and to ensure the sustainable use of water resources in this arid region

Chapitre I

La zone d'étude

Présentation de la zone d'étude

- 1.1 Situation géographique
- 1.1.1 Présentation du périmètre d'étude
- 1.2 Climatologie de la région
- 1.2.1 Présentation climatique

Chapitre II Ressource en sol et en eau

2.1	Présentation climatique	12
2.2	Classification du climat	12
2.2.1	L'humidité relative	15
2.2.2	L'insolation	15
2.2.3	Le vent	16
2.2.4	L'évaporation	17
2.2.5	Température	
2.2.6	Pluviométrie	
2.3	Situation géologique	19
2.3.1	Le secondaire	20
2.3.2	Le Tertiaire	21
2.3.3	Le Quaternaire	22
2.4	Situation Géomorphologique	22
2.5	Situation Hydrogéologique	22
2.5.1	Nappe phréatique	22
2.5.2	Nappe du complexe terminal	25
2.5.3	Nappe du continental intercalaire	25
2.5.4	Topographie	26
2.6	Qualité des eaux	27
2.6.A	La salinité totale	27
2.6.B	L'alcalinité	27
2.6.3	Salinité de l'eau d'irrigation	
2.6.4	Classification de l'eau d'irrigation	28
2.6.5	L'analyse de l'eau d'irrigation	31
2.6.6	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T	31
2.6.7	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique	32
2.7	Les ressources	
2.7.1	Ressource en sol	33
2.7.2	Les sols de Sahara	33
2.8	Caractéristiques physico-chimique des sols	

2.8.1 Texture	34
2.8.2 La structure	34
2.8.3 La densité apparente Da	34
2.8.4 Le PH	34
2.8.5 Gypses et calcaire	34

Conclusion

CHAPITRE III DRAINAGE **37**

3. Modes et techniques de drainage 38

Introduction 38

3.1 Définition 38

3.2 Importance du drainage 38

3.3 Les techniques de drainage 38

3.3.1.A Les eaux extérieures 38

3.3.1.B Les eaux intérieurs : 39

3.3.2 Techniques de drainage habituelles 40

3.4 Amélioration du drainage nature 40

3.4.1 le sous solage 40

3.4.2 Sous solage type fermier 40

3.4.3 Sous solage type industriel 40

3.5 Types de drainage 41

3.5.1 Drainage de surface 41

3.5.2 Drainage souterrain 41

Conclusion 42

CHAPITRE IV **43**

Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer **43**

4. Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer 44

Introduction 44

4.1 Les éléments d'équation du bilan d'eau 44

4.1.1 Les entrées 45

4.1.2 les sortis 45

4.1.3 Le bilan 46

4.2 Influence des irrigations 46

4.2.1 Besoin en eau des cultures 47

4.2.1.1 Les cultures envisageable 47

4.2.1.2 Pourquoi on détermine la valeur des besoins en eau des cultures : 47

4.2.1.3 Méthode d'estimation de la consommation en eau 47

4.2.1.4 Calcul des besoins en eau des cultures 48

4.2.1.5 Estimation des prélèvements 48

4.2.1.6 Method de MR PENMAN&MOTHEIT MODIFIEE 50

4.2.1.7 L'effet oasis 52

4.2.1.8 Traitement des données pluviométriques 52

4.2.1.9 La délimitation des palmeraies 53

4.2.1.10 Répartition des superficies agricole et cultures pratiquées en (ha) 54

4.2.1.11 Efficience de l'irrigation 54

4.3	Besoin en eau d'irrigation	
4.4	La dose d'arrosage	
4.5	Les pertes d'eau	55
4.5.1	Pertes par percolation	56
4.5.2	Pertes par évaporation	56
	Conclusion	57

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage 58

	Introduction	59
5.1	Le lessivage	59
5.1.1	le rôle du lessivage	59
5.1.2	Périodes et méthodes de lessivage des sols :	59
5.1.3	Lessivage initial ou capital :	59
5.1.4	Taux des pertes pour lessivage :	60
5.2	Calcul de l'écartement :	61
5.2.1	la méthode de Hooghoudt :	62
5.2.2	Choix de la profondeur des drains	62
5.2.3	Profondeur de l'imperméable	63
5.2.3	Calcul de l'écartement des drains :	63
5.3	Calcul de débit :	64
	Conclusion	

CHAPITRE VI : Entretien du projet 66

	Introduction	
6.1	Entretien et pérennité des systèmes de drainage	
6.1.1	Apprécier les besoins, évaluer la performance	
6.1.2	Méthodes d'entretien des canaux et fossés	
6.1.3	Retour sur la conception	
6.2	Réutilisation des rejets des eaux de drainage	
6.2.1	Potentialités et stratégies de réutilisation	
6.2.2	Rejet des eaux de drainage	
6.3	Constatations et recommandations	
	Conclusion	66

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs 73

	Introduction	73
7.1	La protection et sécurité au travail dans un chantier des travaux d'irrigation et de drainage	74
7.1.1	Accident de travail et maladie professionnelle	
7.1.2	Les indicateurs statistiques des AT et MP	74
7.2	Les causes des AT et MP	75
7.2.1	Facteur matériel	75
7.2.2	Facteur humain	75
7.3	Le système algérien de prévention des risques professionnelles	75
7.3.1	Organes de prévention	76
7.3.2	Acteurs de la prévention au niveau national	76
7.4	Ministère de travail	76
7.5	Direction des relations de travail (D.R.T)	76

7.6 Direction générale de la sécurité sociale (DGSS)	76
7.6.1 Institut nationale de la prévention des risques professionnelles	76
7.6.2 L'inspection générale de travail (IGT)	77
7.6.3 caisse nationale des assurances sociales des travailleurs salariés (CNAS)	77
7.7 ergonomie et poste de travail dans un chantier des travaux d'irrigation et drainage	77
7.7.1 Vibration	77
7.7.2 Eclairage	77
7.7.3 Ambiances thermiques	77
7.8 prévention sur les chantiers de terrassement dans un chantier des travaux d'irrigation	78
7.8.1 Evaluation des risques : (cas d'une conduite d'assainissement)	
7.9 Protection collective	78
7.9.1 ergonomie de l'engin	78
7.9.2 La formation du conducteur	79
7.10 La prévention individuelle	79
Conclusion	
Conclusion générale	81

Liste des figures

Figure 1.1 Carte de situation géographique de W.Ouargla (1/25000)

Figure 1.1.1 : Carte satellitaire du périmètre (Source : google Earth,2023 le 25/03/2023 à 15 :00, 1/25000)

Figure 2.2 Position d'Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE

Figure 2.2 : Climogramme de Gaussen

Figure 2.2.1 Variation de l'humidité relative

Figure2.2.2 Diagramme de l'Insolation moyenne Mensuelle

Figure2.2.3 Diagramme de la vitesse du vent

Figure2.2.4 L'évaporation dans la région d'Ouargla

Figure 2.2.5 Température mensuelle dans la région d'Ouargla

Figure 2.2.6 Pluviométrie dans la région d'Ouargla

Figure 2.5.1. Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002 (BONNARD et GARDEL, 2005)

Figure 2.5.2 : carte des ressources en eaux souterraines (UNESCO, 1972)

Figure 2.5.4. Carte topographique de la cuvette d'Ouargla (I.G.N., 1960 in DADDI BOUHOUN,2010)

Fig. 2.6.4 Diagramme de classification des eaux d'irrigation (D'après United States Salinity Laboratory, U.S.S.L établi 1954)

Figure 3.3.1.A : Schéma de la récupération des eaux externes des (a) des fossés de ceinture, (b)Collecteur de ceinture + gravier (Hulin, 1982)

Fig.4.2.1.6 : la variation de KC

Fig4.2.1.6 : Photo de logiciel de calcul (CROPWAT 8)

Figure4.2.1.9 : délimitation de la palmeraie d'Ouargla

Figure 5.2.1 : Schéma d'un réseau de drainage pour le model d'un régime permanent (Hulin, 1983), (Mermoud., 2007).

Liste des tableaux

Tableau 2.2: Classification de climat selon MARTON

Tableau 2.2.1 : Humidité relative moyenne mensuelle

Tableau2.2.2 Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois

Tableau2.2.3 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station d'Ouargla

Tableau 2.2.4 : Evaporation dans la région d'Ouargla

Tableau 2.2.5 Température dans la région d'Ouargla

Tableau 2.2.6 Pluviométrie dans la région d'Ouargla

Tableau 2.6.4. Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958)

Tableau 2.6.6 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T.

Tableau. 2.6.7 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique de la zone d'étude

Tableau.4.1: les différentes surfaces de la cuvette Ouargla

Tableau 4.1.2 : l'évaporation mensuelle

Tableau4.1.3: le bilan d'eau de la cuvette

Tableau 4.2.1.6 : l'évapotranspiration de référence ET0

Tableau 4.2.1.6 : les besoins en eau ETM

Tableau 4.2.1.8: Pluies totales mensuelles moyennes

Tableau 4.2.1.10 : les superficie agricole et cultures Pratiquées

Tableau 5.2.4 : calcul de l'écartement entre les drains

Tableau 7.1.2 : les indicateurs d'AT et MP

Liste des abréviations:

ONID : Office National d'Irrigation et Drainage

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

AGID : Agence Nationale de Gestion pour l'Irrigation et le Drainage

CI : Continentale intercalaire

Ce_w : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation

Ce_s : Conductivité électrique de la pâte saturée

ETR : Evapotranspiration réel

ETM : Evapotranspiration maximal

Ha : Hectare

Mm : Millimètre

J : Jour

LR : Leaching requiment (Fraction de lessivage)

PH : Potentiel d'hydrogène

SAR : Sodium Adsorption Ratio

Liste des planches

01: Plan de masse de périmètre D'Ouled Abbas (W.Chlef)

02: Plan de projection de réseaux de drainage

03 : Plan d'occupation du sol par culture

04 : Profile en long du collecteur II-II'

Chapitre I

La zone d'étude

Présentation de la zone d'étude

1.1 Situation géographique :

La région d' Ouargla est située au sud-est du pays, à environ 800 km de la capitale. Elle se trouve au fond d'une vaste cuvette dans la basse vallée de l'Oued Mya. Ses limites administratives sont les suivantes :

- À l'est, la wilaya d'El Oued et la frontière algéro-tunisienne.
- Au nord-ouest, la wilaya de Djelfa, et au nord-est, la wilaya d'El Oued.
- Au sud-est, la wilaya d'Illizi, et au sud-ouest, la wilaya de Tamanrasset.
- À l'ouest, la wilaya de Ghardaïa.

Les coordonnées géographiques de la région sont les suivantes :

- Altitude moyenne : 134 mètres.
- Latitude : 31°58' nord.
- Longitude : 5°20' est.

La ville principale, Ouargla, est située au sud de la wilaya d'Ouargla et se trouve au cœur de la vaste cuvette. Cette dernière, d'une superficie d'environ 90 000 hectares, présente une dépression naturelle importante. Elle s'étend dans le prolongement du grand bassin versant du Sahara septentrional et est entourée par l'Atlas saharien, le Hoggar et l'Erg oriental. Les communes comprises dans cette région sont Ouargla, Ain Beida, Sidi Khouiled, Hassi Ben Abdellah et N'Goussa.

Avec plus de 3 500 hectares de palmiers dattiers, la région forme une ceinture de protection climatique pour la vieille ville d'Ouargla.

Sur le plan topographique, la wilaya d'Ouargla présente un terrain généralement plat, avec une légère inclinaison du sud vers le nord, ayant une pente moyenne de l'ordre de 1/1000 d'ouest en est.

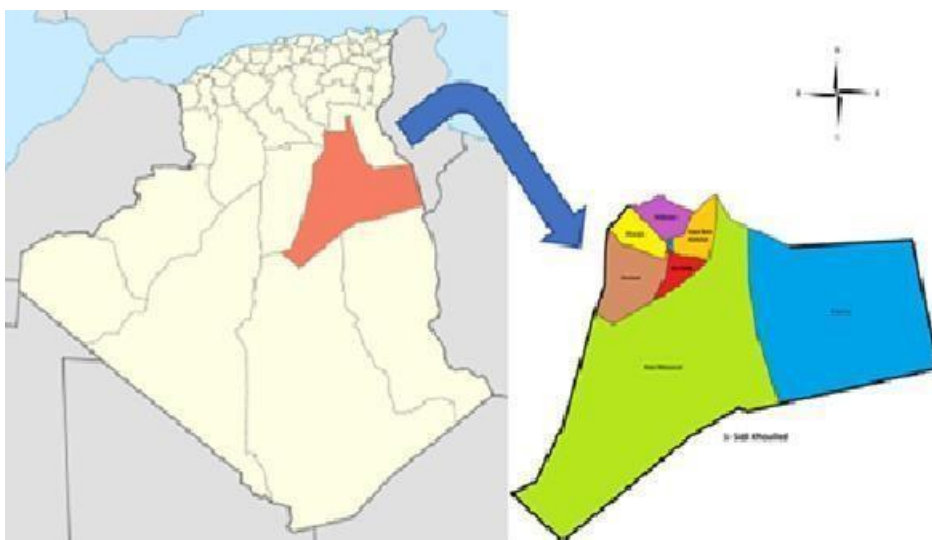


Figure 1.1 Carte de situation géographique de W.Ouargla (1/25000)

Chapitre I : la zone d'étude

Source

(<https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-communes-de-la-wilaya-d-ouargla/>)1.1.1

Présentation du périmètre d'étude :

Le périmètre d'étude dans la région de Ain Beida, dans la wilaya d'Ouargla, couvre une superficie de 400 hectares. Ce périmètre est principalement axé sur l'étude et l'aménagement du réseau de drainage.



Figure 1.1.1 : Carte satellitaire du périmètre (Source : google Earth,2023 le 25/03/2023 à 15 :00, 1/25000)

1.2 Climatologie de la région

1.2.1 Présentation climatique

Le climat de la région d'Ouargla est de type aride, ce qui signifie qu'il se caractérise par des précipitations très faibles tout au long de l'année. En moyenne, les précipitations annuelles ne dépassent pas les 65 mm. Cela fait de la région l'une des zones les plus arides d'Algérie.

Les vents sont également très fréquents dans la région. Pendant environ 50 jours au printemps, des vents forts soufflent, ce qui peut entraîner des problèmes d'ensablement. Les vents dominants ont une direction Nord-Nord-Est et Sud-Sud-Est, ce

Chapitre I : la zone d'étude

qui peut influencer le mouvement des sables et des dunes dans la région. La ville d'Ouargla bénéficie d'une exposition importante aux radiations solaires tout au long de l'année. En juillet, la durée moyenne d'ensoleillement est d'environ 338,86 heures, tandis qu'en février, elle atteint un minimum moyen de 217,11 heures. Cette abondance de soleil contribue à l'évaporation élevée de l'eau dans la région, qui est estimée à environ 2010 mm par an.

En ce qui concerne l'humidité de l'air, la ville d'Ouargla présente des variations saisonnières significatives. En juillet, le mois le plus chaud, l'humidité de l'air atteint une moyenne minimale de 24,9 %. Cela indique une atmosphère très sèche et peu humide. En revanche, en décembre, le mois le plus frais, l'humidité de l'air moyenne est de 61 %. Bien que plus élevée que celle de juillet, elle reste relativement faible, ce qui suggère un climat sec même pendant les mois les plus froids.

Chapitre I : la zone d'étude

Conclusion

Le climat de la région de Ouargla est de type aride, ce qui signifie qu'il se caractérise par des précipitations très faibles tout au long de l'année. En moyenne, les précipitations annuelles ne dépassent pas les 56 mm. Cela fait de la région l'une des zones les plus arides d'Algérie

Chapitre II

Ressource en sol et en eau

Chapitre II Ressource en sol et en eau

Climatologie de la région

2.1 Présentation climatique

Le climat de la région d'Ouargla est de type aride, ce qui signifie qu'il se caractérise par des précipitations très faibles tout au long de l'année. En moyenne, les précipitations annuelles ne dépassent pas les 65 mm. Cela fait de la région l'une des zones les plus arides d'Algérie.

Les vents sont également très fréquents dans la région. Pendant environ 50 jours au printemps, des vents forts soufflent, ce qui peut entraîner des problèmes d'ensablement. Les vents dominants ont une direction Nord-Nord-Est et Sud-Sud-Est, ce qui peut influencer le mouvement des sables et des dunes dans la région.

La ville d'Ouargla bénéficie d'une exposition importante aux radiations solaires tout au long de l'année. En juillet, la durée moyenne d'ensoleillement est d'environ 338,86 heures, tandis qu'en février, elle atteint un minimum moyen de 217,11 heures. Cette abondance de soleil contribue à l'évaporation élevée de l'eau dans la région, qui est estimée à environ 2010 mm par an.

En ce qui concerne l'humidité de l'air, la ville d'Ouargla présente des variations saisonnières significatives. En juillet, le mois le plus chaud, l'humidité de l'air atteint une moyenne minimale de 24,9 %. Cela indique une atmosphère très sèche et peu humide. En revanche, en décembre, le mois le plus frais, l'humidité de l'air moyenne est de 61 %. Bien que plus élevée que celle de juillet, elle reste relativement faible, ce qui suggère un climat sec même pendant les mois les plus froids.

2.2 Classification du climat

On peut obtenir une vision d'ensemble du climat en utilisant des indices ou des diagrammes climatiques. Pour caractériser le climat d'Ouargla, nous utiliserons les indices de De Martonne et d'Emberger, ainsi que le diagramme ombrothermique de Gaussen.

✓ Selon l'indice de « MORTON » :

Cet indice permet d'évaluer le niveau de sécheresse de la région et, par conséquent, de fournir des informations sur la disponibilité de l'irrigation.

$$IA = P/T + 10 \quad (1)$$

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelle en mm)
- T : température moyenne annuelle en (°C)
- IA: indice d'aridité

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTON sont données dans le tableau ci-dessous :

Chapitre II Ressource en sol et en eau

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Par fois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Tableau 2.2:

Classification

de climat selon MARTON

Pour : $P = 40.78\text{mm}$, $T = 23.2^\circ\text{C}$

$$I_a = 40.78 / (23.2 + 10) = 1.23$$

On obtient un indice d'aridité : $IA < 5$

Selon la classification de MARTON, il s'agit d'un régime Désertique, où l'irrigation est indispensable.

Selon le quotient pluviothermique d'Emberger (1955) :

Cet indice permet de définir la classification bioclimatique de la zone d'étude et est calculé à l'aide de la formule suivante :

- P** : Moyenne annuelle pluviométrique (mm).
- M** : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud (Kelvin).
- m** : moyenne des températures minima du mois le plus froid (Kelvin).
- Q** : Quotient pluvio-thermique d'Emberger.

Pour : $M = 43.2^\circ\text{C} = 316.2\text{ k}$, $m = 4.7^\circ\text{C} = 277.7\text{ k}$, $P = 40.78\text{mm}$

$$Q = \frac{2000 * 40.78}{(43.2 + 273)^2 - (4.74 + 273)}$$

Un coefficient d'Emberger égal à 3.56 situe la région d'Ouargla (Temacine) dans l'étage bioclimatique saharienne à hiver chaud sur le climogramme d'EMBERGER (Figure)

Chapitre II Ressource en sol et en eau

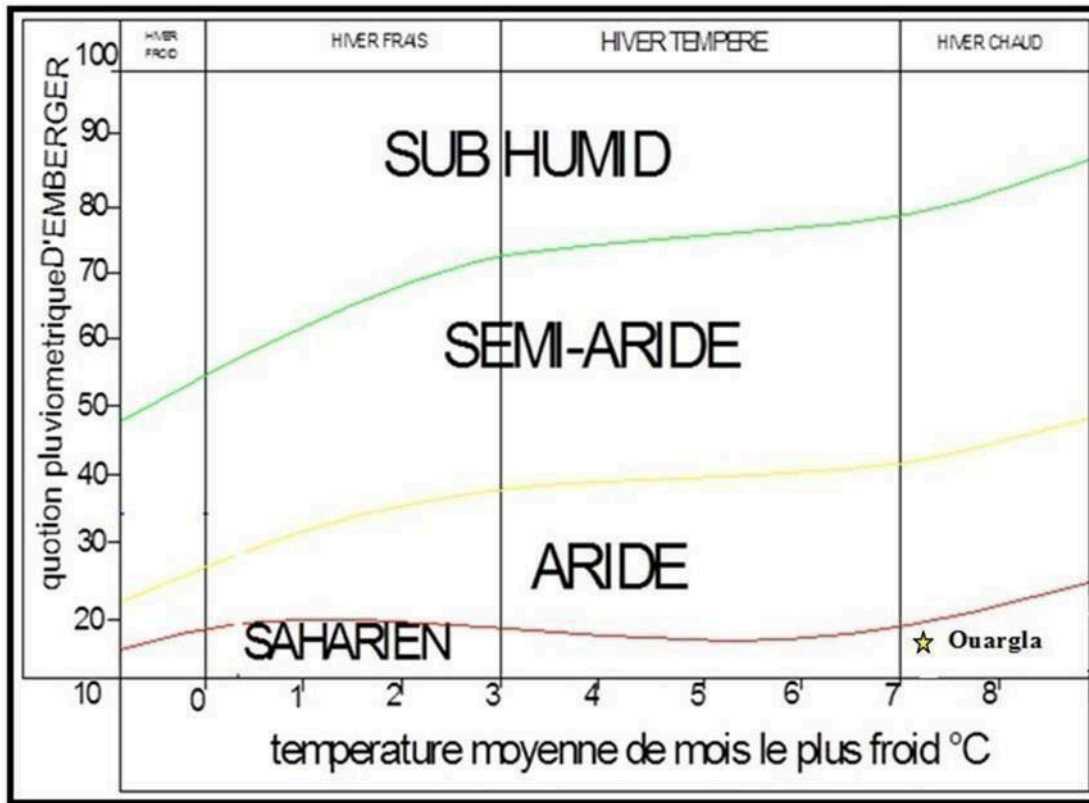


Figure 2.2 Position d'Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE

Climogramme de Gausсен :

Le climogramme de Gausсен est un diagramme qui représente graphiquement les variations des précipitations et des températures en fonction du temps (mois). Il nous permet de déterminer la période pendant laquelle l'irrigation est indispensable, c'est-à-dire la période sèche.

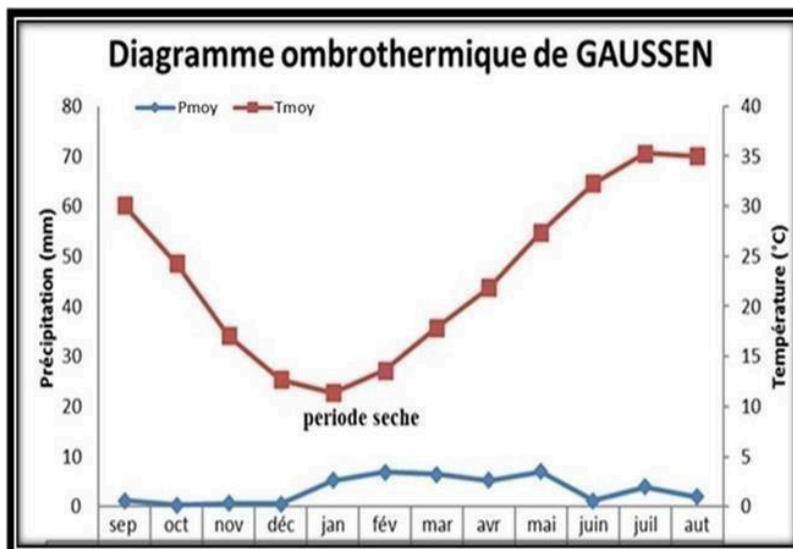


Figure 2.2 : Climogramme de Gausсен

Chapitre II Ressource en sol et en eau

En observant ce diagramme, il est évident que l'année hydrologique de la région d'étude se caractérise uniquement par une période sèche, sans présence d'une période humide. La détermination de cette période revêt une importance cruciale

2.2.1 L'humidité relative

L'humidité est un facteur climatique qui mesure la quantité d'eau présente dans l'atmosphère. Elle exerce une influence sur les processus de dégradation chimique, tels que l'oxydation.

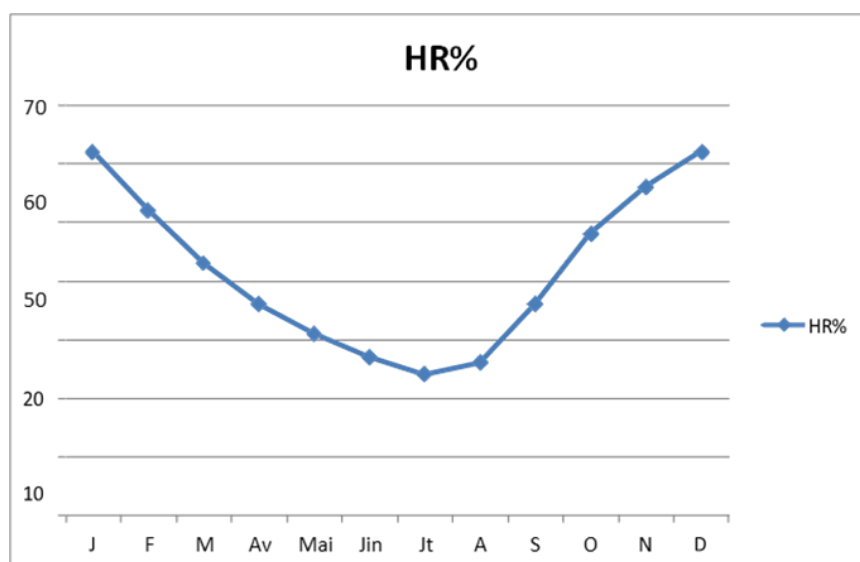
Le tableau montre la moyenne mensuelle de l'humidité relative de la région.

Tableau 2.2.1 : Humidité relative moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
HR%	58	50	41	33	28	21	18	21	30	37	49	62	37

Source : ONM Ouargla

Figure 2.2.1 Variation de l'humidité relative



D'après la **figure 2.2.1**, nous avons une humidité maximale 62% en janvier et décembre. Celle-ci diminue jusqu'à 24% en mois de juillet ce qui provoque une intense évapotranspiration, signe de sécheresse accentuée.

2.2.2 L'insolation

L'insolation est un élément du climat qui est généralement pris en compte lors du calcul de l'évapotranspiration potentielle. Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 2.2.2 Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

Chapitre II Ressource en sol et en eau

Insolation (h/j)	7.6	7.9	8.6	9.4	9.3	10.2	11	10.5	8.5	8.2	7.9	6.9	9.2
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	------	----	------	-----	-----	-----	-----	-----

Source : ONM Ouargla

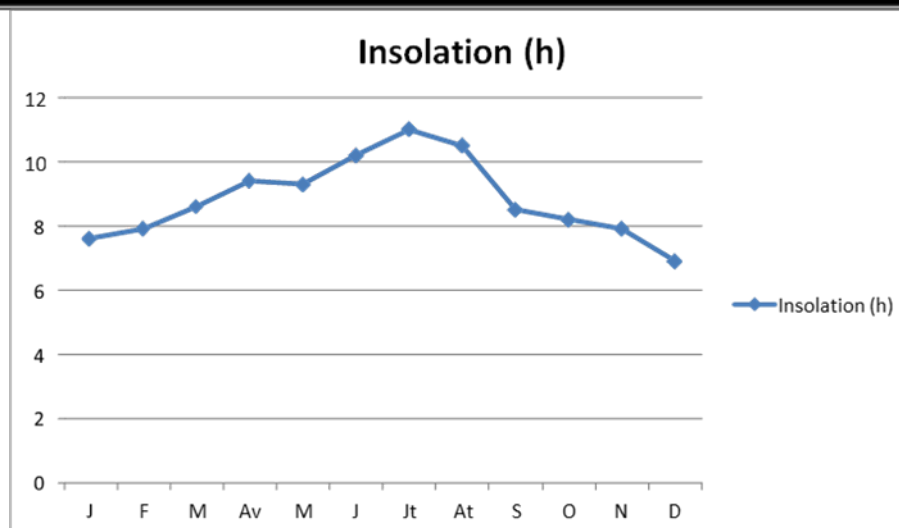


Figure 2.2.2 Diagramme de l'Insolation moyenne mensuelle

D'après la figure, l'insolation journalière est forte durant toute l'année (>7 h/j), faible pendant les mois froids et importants durant les mois chauds.

2.2.3 Le vent

Le vent est un autre facteur climatique important dans la caractérisation du climat. Le vent se détermine par sa vitesse et sa direction. Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents.

Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Ouargla (1980-2019) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.2.3 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station d'Ouargla

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
V(m/s)	2,5	2,7	3,0	3,3	3,3	3,4	3,1	2,9	3,0	2,7	2,4	2,4	2,9

Source : ONM d'Ouargla

Chapitre II Ressource en sol et en eau

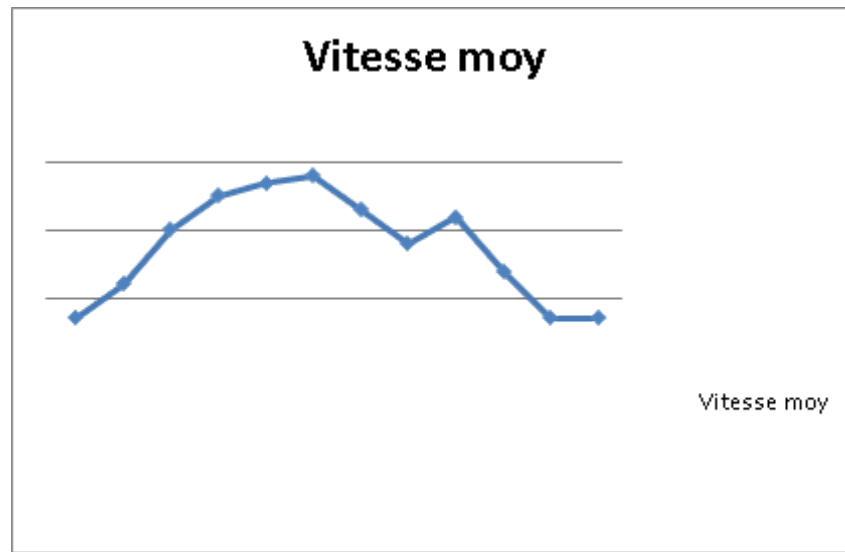


Figure 2.2.3 Diagramme de la vitesse du vent

D'après le tableau, On remarque que la vitesse minimale du vent est enregistrée au mois du Novembre, Décembre et Janvier elle est de 2.70 m/s et la vitesse maximale est enregistrée en Juin et atteint 4.8 m/s, et dans des différentes directions

2.2.4 L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau qui s'évapore pendant une période donnée dépend de plusieurs facteurs, à la fois liés à l'état de l'atmosphère et à la surface où l'évaporation se produit.

Tableau 2.2.4 : Evaporation dans la région d'Ouargla

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evapo (mm)	237.2	174.7	102.7	85.70	85.68	110.0	144.9	201.2	236.3	278.0	307.2	314.3

Source : ONM Ouargla

Chapitre II Ressource en sol et en eau

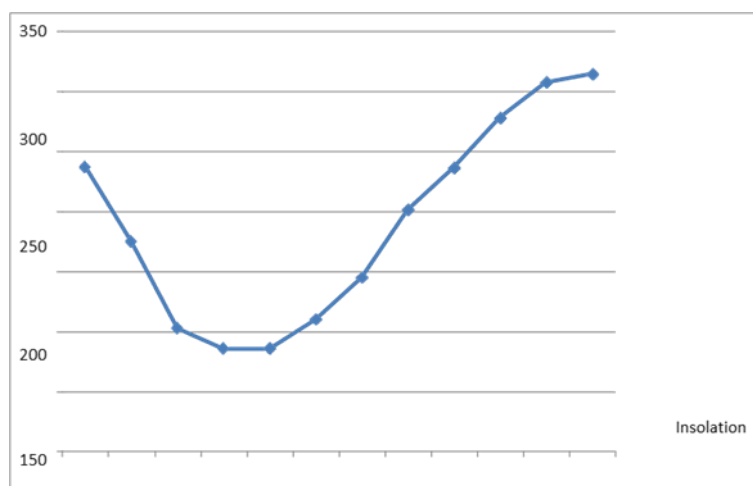


Figure 2.2.4 L'évaporation dans la région d'Ouargla

Le diagramme montre qu'il y a une diminution de l'évaporation pendant la période s'étalant entre Octobre et Février.

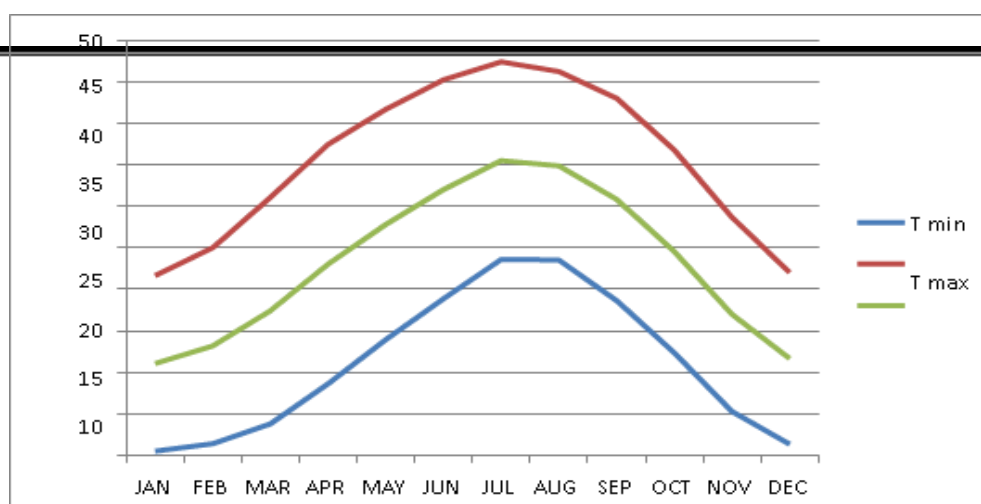
2.2.5 Temperature

La température est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures sera effectuée à partir des données recueillies sur le site du Nasa pour la période de 1990 à 2021.

Tableau 2.2.5 Température dans la région d'Ouargla

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Tmin	0.51	1.41	3.82	8.67	13.96	18.87	23.64	23.56	18.65	12.37	5.3	1.34
Tmax	21.67	25.01	31.08	37.51	41.3	45.26	47.45	46.25	43.05	36.81	28.71	22.02
Tmoy	11.09	13.21	17.45	23.09	27.85	32.06	35.55	34.91	30.85	24.59	17.01	11.68

Source : (la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)



Chapitre II Ressource en sol et en eau

Figure 2.2.5 Température mensuelle dans la région d'Ouargla

- **D'après l'étude de ces courbes :**
- On peut observer que les températures les plus élevées sont enregistrées en juillet et août, atteignant 47°C.
- Pour les températures moyennes des minimas extrêmes, une valeur de 0.5°C a été signalée en hiver
- Les valeurs les plus faibles se rencontrent en décembre et janvier (0- 2°C), lorsque les plus hautes apparaissent en juillet et août (47°C). Ceci est caractéristique de toute la zone septentrionale du Sahara Continental.
- Les écarts de température sont également assez élevés, comme dans tout le Sahara. Au mois de juillet, les variations des valeurs extrêmes ont l'amplitude la plus forte : entre 24 et 48°C, soit une différence thermique de 24°C.

Selon les observations, les températures moyennes estivales dans la région d'Ouargla sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 32 et 35°C, atteignant un maximum en juillet. En hiver, les températures varient entre 11 et 13°C, avec janvier étant le mois le plus froid. Cela indique que la région d'Ouargla a un hiver doux et un été très chaud.

Ces variations sont manifestement beaucoup plus prononcées lorsque l'on considère la température du sol plutôt que celle de l'air

2.2.6 Pluviométrie

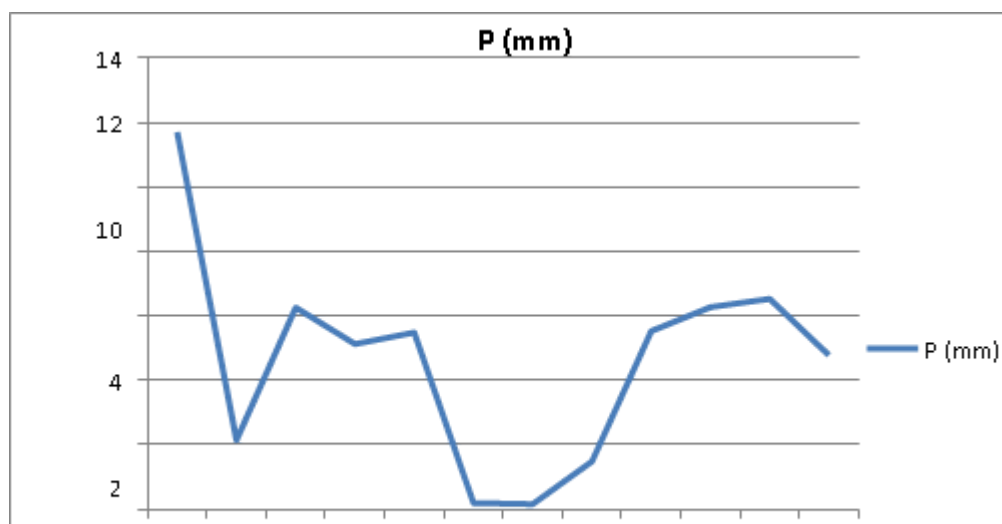
Les valeurs moyennes annuelles enregistrées depuis 1990 jusqu'à 2021 varient de 5 à 105 mm, ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre

Le tableau et la figure ci-dessous montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation

Tableau 2.2.6 Pluviométrie dans la région d'Ouargla

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
P (mm)	11,7	2,14	6,26	5,12	5,48	0,19	0,16	1,49	5,52	6,27	6,53	4,78

Source : (la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>



Chapitre II Ressource en sol et en eau

Figure 2.2.6 Pluviométrie dans la région d'Ouargla

On observe une grande irrégularité des précipitations, qui sont faibles en hiver et nulles en été. En hiver, leur provenance est due aux dépressions accompagnant la migration vers le sud des fronts polaires, tandis qu'en été, elles sont dues aux dépressions de mousson. Pendant la période intermédiaire, ces précipitations sont dues Aux dépressions Soudano- Sahariennes se déplaçant du sud vers le nord (Dubief, 1963). En général, les pluies sont d'intensité plutôt faible pour la région.

2.3 Situation géologique

Géologie de la région

La région étudiée fait partie de la vallée de l'Oued Mya, située dans une grande cuvette sédimentaire qui occupe l'emplacement actuel du Sahara nord-oriental depuis le secondaire. Ce dernier était un vieux massif primaire avec deux chaînes de montagnes, recouvert plusieurs fois par la mer jusqu'au secondaire, laissant des couches sédimentaires épaisses selon les endroits. Au tertiaire, la mer s'est retirée définitivement, laissant des bras de mer, des lagunes et des lacs.

2.3.1 Le secondaire

Au secondaire, nous trouvons :

- A. le Jurassique composé du Lias dogger inférieur, constitué principalement d'anhydrite et de selgemme d'une épaisseur importante d'environ 430 m. Le Bathonien a une partie inférieure constituée d'anhydrite, d'argiles et de carbonate avec une faune abondante. La série supérieure est homogène dans son caractère conducteur en raison d'une teneur élevée en argiles. Les éléments d'exportation continentale sont abondants à côté du quartz détritique. On remarque la fréquence des lignites, des charbons, des débris végétaux et du fer d'origine continentale (argiles limonitiques, etc.).
- B. L'intervalle Callovien-Oxfordien-Kimméridgien est constitué d'argiles et de grès. Les carbonates sont sous forme de dolomie beige et de rares passés marneux. Le lignite est fréquent dans les faciès gréseux.
- C. Le Crétacé se compose du Néocomien (Valanginien et Hauterivien) où on distingue à la base des argiles inférieures puis des grès moyens, des argiles intermédiaires et plus haut des grès supérieurs et des argiles sommitales. Son épaisseur est d'environ 175 m.
- D. L'Aptien est caractérisé par des teneurs en carbonates comprises entre 50 et 75 % et de 10 à 20 % d'argiles. Ces carbonates sont représentés presque exclusivement par des dolomies avec des épaisseurs d'une grande régularité comprise entre 20 et 26 m.
- E. L'Albien a des épaisseurs importantes comprises entre 350 et 432 m. Les éléments détritiques non argileux deviennent largement prépondérants (70 à 90 %) : grès fins avec du grès moyen parfois argileux ou souvent carbonaté, on note aussi des argiles brun-rouge

Chapitre II Ressource en sol et en eau

gris-vert et beige, elles-mêmes pélitiques et sableuses qui peuvent se transformer en marne et argiles dolomitiques gris-vert.

- F. L'AlboVraconien (ancien nom de l'Albien) est le faciès carbonaté de la partie supérieure de l'Albien. Son épaisseur est de l'ordre de 40 à 60 m et est caractérisé par la présence de carbonate dolomite de l'ordre de 50 %.
- G. Le Cénomaniens est composé de 20 à 25 % de carbonate et de 10 à 20 %
- H. d'anhydrite (gypse) avec une épaisseur comprise entre 130 et 155 m. La série inférieure est principalement représentée par des argiles dolomitiques grises ou grises blanchâtres, conductrices et épaisses de 65 à 80 m. La série supérieure est résistante et épaisse de 60 à 70 m avec une alternance d'argiles et de marne dolomitique grise, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite et quelques interactions de calcaire dolomitique et de selgemme.
- I. Le Turonien a une épaisseur peu importante de 65 à 85 m du nord au sud. Il est constitué de calcaire crayeux beige à blanc, avec du marne gris à la base, du calcaire argileux et au sommet quelques bancs de calcaires dolomitiques
- J. Le Turonien a une épaisseur peu importante de 65 à 85 m du nord au sud. Il est constitué de calcaire crayeux beige à blanc, avec du marne gris à la base, du calcaire argileux et au sommet quelques bancs de calcaires dolomitiques.
- K. Le Sénonien lagunaire est particulièrement épais, atteignant jusqu'à 400 m ou plus. Il est composé d'anhydrite inférieure d'une épaisseur de 40 à 50 m avec quelques intercalations d'argiles grises à grises-vertes et des passés de sel. La formation salifère a une épaisseur comprise entre 151 et 167 m, caractérisée par des passés d'argile brune-rouge, parfois grise-verte, de l'anhydrite blanche et quelques calcaires recristallisés à débris. L'anhydrite moyenne a une épaisseur de 100 m qui atteint 149 m au sud. La zone calcaire argileuse est composée de calcaires (30 %), dolomie (20 %), argiles (25 %) et anhydrites (25 %) avec une épaisseur d'environ 50 m. L'anhydrite supérieure a une épaisseur importante. L'anhydrite massive, souvent gypseuse, représente 55 à 70 % du total de l'intervalle

2.3.2 Le Tertiaire

Au Tertiaire, nous avons :

- A. le Maestrichien et l'Eocène (Sénonien carbonaté auctorum) constitués d'un ensemble carbonaté d'une épaisseur de 200 à 150 m, s'amincissant du nord vers le sud.
- B. Le Miocène est principalement formé de sables déposés et consolidés sous un climat chaud semi-
- C. Selon Cornet (1964), cette formation tertiaire comprend, de bas en haut : un banc d'argiles jaunes ou sableuses d'une épaisseur de 20 m, un ensemble détritique de sables grossiers blancs ou jaunes contenant la nappe miopliocène, un niveau de calcaires et marnes lacustres très durs avec une base formée par un banc d'argile plus ou moins sableuse

Chapitre II Ressource en sol et en eau

et des sables généralement roses ou rouges avec intercalation de bancs de grès roses. Une croûte conglomératique à ciment siliceux forme la surface. Ces dernières formations n'apparaissent pas dans la vallée, que ce soit par érosion fluviale (la subsidencerécente des chotts Merouaneet Melhrhir provoquant l'affaissement progressif de l'Oued Mya dans le plateau des Ganntra)ou par déflation éolienne.

2.3.3 Le Quaternaire

Le Quaternaire est caractérisé par des remblaiements alluviaux ou éoliens irréguliers dans la valléesurles séries moyennes du continental terminal

2.4 Situation Géomorphologique

La région d'Ouargla se caractérise par

- Également des terrains de chotts et de sebkhas, qui représentent les zones basses de la cuvette. Ces dernières sont formées de sable et contiennent de grandes quantités de sels, couvrant La formation dunaire composée de sables fins pouvant atteindre des hauteurs de 150 m et oc-cupant la majeure partie de la région.
- On y trouve une superficie de plus de 4 000 hectares.
- Enfin, il y a des zones correspondant aux dépôts alluviaux destinées à la culture des palme-raies.

2.5 Situation Hydrogéologique

Le développement de l'agriculture dans les zones arides dépend de l'irrigation en raison de la rareté et de l'irrégularité des précipitations. Cependant, la région d'Ouargla dispose d'un des réservoirs les plus importants du Sahara en termes de ressources en eaux souterraines.

2.5.1 Nappe phréatique

La nappe phréatique est contenue dans des formations récentes, les sols alluviaux de la vallée, avec un sens d'écoulement pas bien défini. Il semble qu'il y ait deux sens, du sud vers le nord suivant la pente de la vallée, et de l'ouest vers l'est pour les parties Bamendil Chott (ancienne ville de Ouargla). La profondeur de la nappe peut être juste à 50 cm de la surface et peut même affleurer le sol avec une qualité d'eau très salée. Cette nappe phréatique est exploitée dans certaines zones telles que Bamendil, N'goussa, El Hadjira et Taibet, où elle est également considérée comme une source hydrique pour les palmeraies bours. Des études menées par l'ANRH (1994) ont donné un aperçu de la qualité de ces eaux, leur minéralisation et leur limite de concentration. En effet, cette étude montre que les fluctuations saisonnières des niveaux piézométriques sont irrégulières, en tenant compte des apports saisonniers et des conditions climatiques. On peut distinguer deux états : eaux

Chapitre II Ressource en sol et en eau

basses au prin-temps et en été et eaux hautes en automne et en hiver.

D'autres études donnent les résultats suivants quant au niveau de la nappe phréatique :

- A. en zone urbaine agricole, il varie entre -0,3 et 1,5 mètres .
- B. dans les chotts, il est compris entre +0,2 et +0,8 mètres .
- C. dans les sebkhas, il varie entre +0,3 et -1,5 mètres.

L'alimentation des nappes phréatiques, en particulier celle de la ville, pose un sérieux problème pour la maîtrise et le développement de l'agriculture irriguée. 80 % des eaux usées et 30 % des eaux d'irrigation rejoignent la nappe (les apports pluvieux sont moins significatifs), selon une étude UNESCO. La nécessité d'un apport supplémentaire (lessivage) à l'irrigation a contribué davantage à la suralimentation de la nappe, conduisant à la remontée des eaux en surface dans les zones centrales (à l'intérieur des palmeraies) ainsi qu'aux périphéries de la région (dépressions : chotts, sebkhas), causant ainsi la salinisation de ces sols sous l'influence des conditions climatiques. De plus, le système d'irrigation adopté dans la région contribue également à l'alimentation non négligeable de la nappe phréatique provenant des fuites à partir des ouvrages de distribution et d'irrigation.

Chapitre II Ressource en sol et en eau

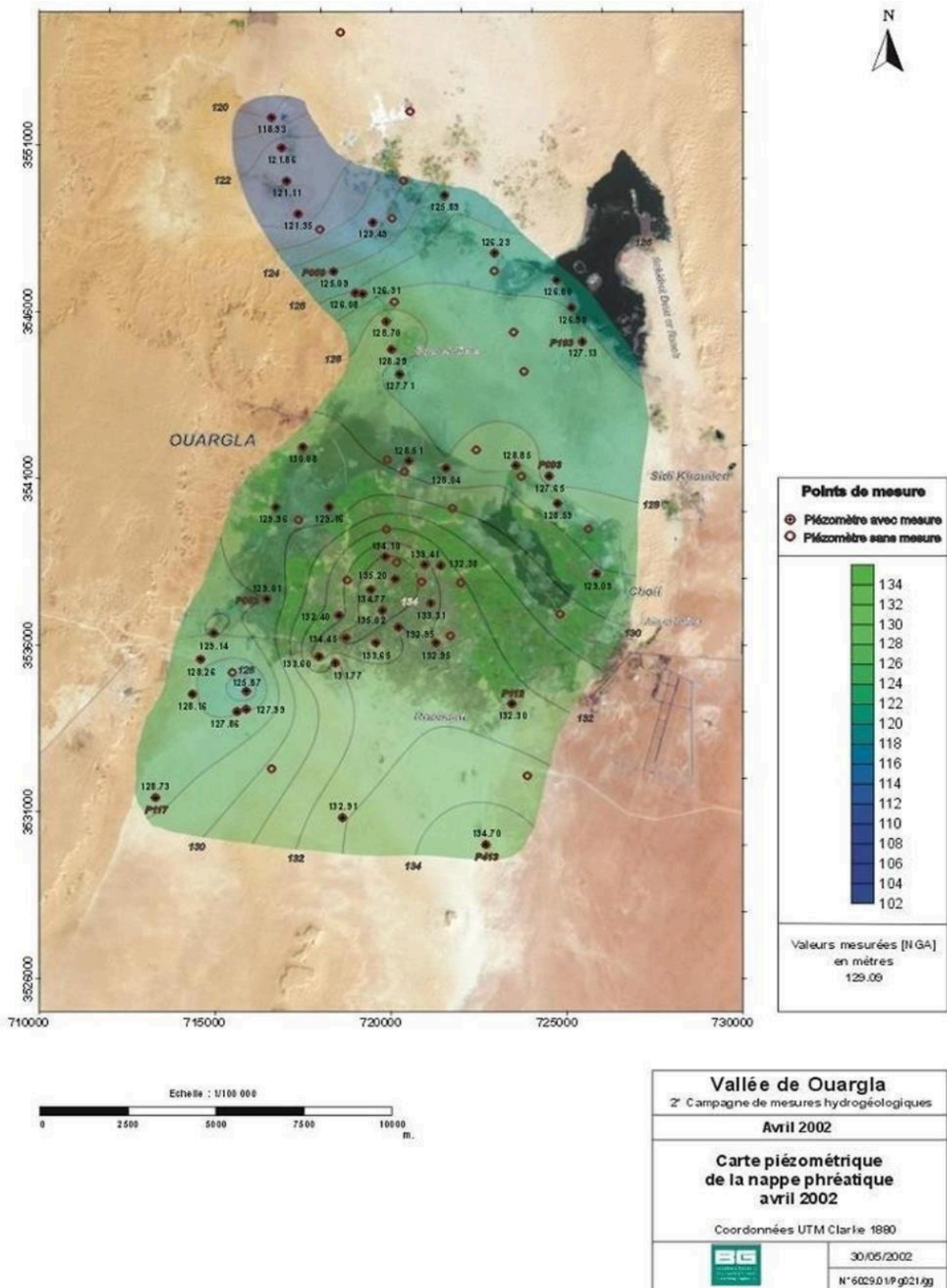


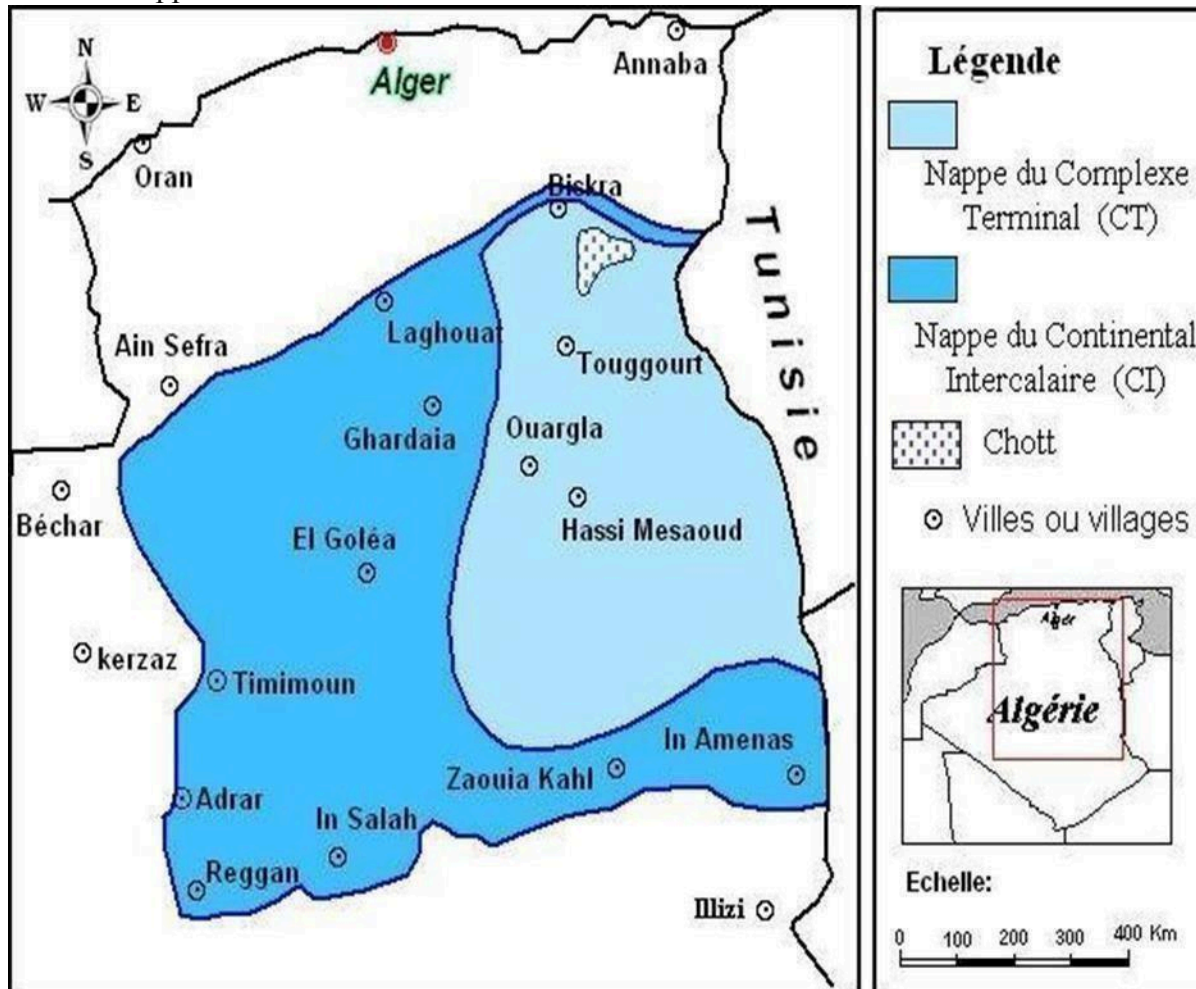
Figure 2.5.1. Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002 (BONNARD et GARDEL, 2005)

Chapitre II Ressource en sol et en eau

2.5.2 Nappe du complexe terminal

La nappe du Complexe Terminal, également appelée nappe Miopliocène, est la plus importante et la plus exploitée pour répondre aux besoins en eau des superficies agricoles et de la consommation en eau potable. Elle s'écoule du Sud-Sud-Ouest vers le Nord-Nord-Est en direction du chott Melghir, avec une profondeur variant de 60 à 200 m. La salinité de l'eau varie de 1,8 à 4 g/l (dans certains cas elle atteint les 7 g/l) (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975), avec une température de 23 à 25°C. Elle est exploitée par pompage avec une capacité de 15 à 40 l/s.

En plus du Complexe Terminal, il existe d'autres nappes moins connues, telles que le Sénonien La-gunaire, le Sénonien Carbonaté et le Turonien. Parmi ces nappes, le Sénonien Carbonaté est le plus exploité pour l'alimentation en eau potable en raison de sa bonne qualité chimique par rapport aux autres nappes.



Chapitre II Ressource en sol et en eau

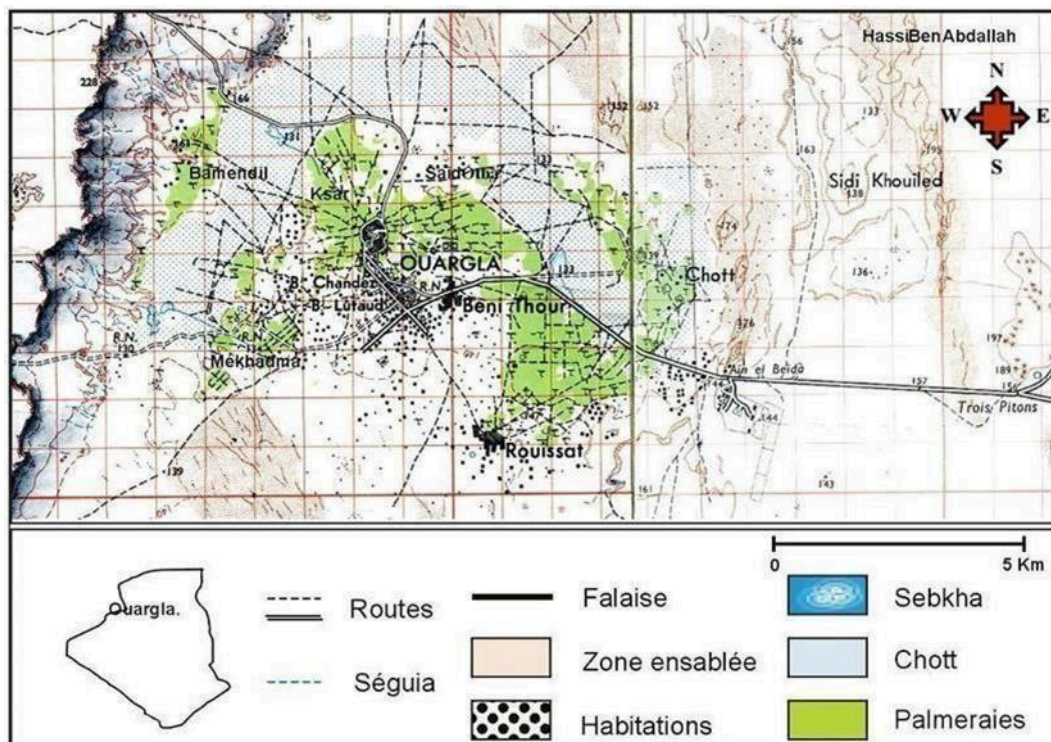
La nappe du Continental Intercalaire est une nappe fossile fortement artésienne qui n'est pas réalimentée par la climatologie actuelle, selon CORNET et GOUSCOV (1952). Elle est captée à des profondeurs allant de 1000 m (Gassi Touil) à 1500 m (Ouargla) et dépasse 1500 m au Nord-Est, à Oued Righ et aux Ziban, selon NESSON (1978). Elle s'étend sur plus de 600000 km² avec un volume évalué à 50000 milliards de m³, selon PNUD-UNESCO (1972).

Elle se distingue par un débit important pouvant dépasser les 200 l/s, une salinité relativement faible (inférieure généralement à 2 g/l de résidu sec) et une température qui peut dépasser 60°C, selon KHADRAOUI (2006) et ZAHROUNA (2011). Elle affleure au Sud-Ouest algérien où l'eau est exploitée depuis longtemps par les foggaras de Gourara, du Touat et du Tidikelt, selon DUBOST (1992).

La nappe albiennaise a été exploitée pour la première fois à Ouargla en 1956, à une profondeur de 1100-1400 m. Elle présente un débit de 200 à 250 l/s, une température d'environ 50°C et une salinité plus faible que celle du Sénonien. La température élevée des eaux pose un problème en agriculture, selon PILLET et IDDER (1995). La salinité des eaux albiennes oscille entre 1,6 et 3 g/l, selon A.N.R.H. (2000).

2.5.4 Topographie

Le relief de la région d'Ouargla est caractérisé par des pentes légèrement inférieures à 1‰, bien que le palier de pente ne soit pas constant. La région se trouve encaissée au fond d'une large cuvette de la basse vallée fossile quaternaire de l'Oued M'ya, descendant en pente douce vers le plateau de Tadmaït et se terminant à 20 km au nord d'Ouargla avec une largeur d'environ 45 km, selon



Chapitre II Ressource en sol et en eau

Figure 2.5.4. Carte topographique de la cuvette d'Ouargla (I.G.N., 1960 in DADDI BOUHOUN,2010)

2.6 Qualité des eaux

La qualité de l'eau d'irrigation est traditionnellement représentée par deux paramètres : la salinité totale et l'alcalinité

2.6.A La salinité totale

Elle s'exprime par la conductivité électrique mesurée à 25°C et est proportionnelle à la quantité d'ions en solution. Il existe une relation directe entre la salinité, représentée par la conductivité électrique, et la pression osmotique, donnée par la relation de BRYSSINE (1975).

$$P_o = K' \cdot CE \quad (2)$$

P_o : Pression osmotique en atmosphère
CE : conductivité électrique en m.S/cm
K' : coefficient dépendant du type de sel

on donne quelques valeurs de K' dans le tableau suivant :

Type de sel	K'
NaCl et KCl	0.350.360
Na ₂ SO ₄	0.30
MgSO ₄	0.28

2.6.B L'alcalinité

L'alcalinité de l'eau d'irrigation est un autre paramètre important. Dans l'eau d'irrigation, les cations usuels se divisent en deux groupes : d'une part, le sodium (Na⁺) qui a une action défloculante sur le sol et est donc néfaste, et d'autre part, le calcium (Ca⁺⁺) et le magnésium (Mg⁺⁺) dont l'action est flocculante et donc bénéfique pour la structure du sol. L'effet négatif d'une eau sur la perméabilité du sol peut être lié à une pauvreté en calcium et en magnésium ou à un excès de sodium. L'alcalinité d'une eau d'irrigation est définie par le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui traduit l'équilibre cationique et indique le pouvoir alcalinisant de la solution. Elle est donnée par la relation suivante :

$$SAR = [Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}] \quad (3)$$

où [Na⁺], [Ca⁺⁺] et [Mg⁺⁺]
sont exprimés en méq/l

Il est à noter qu'il existe plusieurs relations entre le SAR et le sodium échangeable, comme celle donnée par SERVANT (1974).

Chapitre II Ressource en sol et en eau

$$ESP = 1.049 SAR - 0.381$$

Il est possible de prévoir les risques d'alcalinisation d'un sol en contact avec une eau dont le SAR est connu.

Salinité de l'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation contient naturellement un mélange de sels. Lorsque cette eau est utilisée pour irriguer les sols, ces derniers contiendront également un mélange de sels similaire, mais avec une concentration en sel plus élevée.

La teneur totale en sels est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique, en ppm ou en $\text{m}\Omega/\text{l}$. Un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et crée des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau, selon COUTURE (2006). La concentration totale est importante car la plupart des cultures réagissent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique. En général, une augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation entraînera une augmentation de la salinité de la solution du sol. La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de plusieurs facteurs :

Lessivage, c'est à dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en excès des besoins de la culture et l'efficacité du lessivage;

La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{2+} , HCO_3^- et SO_4^{2-} , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol; et des propriétés physiques du sol telles que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage (COUTURE, 2006).

2.6.4 Classification de l'eau d'irrigation

La classification des eaux d'irrigation tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol, telles que le taux d'infiltration, le drainage et la tolérance des cultures, selon DURAND (1983). Le diagramme de l'U.S.S.L. (1954), modifié par DURAND (1958) en ajoutant une cinquième classe de salinité, s'avère le plus pratique pour les eaux algériennes. Ce diagramme, établi principalement sur la base des observations réalisées en Afrique du Nord, suppose des conditions correctes de culture, un bon drainage et des sols suffisamment perméables. Il se base sur le paramètre de salinité de l'eau (CE à 25°C) et le danger d'alcalinisation des sols exprimé par le SAR.

D'après DURAND (1958), la salinité de l'eau (CE) permet de déterminer cinq classes d'eau en fonction de la relation entre la conductivité électrique à 25°C de l'eau et le danger de salinisation du sol:

Chapitre II Ressource en sol et en eau

C1 : CE à 25°C < 0,25 dS/m : eaux non salines, utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des terrains avec peu de chances d'apparition de salinité dans le sol.

C2 : CE à 25°C comprise entre 0,25 et 0,75 dS/m : eaux à salinité moyenne, utilisables avec un léger lessivage.

C3 : CE à 25°C comprise entre 0,75 et 2,25 dS/m : eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité et seules les plantes tolérantes peuvent être cultivées.

C4 : CE à 25°C comprise entre 2,25 et 5 dS/m : eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et une dose d'irrigation en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

C5 : CE à 25°C > 5 dS/m : eaux à salinité excessive, inutilisables sauf sur sable drainé et pour des cultures très tolérantes comme le palmier dattier.

En fonction du risque d'alcalinisation des sols, quatre classes ont été distinguées par l'U.S.S.L. (1954). Ces classes ne sont pas délimitées par des valeurs absolues mais par des droites à pente négative en fonction de l'accroissement de la salinité. Cette classification tient donc compte non seulement du SAR mais aussi de la quantité totale des sels dissous dans l'eau :

S1 : SAR de 0 à 10 : eaux faiblement sodiques, utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées (avocatier).

S2 : SAR de 10 à 18 : eaux moyennement sodiques, le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et à forte capacité d'échange. Ces eaux sont utilisables sur les sols à texture grossière ou en présence de gypse.

S3 : SAR de 18 à 26 : eaux fortement sodiques, pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols. Leur emploi exigera la mise en œuvre d'un aménagement spécial ; bon drainage, fort lessivage, addition de matières organiques.

S4 : SAR de 26 à plus de 30 : eaux très fortement sodiques, le danger d'alcalinisation est très fort. De telles eaux sont impropres à l'irrigation sauf si leur salinité est faible et permet l'addition de calcium soluble ou si le sol en contient suffisamment.

Chapitre II Ressource en sol et en eau

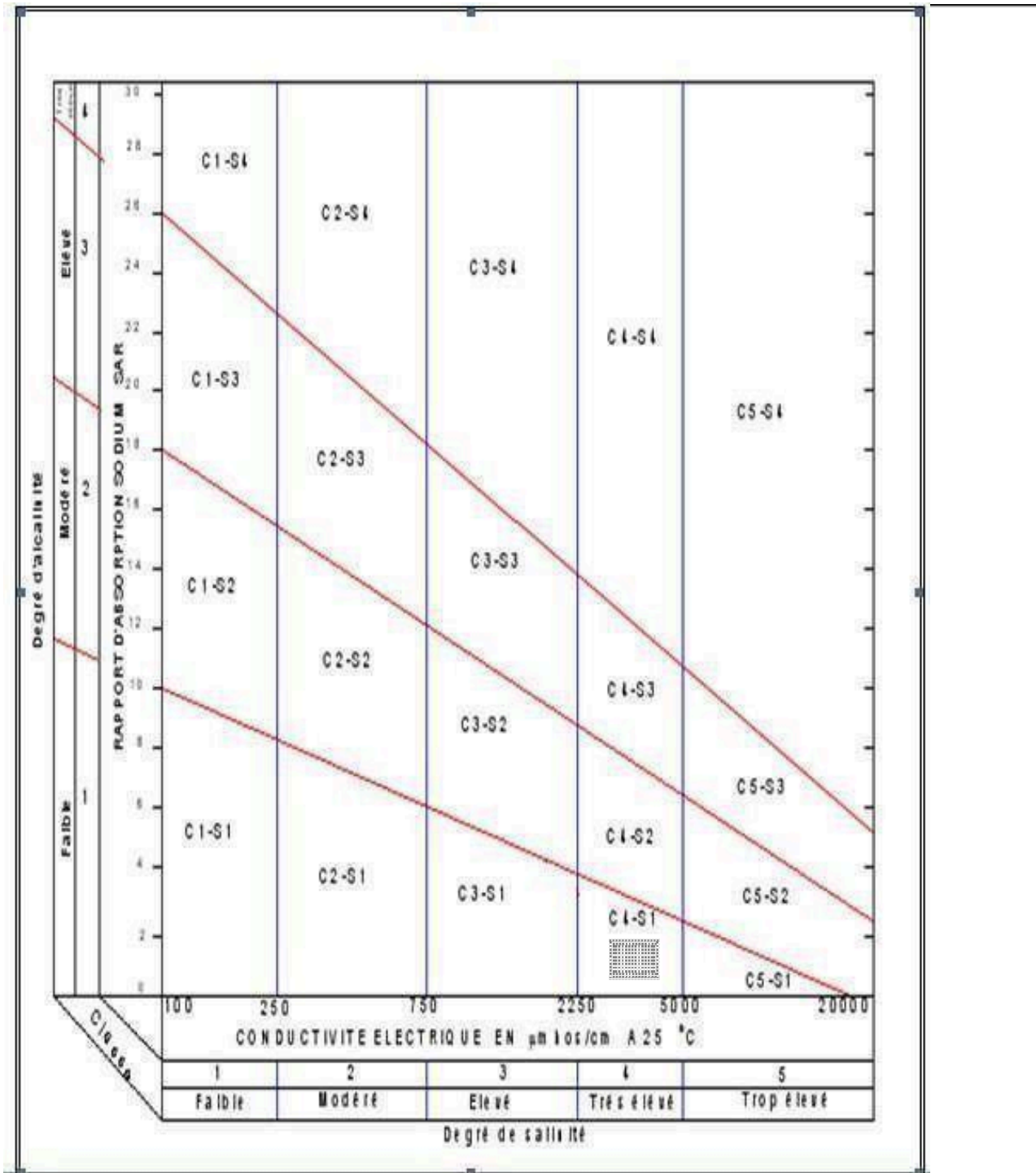


Fig. 2.6.4 Diagramme de classification des eaux d'irrigation (D'après United States Salinity Laboratory, U.S.S.L établi 1954)

Tableau 2.6.4. Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958)

Classe	Qualité	Interprétation
C1 - S1	Bonne qualité	Précaution avec les plantes Sensibles

Chapitre II Ressource en sol et en eau

C1 – S2 C2 –	Qualité moyenne à bonne	A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensible (arbres fruitières).
S1		
C2 – S2 C1 – S3 C3 – S1	Qualité moyenne à médiocre	A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse
C1 – S4 C2 – S3 C3 – S2 C4 – S1	Qualité médiocre à mauvaise	Exclure les plante sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers, bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C2 – S1 S2 – C4 C3 – S3	Qualité mauvaise	A utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risque élevés. Lessivage et apports de gypse indispensable
C3 – S4 C4 – S3	Qualité très mauvaise	Autliser que dans des circonstances exceptionnelles
C4 – S4	Déconseiller pour l'irrigation	
C5 – S1 C5 – S2 C5 – S3 C5 – S4	Très déconseillée pour l'irrigation	

2.6.5 L'analyse de l'eau d'irrigation

À partir des données collectées et des différentes enquêtes, il a été établi que la plupart des forages d'irrigation sont des forages du Complexe Terminal. Les résultats d'analyse de ces eaux sont résumés ci-après

2.6.6 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T

L'ANRH en novembre 2006 sur 104 forages captant le CT, ont permis d'identifier les caractéristiques suivantes :

Tableau 2.6.6 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T.

Elément	mg /l	meq/l
---------	-------	-------

Chapitre II Ressource en sol et en eau

Ca ²⁺	272,50	13,63
Mg ²⁺	176,70	14,48
Na ⁺	655	28,48
K ⁺	28	0,72

Cl ⁻	1062,50	29,93
(SO ₄) ⁻²	1387,50	28,91
(CO ₃) ⁻²	00	0,00
(HCO ₃) ⁻	125,05	2,05
(NO ₃) ⁻	14	0,23
Somme des cations (méc/l)	57,36	
Somme des anions (méc/l)	61,10	
Résidus sec à 105°C (mg/l)	4166	
Conductivité 25°C (ms/cm)	3,86	
PH	7,54	
SAR	7.6	

Selon les valeurs de la conductivité électrique et du SAR, les eaux du Complexe Terminal de la région de Rouissat-Benithour appartiennent à la classe C4S1. La classe S1 indique que le SAR varie de 0 à 10, donc la quantité de sodium est presque moyenne et l'eau peut poser des problèmes pour les sols à texture fine. La classe C4 indique que la conductivité électrique varie de 2,25 mmhos/cm à 5 mmhos/cm, c'est-à-dire que la salinité est très forte. Cette eau n'est utilisable que si l'on pratique un lessivage intense et pour des cultures très tolérantes ; sinon, elle est inutilisable car elle est très dangereuse sur les sols faiblement drainés et peut présenter dans une certaine mesure un danger pour la plupart des cultures.

2.6.7 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique

Le tableau présente les caractéristiques chimiques de la nappe phréatique :

Tableau. 2.6.7 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique de la zone d'étude.

Eléments	Teneurs (mg/l)
Ca ⁺⁺	252.5
Mg ⁺⁺	298.1
Na ⁺	1076
K ⁺	81.7

Chapitre II Ressource en sol et en eau

Cl-	1750
SO ₄ --	1888
HCO ₃ -	207.40
CO ₃ --	00
NO ₃ -	17
Dureté totale (°F)	187.3

Résidu sec à 110°C (mg/l)	9712
Conductivité (ms/cm)	7.42
pH	8.16
Minéralisation (mg/l)	4600
SAR	21.6

2.7 Les ressources

2.7.1 Ressource en sol

L'étude pédologique est un outil important pour déterminer le niveau de fertilité des sols et pour rechercher les moyens ou les méthodes visant à les mettre en valeur pour augmenter la production agricole. Elle permet également de connaître les problèmes liés au sol de la région afin de proposer des solutions adaptées pour améliorer la qualité des sols et leur productivité.

2.7.2 Les sols de Sahara

La formation et l'évolution des sols dans ce vaste territoire sont principalement conditionnées par le climat et la salinité. Le climat très aride influence la pédogenèse en provoquant une forte évaporation, entraînant dans certaines zones de fortes accumulations salines, surtout après la mise en irrigation. Ce phénomène est souvent aggravé par une topographie généralement plane, qui ne facilite pas le drainage naturel des eaux excédentaires, et par une eau d'irrigation relativement chargée en sels.

La roche mère des sols de ces régions est le plus souvent du Continental Intercalaire (Sahara septentrional), caractérisée par des formations gréseuses plus ou moins compactes avec des passées argileuses. Ces formations sont hétérogènes et présentent une texture le plus souvent sableuse, mais on peut

Chapitre II Ressource en sol et en eau

également rencontrer des textures limono-sableuses, des dépôts marneux ou un plan d'eau à une profondeur variable. Ces sols ne sont généralement pas calcarifères, mais ils sont tous affectés plus ou moins par la salinité. Ces caractéristiques de sols expliquent en grande partie la prédominance de ces facteurs pédogénétiques sur l'évolution des sols du Sahara, qui sont principalement : la texture, la structure, la salinité et l'action de l'eau (hydromorphie).

2.8 Caractéristiques physico-chimique des sols

2.8.1 Texture

La texture de ces sols d'origine éolienne est généralement sableuse ou sablo-limoneuse. La stratification de ces dépôts éoliens n'est pas toujours nette, mais elle est surtout visible en surface par des alternances de lits de sable grossier et de sable fin.

2.8.2 La structure

La structure de ces sols est généralement particulière, parfois avec une structure polyédrique mal développée. Leur compacité est faible et leur couleur varie entre le brun-rougeâtre, le brun clair et le beige.

2.8.3 La densité apparente D_a

La densité apparente d'un sol est le rapport entre le poids d'un volume donné de sol sec à l'étuve et le poids d'un volume égal d'eau. Son évaluation est basée sur la texture du sol et elle est déterminée en laboratoire. Dans ce cas, la densité apparente est de 1,2.

2.8.4 Le PH

Le pH de ces sols varie de 6,12 à 7,92, ce qui indique une réaction moyennement basique. Cette réaction est probablement due à une forte proportion d'ions sodium dans la solution du sol. Le gypse est également fréquent dans de nombreux sols de cette région.

2.8.5 Gypses et calcaire

L'accumulation de gypse en profondeur peut se présenter sous différentes formes. Elle peut être constituée d'une grande quantité de petits cristaux, tels que des formes fibreuses ou des roses de sable, donnant au sol un

Chapitre II Ressource en sol et en eau

aspect poreux et spongieux. Elle peut également se présenter sous forme de nombreuses taches ou amas de gypse pulvérulent, diffus ou en mycélium. La teneur en calcaire totale varie selon les sols. Dans certains cas, les accumulations scalaires en surface peuvent atteindre 8 à 12%, mais il est rare de trouver de très fortes accumulations en profondeur. En général, les sols contiennent de faibles taux de calcaire, tant en surface que sur toute la profondeur, car les roches parentales ne sont généralement pas ou peu calcaires.

\

Chapitre II Ressource en sol et en eau

Conclusion

La prospection pédologique dans la zone d'étude a permis de classer les sols en fonction de leurs caractéristiques morphologiques et physico-chimiques, d'identifier les contraintes à la mise en valeur et de proposer des aménagements pour corriger les facteurs limitant l'utilisation de ces sols. Les sols étudiés sont peu évolués ou halomorphes, pauvres en matières organiques et en réserves minérales, et présentent les contraintes suivantes :

- Une salinité extrême qui inhibe actuellement le développement de toute végétation.
- Une texture grossière, entraînant un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants.
- Une réserve minérale très faible.
- Un encrouement gypseux observé dans la plupart des profils.

Avant toute exploitation culturale, il est nécessaire de procéder à des prés-irrigations pendant quelques jours pour lessiver les sels en excès dans la zone racinaire et prévoir une dose de lessivage calculée en fonction de la qualité de l'eau d'irrigation applicable pendant la période de croissance des végétaux. Le drainage interne est indispensable pour les sols de notre région d'étude.

CHAPITRE III

DRAINAGE

Chapitre III Drainage

3. Modes et techniques de drainage

Introduction

Dans les conditions de notre région, il est clair que la gestion rationnelle de l'eau disponible est devenue une nécessité absolue pour l'agriculture, qui est dans son propre intérêt et partagée avec d'autres activités humaines.

Dans ce cas, le drainage et l'irrigation, individuellement ou le plus souvent Une intervention collective est nécessaire pour corriger le cycle de l'eau processus de production agricole. Une telle intervention nécessite la capacité de Contrôlez correctement la quantité d'eau que vous traitez, sinon vous subirez des revers, comme nous le verrons plus tard.

Ce besoin de contrôle rationnel a conduit au développement de la recherche sur l'irrigation et le drainage en tant que science et technologie.

3.1 Définition

Le drainage est un ensemble de méthodes utilisées pour éliminer l'excès d'eau d'une zone donnée, que ce soit à la surface du sol, sous le sol ou dans des structures particulières. De nombreux secteurs, tels que l'agriculture, l'urbanisme, la construction et l'ingénierie civile, ont besoin de cette opération.

3.2 Importance du drainage

La capacité du drainage à contrôler l'écoulement de l'eau, à prévenir les inondations, à améliorer la qualité des terres agricoles et à maintenir des infrastructures urbaines en bon état est ce qui le rend crucial. Des problèmes tels que l'engorgement des sols, l'érosion, la détérioration des routes et des bâtiments, ainsi que la perte de récoltes peuvent survenir sans un drainage adéquat.

3.3 Les techniques de drainage

3.3.1 Données générales

Lorsqu'une parcelle doit être drainée, il est nécessaire de déterminer d'où vient l'excès d'eau. On distingue :

- Les eaux extérieures.
- Les eaux intérieures.

3.3.1.A Les eaux extérieures

L'apport extérieur est représenté par l'ensemble des arrivées d'eau autre que l'apport pluvial direct :

- Le ruissèlement.
- L'installation d'une nappe permanente.

Chapitre III Drainage

- Autre eaux souterraines appelées mouillères ou source difficiles à localiser(hydrogéologie).

Les eaux extérieures ne doivent pas en principe être recueillies par le drainage

- Elles doivent être captées avec précaution pour éviter d'envoyer le réseau de drainage.
- Les techniques de captage sont variables dans leurs réalisations.
- Pour recueillir le ruissellement est les mouillères causées par une rupture de pente ou un affleurement de couche imperméable, on met en place un fossé où un collecteur gravillonné ceinture en amont de la parcelle à drainer et qui atteint le niveau imperméable.

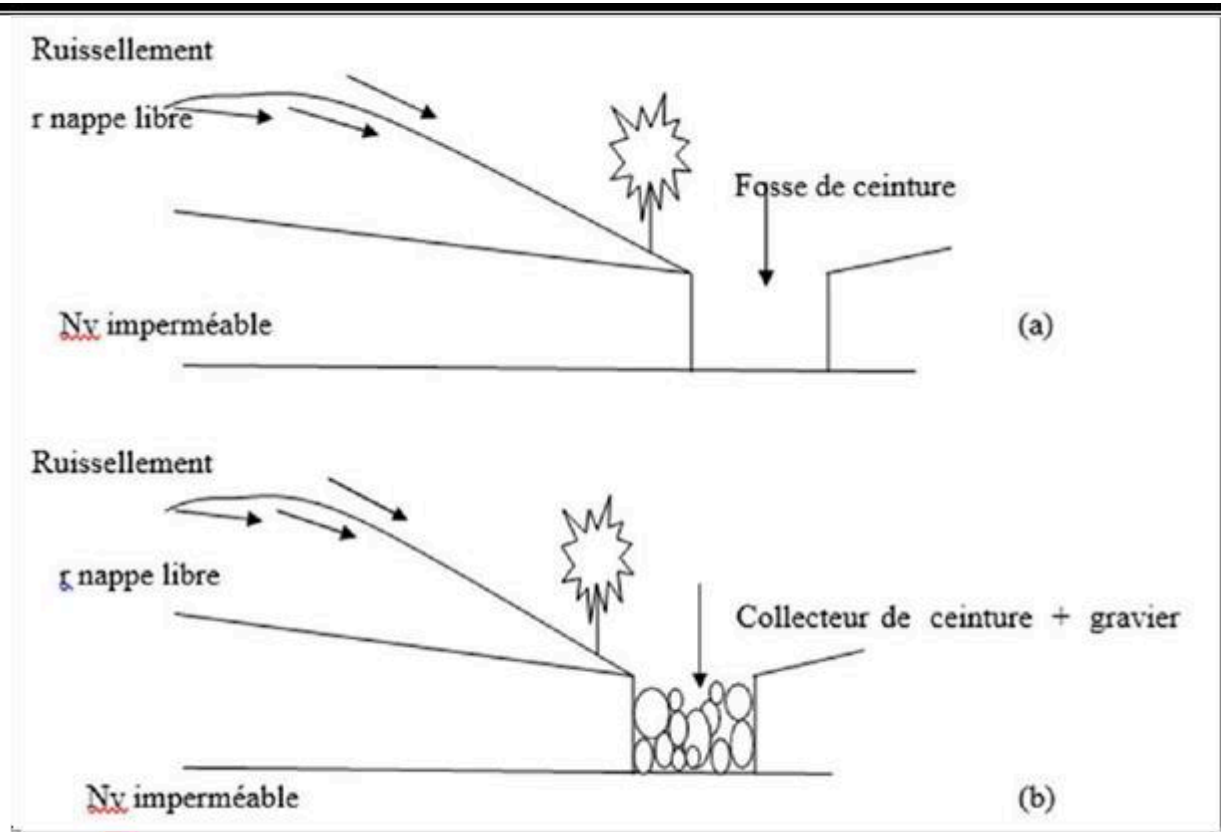


Figure 3.3.1.A : Schéma de la récupération des eaux externes des (a) des fossés de ceinture, (b) Collecteur de ceinture + gravier (Hulin, 1982)

Dans le cas de nappes permanentes alluviales, il est nécessaire de tester deux(2) solutions avant de lancer les opérations

- Assainissement général avec pompage.
- Éventuel suivi si nécessaire de drainage ultérieur.
- Le drainage systématique.

3.3.1.B Les eaux intérieurs :

Chapitre III Drainage

La cause de l'excès d'eau est dû à une accumulation de la pluie qui se fait sentir sur les sols. Ces derniers s'opposent naturellement à l'infiltration profonde de l'eau. Cette résistance plusieurs causes qui se combinent souvent :

- Existence d'un niveau ou planche imperméable en profondeur (2-3m) qui bloquetotalement l'infiltration et crée une nappe perchée.
- Existence d'un horizon peu perméable sous la couche labourée qui rend l'infiltration très lente et crée également une nappe perchée.
- Problème de surface des sols battants ou à semelle de labour. L'eau stagne sans s'écouler.

Accident culturel sur sol mal drainé où les travaux de préparation de traitement ou de récolté en condition hivernale, qui conduisent à des tassements.

3.3.2 Techniques de drainage habituelles

L'objectif d'une technique de drainage est de permettre l'évacuation d'un certain volume d'eau, pour un certain temps, d'une zone de sol bien délimitée. Il y a deux types de solutions :

- Améliorer l'aptitude naturelle du sol à évacuer l'eau qu'il contient.
- Créer une aptitude artificielle, ou on peut combiner les deux mesures.

3.4 Amélioration du drainage nature

Le principe du drainage général et de l'augmentation de la conductivité hydraulique saturée sur l'ensemble du terrain cultivé.

3.4.1 le sous solage

Il permet de briser les horizons de tassement, de remonter le sol sur une certaine profondeur et d'accroître ainsi son aptitude au drainage naturel.

3.4.2 Sous solage type fermier

Peut aller à des profondeurs moyennes de 50 cm à 60 cm

3.4.3 Sous solage type industriel

Peut aller à des profondeurs plus grandes de 70 cm à 90 cm

Le sous solage se fait évidemment en période sèche et recoupe plus ou moins Perpendiculairement les lignes du labour.

Pour améliorer la structure du sol il est possible d'associer l'apport d'amendement chimique calcique (gypse) pour une bonne floculation des argiles.

Chapitre III Drainage

3.5 Types de drainage

3.5.1 Drainage de surface

Le drainage de surface englobe toute technique d'évacuation d'eau se trouvant à la surface du sol, qui généralement, n'a pas pu s'infiltrer.

3.5.2 Drainage souterrain

Le drainage souterrain est la technique d'évacuation d'eau de nappe souterraine qui permet le contrôle du niveau de la surface libre de la nappe.

Chapitre III Drainage

Conclusion

Pour obtenir le débit nécessaire dans la conception d'un réseau de drainage, il est crucial de tenir compte de tous les critères de dimensionnement, en plus de comprendre l'origine de l'excès d'eau à évacuer. Dans les situations où plusieurs types d'excès d'eau se présentent (précipitations, irrigation, leaching, etc.), il convient de choisir la valeur maximale entre les débits calculés pour chacun de ces scénarios. Cela garantit que le système de drainage est capable de faire face à la demande maximale en évacuant efficacement l'excès d'eau, quel que soit son origine.

CHAPITRE IV

Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

4. Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

Introduction

Le bilan d'une nappe phréatique nécessite une connaissance approfondie de son régime alimentaire et de ses pertes. Il y en a plusieurs, directes ou indirectes, superficielles ou profondes. Le but du bilan hydrologique global est d'examiner la balance entre les apports et les pertes ainsi que la variation des réserves d'eau.

4.1 Les éléments d'équation du bilan d'eau

L'expression du bilan correspond à la différence entre les entrées dans la nappe phréatique et les sorties.

$$\Delta Q = \text{les entrées} - \text{les sorties} \quad (4)$$

Les différentes surfaces planimétriques, sujettes à la détermination des éléments de ce bilan, sont reportées sur le tableau suivant :

Tableau.4.1: les différentes surfaces de la cuvette Ouargla

	<i>Classification détaillé</i>	<i>Surface totale (ha)</i>	<i>Pourcentage %</i>
1	<i>Sable et sols nus</i>	<i>75461</i>	<i>80</i>
2	<i>Zone humides</i>	<i>12011</i>	<i>13</i>
3	<i>Zone bâtie</i>	<i>3183</i>	<i>3</i>
4	<i>végétation</i>	<i>3214</i>	<i>3</i>
5	<i>Plan d'eau</i>	<i>1105</i>	<i>1</i>
	<i>cuvette</i>	<i>94057</i>	<i>100</i>

4.1.1 Les entrées

Les facteurs qui contribuent à la montée du niveau piézométrique de la nappe phréatique sont:

A) Les eaux infiltrées après irrigation :

D'après les données des services agricoles de (DSA) la quantité d'eau destinée pour l'irrigation est 69 847 860 m³/an. La hauteur d'eau infiltrée dans la nappe phréatique est estimée à 30% de la quantité délivrée soit la quantité totale :

$$\rightarrow QF = 0.3 \times 69847860 \approx \mathbf{20954358 \text{ m}^3/\text{an}}$$

B) Les fuites d'AEP

D'après les données des services de l'AEP (DHW) et d'après l'étude de (BG 2004) les fuites d'AEP sont estimées à 10000 m³/j, donc **3650000 m³/an**

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

C) Les rejets d'assainissement

Pour les rejets totaux, un volume (Q Rejet) de 8 400 000 m³/an rejoint la nappe, est estimé par (ONA,2008).

D) Les précipitations

Pour une pluviométrie moyenne annuelle de 40 mm, le coefficient d'infiltration est de 5 à 10 %Donc, pour une pluviométrie de 35 mm/an (station d'Ouargla, 1990-2006) et une surface de 87472 ha la lame d'eau rejoignant effectivement la nappe phréatique est de l'ordre de :

$$\rightarrow QP-Inf = 35\text{mm/an} \times 10 \times 87472 \text{ ha} \approx \mathbf{2\ 000\ 000\ m^3/an}$$

E) Les eaux de surface : QP-Crue

Elles sont représentées par les apports d'Oued M'Zab et N'Sa, qui débouchent sur la partie nord de lacuvette (Sebkhet Safioune) et participent à l'alimentation de la nappe phréatique en période de crues.Pour une période de 15 ans (1990 -2005), le volume d'eau qui atteint Sebkhet Safioune et participe à l'alimentation de la nappe est estimé à environ :

1 500 000 m³/an pour l'Oued N'Sa (SIDAT, 2008)

1 000000 m³/an pour l'Oued M'Zab (SIDAT, 2008).

Soit un total de : **QP-Cru = 2 500 000 m³**

4.1.2 les sortis

Il s'agit de :

L'évaporation : En zones arides, l'évaporation et l'évapotranspiration sont les mécanismes majeurs de pertes en eau. Dans des bassins arides fermés, ils sont les seuls modes de perte en eau

A) Evaporation à partir des plans d'eau libres :

Les données relevées sur le bac ont servi à estimer l'évaporation des plans d'eau libres. Des mesures ont été mises en place entre 1990 et 2006.

Tableau 4.1.2 : l'évaporation mensuelle

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Σan
E (mm)	285	169	138	84	87	128	156	240	309	354	372	357	2679

En tenant compte d'une superficie totale de 1 105 ha de plans d'eau libres, on estime le volume d'eau évaporée à :

$$\rightarrow QE-Pl = 2.5 \text{ m/an} \times 11\ 050\ 000 \text{ m}^2 = \mathbf{27\ 625\ 000\ m^3/an}$$

B) Evaporation à partir des zones humides :

Pour estimer l'évaporation annuelle, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT. La valeur estimée est de 75 mm par a pour une superficie totale de 12 011 ha qui correspond aux

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

zones humides, et le volume évaporé est d'environ :

$$\rightarrow QE-Zh = 75mm/an \times 10 \times 12011ha = 9008250 m^3/an$$

4.1.3 Le bilan

Tableau4.1.3: le bilan d'eau de la cuvette

<i>Entrées</i>	<i>m³/an</i>	<i>m³/an</i>
Eau d' irrigation	20954358	
Fuite d'AEP	3650000	
Rejet d'assainissement	8400000	
Précipitation	2000000	
Eau de surface	2 500 000	
Sorties	37504358	
Evaporation des plans d'eau libre		27625000
Evaporation des zones humide		9008250
Totaux		36633250

$$\Delta Q = +871108 m^3/an$$

(ΔQ). L'élévation du niveau d'eau (surtout en hiver) dans ces zones basses. Peut être due :

- Aux quantités excédentaires des eaux d'irrigation (cas des palmeraies)
- Aux fuites du réseau d'AEP et assainissement autonome (cas des agglomérations de Ouargla, Aïn-baïda et N'goussa)
- Aux rejets totaux (Cas de sebkhet Oum-raneb et Bamendil)
- La nappe phréatique ne peut pas jouer de rôle tampon important, car les stations de pompage et les canaux de drainage, en état de bon fonctionnement, peuvent régler le niveau d'eau dans ces zones inondées.
- Le terme évaporation totale constitue l'élément fondamental de déficit à travers les Chotts.

De ce fait on peut retenir de ce bilan, c'est que les différents chiffres avancés sont parfois à prendre avec précautions de plus les surfaces prises en compte ne sont pas les mêmes ni les zones (endroit). De ce fait le bilan établi n'est que grossier, il peut juste d'apprécier la grandeur des volumes excédentaires, l'estimation de la remontée capillaire a été négligée.

Une étude plus précise, analysant chaque composante du bilan devrait être établies de ce fait dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés plus précisément au paramètre irrigation et aux pertes engendrées par cette activité.

4.2 Influence des irrigations

4.2.1 Besoin en eau des cultures

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

Le but du présent chapitre est de calculer les besoins en eau des cultures en utilisant les informations déjà établies, telles que les doses et les dates d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures tout au long de leur période de croissance, afin de compenser le déficit hydrique de la couche active du sol.

4.2.1.1 Les cultures envisageable

A) Arboriculture :(les palmiers)

C'est la culture la plus courante dans la région d'Ouargla, elle résiste aux changements climatiques et aux conditions du sol telles que la forte salinité. Dans la région d'Ouargla, il y a plus de 2000 ha de palmeraies.

B) Le maraichage

Ces cultures font partie de la tradition des agriculteurs modernes. Leurs dimensions ne sont pas importantes car leur but est de stimuler la consommation locale. Ces cultures sont cultivées comme cultures intercalaires sous palmeraies.

Pour bénéficier de l'effet de l'oasis, qui consiste en une diminution de la température et, par conséquent, à réduire le besoin d'eau x , il y a une réduction de plus de 40%.

Les cultures maraichères ne couvrent pas plus de 100 ha de surface :

La carotte, les tomates, les oignons, le melon, la pastèque, le piment, le poivron, la courgette, l'aubergine, etc

4.2.1.2 Pourquoi on détermine la valeur des besoins en eau des cultures :

- La gestion des réseaux d'irrigation est une perspective à court terme
- La planification de l'utilisation des ressources hydrauliques comprend la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation, la surface qui peut être irriguée en fonction des ressources, etc
- Conception des réseaux d'irrigation : calcul du débit de dimensionnement des ouvrages (prédiction)

Dans notre cas d'étude c'est pour savoir le surplus (plus que le besoin nécessaire) d'irrigation qui arrivera à la nappe phréatique.

Notre objectif dans cette étude est de déterminer la quantité d'irrigation supplémentaire (plus que le besoin) qui arrivera sur la nappe phréatique.

4.2.1.3 Méthode d'estimation de la consommation en eau

Les sols cultivés consomment des quantités d'eau considérables sous forme de :

- Evaporation directe
- Prélèvement par les plantes

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

1. Eau de constitution négligeable
2. Eau de transpiration

L'évapotranspiration : représente la somme des volumes d'eau enlevés au sol pendant un temps donné sur une surface déterminée par :

- Les plantes
- L'évaporation directe du sol

L'évapotranspiration est fonction du climat et du type de végétation et le type de sol. Le calcul des besoins en eau dans notre cas a pour principale but de déterminer les besoins théoriques en eau des différentes cultures en place et de les comparer avec ceux appliqués pratiquement. Cette comparaison sert à quantifier le surplus d'eau qui alimente la nappe phréatique.

4.2.1.4 Calcul des besoins en eau des cultures

Une partie des besoins peut être satisfaite par les précipitations ou de l'eau initialement stockée dans le sol (réserve facilement utilisable).

Il est basé sur un bilan hydrique dans la zone racinaire et sur une période donnée (jour, décennie, mois). On compare la quantité disponible naturellement pour les végétaux et les prélèvements de ces mêmes végétaux placés dans des conditions optimales d'approvisionnement en eau.

Eau disponible : - fraction des précipitations stockées dans la zone racinaire
1- P_e (pluie efficace)
2- Eventuelle réserve R

Prélèvement : l'évapotranspiration max. ETM

Le calcul des besoins en eau d'irrigation repose sur un bilan hydrique.

4.2.1.5 Estimation des prélèvements

Face à la multiplicité des paramètres susceptibles d'influencer l'évapotranspiration, des concepts plus simples ont été introduits pour estimer les prélèvements d'eau par les plantes et l'évaporation dans la zone racinaire.

- Evapotranspiration de référence
- Evapotranspiration maximale

Notion d'évapotranspiration de référence ET_0

L' ET_0 représente la quantité maximale d'eau consommée par une culture de référence (gazon) couvrant totalement le sol et présentant une hauteur uniforme de quelques centimètres, dans la double hypothèse

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

- Stade de développement végétatif maximal
- Sol suffisamment pourvu en eau (capacité de rétention)

Calcul ET_0

Principalement par les formules empiriques telles que :

1. Formule de Blaney criddle
2. Formule de Thornthwaite
3. Formule de Turc
4. Formule de Penman
5. Formule de Bouchet
6. Formule de Penman –Monteith, etc

4.2.16 Méthode de MR PENMAN & MONTHEIT MODIFIÉE

La formule de M^r Penman & Monteith modifiée, prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montré que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaudes et semi-arides. La formule de M^r Penman & Monteith, modifiée, se présente comme suit :

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

W : Facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitudes

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour

$F(u)$: Fonction liée au vent

e_a : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars

e_d : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars

La différence ($e_a - e_d$) : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes

Évapotranspiration maximale ETM

L'évapotranspiration réelle dépend de nombreux facteurs (type de culture, stade végétatif, état sanitaire, disponibilité de l'eau, fertilité de sol, etc.).

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

de production optimales et on base d'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximal ETM

$$ETM = ET_0 * K_c \quad (5)$$

Avec : K_c coefficient culturel

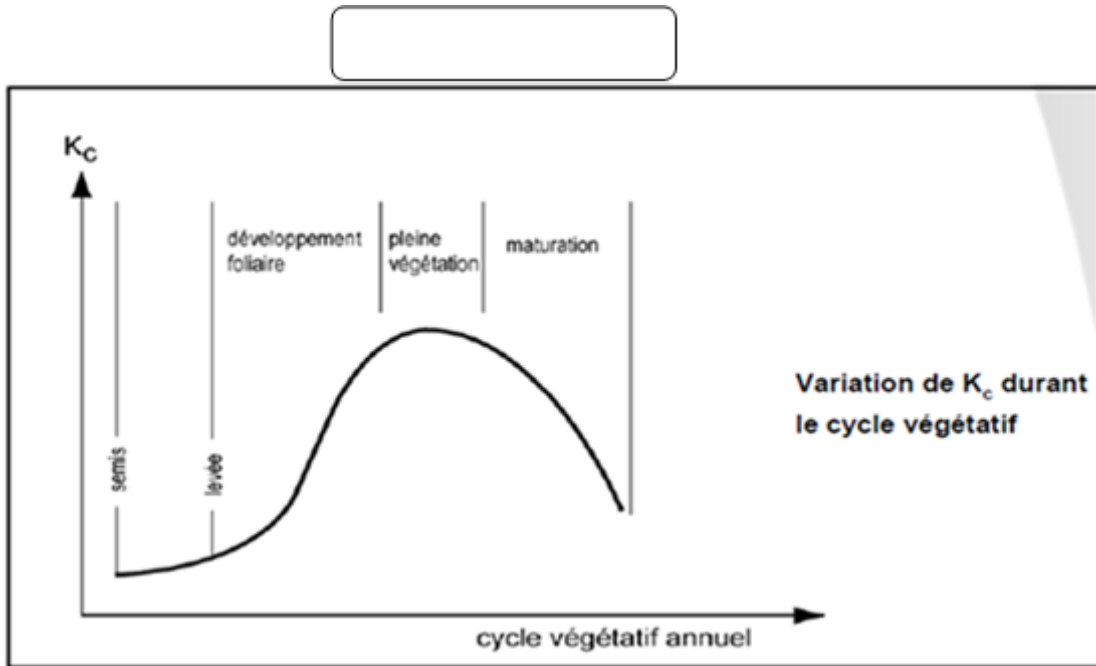


Fig.4.2.1.6 : la variation de K_c

source : EPFL

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé **CROPWAT 8**, fondé sur la méthode de M^r Penman&Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO** tenue à Rome en Mai 1990.

Mois	Min Temp	Max Temp	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day
Janvier	0.7	21.1	58	2.5	7.6	12.6	2.69
Février	1.4	24.8	50	2.7	7.9	15.2	3.78
Mars	4.1	30.6	41	3.0	8.6	18.9	5.64
Avril	8.3	36.5	33	3.3	9.4	22.5	7.80
Mai	13.5	41.7	28	3.3	9.3	23.7	9.28
Juin	18.9	45.1	22	3.4	10.2	25.3	10.60
Juillet	23.1	47.0	18	3.1	11.0	26.2	10.75
Août	23.4	45.8	21	2.9	10.5	24.4	9.88
Septembre	18.5	42.7	30	3.0	8.5	19.5	8.44
Octobre	12.4	36.4	37	2.7	8.2	16.3	6.19
Novembre	5.1	28.6	49	2.5	7.9	13.3	4.03
Décembre	1.3	21.6	62	2.4	6.9	11.1	2.54
Moyenne	10.9	35.2	37	2.9	8.8	19.1	6.80

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

Fig4.2.1.6 : Photo de logiciel de calcul (CROPWAT 8)

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables suivantes :

<i>Température :</i>	<i>Les températures moyennes sont données en degré Celsius.</i>
<i>Humidité de l'air :</i>	<i>L'humidité relative de l'air exprimé en pourcentage de(10 à 100).</i>
<i>Insolation journalière</i>	<i>L'insolation journalière donnée en heures d'insolation de (1 à 20).</i>
<i>Vitesse de vent. :</i>	<i>La vitesse du vent peut être introduite en m/sec de (0 à 10).</i>

Les résultats de l'évapotranspiration de référence sont récapitulés dans le tableau:

Tableau 4.2.1.6 : l'évapotranspiration de référence ET0

Mois	Temp min	Temp max	Humidité	Vent	insolation	Radiation	ET0
	°C	°C	%	km/j	hours	MJ/m ² /j	Mm/j
Janvier	0.7	21.1	58	2.5	7.6	12.6	2.69
Février	1.4	24.8	50	2.7	7.9	15.2	3.78
Mars	4.1	30.6	41	3.0	8.6	18.9	5.64
Avril	8.3	36.5	33	3.3	9.4	22.5	7.80
Mai	13.5	41.7	28	3.3	9.3	23.7	9.28
Juin	18.9	45.1	22	3.4	10.2	25.3	10.60
Juillet	23.1	47.0	18	3.1	11.0	26.2	10.75
Aout	23.4	45.8	21	2.9	10.5	24.2	9.88
septembre	18.5	42.7	30	3.0	8.5	19.5	8.44
Octobre	12.4	36.4	37	2.7	8.2	16.3	6.19
Novembre	5.1	29.6	49	2.5	7.9	13.3	4.03
Décembre	1.3	21.6	62	2.4	6.9	11.1	2.54
Moyen	10.9	35.2	37	2.9	8.8	19.1	6.8
annuel							88.42

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

Tableau 4.2.1.6 : les besoins en eau ETM

Mois	ETP (mm)	Kc	ETM (mm)
Janvier	83.39	0,80	66.71
Février	105.84	0,85	89.96
Mars	174.84	0.90	157.36
Avril	234.00	0,95	222.30
Mai	287.68	1.00	287.68
Juin	318.00	1,00	318.00
Juillet	333.25	1,00	333.25
Août	306.28	1,00	306.28
Septembre	253.2	0,90	227.88
Octobre	191.89	0,85	163.11
Novembre	120.9	0,85	102.76
Décembre	78.74	0,80	62.99

4.2.1.7 L'effet oasis

D'après l'étude faite par *TOUTAIN* il Ya réduction de consommation des cultures sous palmeraies, les cultures conduites sous palmiers demandent moins d'eau que les cultures en plein champ, et ceci d'autant plus que le couvert de la palmeraie est dense, en raison de l'amélioration des paramètres climatique sous ce couvert, qui conduit à une réduction de l'ETR.

Donc en intègre le coefficient d'abattement de
L'ETP *TOUTAIN* propose les chiffres suivant :

En palmeraie dense **5 m×6m** : la réduction de l'évapotranspiration est de **35%**

4.2.1.8 Traitement des données pluviométriques

Afin d'estimer le déficit des précipitations pour les besoins en eau d'irrigation, une analyse statistique a été faite Pour déterminer la fraction des pluies qui contribue effectivement à couvrir les besoins en eau d'une culture.

Nous regroupons dans le tableau n°6.3, la répartition de la pluie totale annuelle et mensuelle, pour lapériode allant de **1989 au 2008**

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

Tableau 4.2.1.8: Pluies totales mensuelles moyennes

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
P(moy) (mm)	2	5	6	3	5	2	7	2	2	0	0	0	35

4.2.1.9 La délimitation des palmeraies

Nous avons fait la délimitation des palmeraies de la région de Ouargla à partir de l'enquête menée sur terrain et à l'aide de logiciel de dessin (AUTOCAD) nous avons trouvé que la surface totale des palmeraies est de **2297 ha**.

Le style des palmeraies est traditionnel, les pieds sont implantés d'une manière anarchique avec une densité de 400 à 600 pieds/ ha dépassant de loin la densité moyenne (100 à 150 pieds/ha), cette situation a créé un style oasis.

Remarque : nous n'avons pas tenu compte de certains secteurs transformés, parfois totalement ou encore en construction et gardant quelques palmiers comme jardin de maison.

Il existe une différence entre ce chiffre et celui donné par la (DSA)

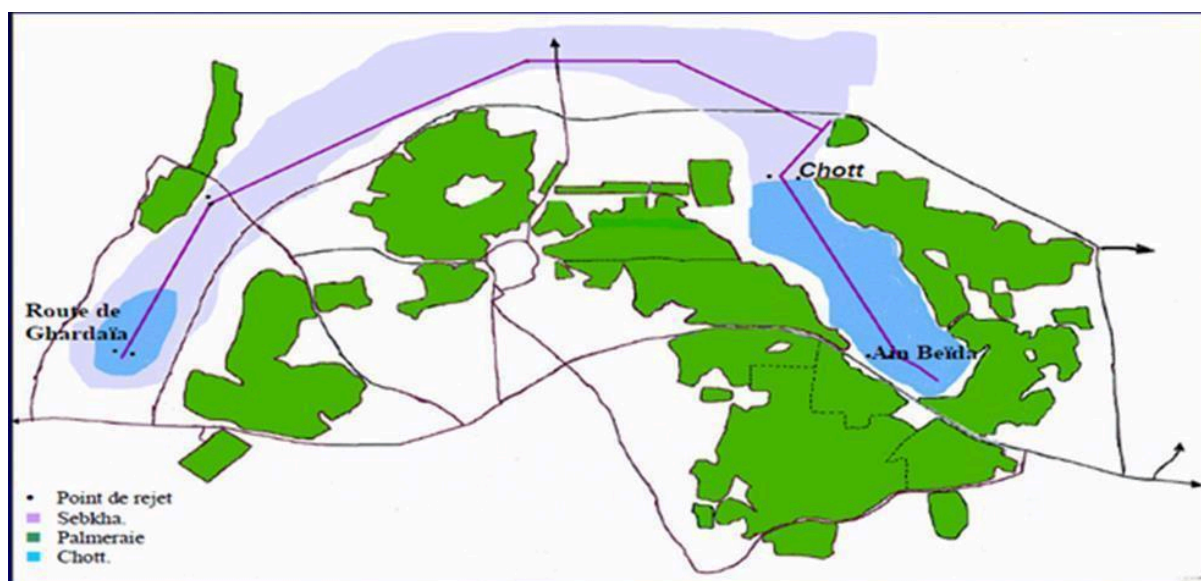


Figure 4.2.1.9 : délimitation de la palmeraie d'Ouargla

4.2.1.10 Répartition des superficies agricole et cultures pratiquées

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

en (ha) Tableau 4.2.1.10 : les superficies agricole et cultures
pratiquées

Donc la surface des cultures intercalaires est de 100 ha soit un pourcentage de 5 % de la surface des palmeraies irriguées.

4.2.1.11 Efficience de l'irrigation

Les besoins bruts de terre agricoles, dépendent de l'efficacité de l'irrigation, c'est à dire des pertes d'eau qui se produisent à partir du point du captage, jusqu'à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L'efficacité d'un réseau d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d'éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s'avéraient rares.

A - Efficacité de transport ET :

On entend par transport, le trajet parcouru par l'eau du point de prélèvement (barrages, réservoirs, puits, etc...), au point de livraison à la parcelle (borne ou prise), qui peuvent être de nature diverses et avoir une incidence plus au moins forte en fonction des caractéristiques de l'adduction.

B - Efficacité de distribution E_d :

L'efficacité de la distribution de l'eau à la parcelle, varie très sensiblement en fonction des modalités de la desserte adoptée, qui peuvent se grouper en cinq grandes catégories.

- Irrigation par submersion.
- Irrigation par ruissellement.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée.
- Irrigation souterraine.

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

C - Efficacité de l'uniformité Eu :

Elle est indépendamment liée à la méthode de distribution adoptée. C'est la livraison égale, par une quantité d'eau optimale en tout point de la superficie irriguée, ce qui se produit très rarement. Pour assurer une bonne répartition, il faudra apporter un volume supérieur, dont l'excédent par rapport à la quantité nécessaire, se traduit par une perte.

L'évaluation exacte des pertes (efficacité d'un réseau d'irrigation) est très difficile et même presque impossible, suite à des multiples variables qui interviennent dans ces conditions.

4.3 Besoin en eau d'irrigation

Les irrigations sont faites pour planches d'une longueur **100 m** et une largeur de **6 m**

Elle est donnée chaque **6 jrs**.

Les agriculteurs font **5** irrigations par mois avec fréquence d'irrigation de **6 jrs**. Sachant que les palmeraies sont traditionnelles, l'écoulement entre palmier et de **5m à 6 m** pour une bonne majorité des plans.

Les besoins en eau = ETO * le nombre du jour par mois

La plus grande valeur du ETO trouve précédemment : 10.75 mm/j

Le nombre de jours par mois : 30 jours

B : les besoins en eau

$$B = ETO * \text{Nbr de jours} \quad (6)$$

$$B = 10.75 * 30$$

$$B = 322.5 \text{ mm/j}$$

4.4 La dose d'arrosage

la dose d'arrosage c'est le besoin en eau d'irrigation par le d'arrosage par mois Dose d'arrosage :

$$D = B / (\text{Nbr d'arrosage}) \quad (7)$$

$$D = 322.5 / 5$$

$$D = 64.5 \text{ mm}$$

La dose d'oasis

$$D \text{ oasis} = D * 0.6 \dots \quad (8)$$

$$D \text{ oasis} = 38.7 \text{ mm}$$

$$38.7 \text{ mm} = 387 \text{ m}^3/\text{ha}$$

4.5 Les pertes d'eau

L'irrigation fait par planche avec un rendement dans un sol le g  (sablonneux) de : 50%   55 %

c.a.d une perte de 50 %   45 % D'où :

Sur le 45 % on a 10 % de perte pour évapotranspiration et 35 % de perte pour percolation

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

le volume net délivre est de 387 m³/ha

Le volume net :

$$Id = (387 * 100) / 55$$

$$Id = 703.64 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Bbrute : les besoins bruts

Bnet : les besoins nets

Rendement : le rendement

$$Bbrute = Bnet / \text{Rendement}$$

$$Bbrute = 387 / 0.55$$

$$\mathbf{Bbrute = 703.63 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

Sur 703.63 on a 45 % de perte pour percolation et ETP

Donc on a les pertes totales :

$$703.63 - 387 = 316.63 \text{ m}^3/\text{ha}$$

4.5.1 Pertes par percolation

Les pertes par percolation sont 35 % des pertes totales

$$316.63 * 0.35 = 110.82 \text{ m}^3/\text{ha}$$

4.5.2 Pertes par évaporation

Les pertes par évaporation sont 10 % des pertes totales

$$316.63 * 0.1 = 31.66 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Calcul de débit

On utilise L'excès provient des pertes par percolation et nombre de jours dans lequel on irrigue pour qu'on puisse calculer le débit nécessaire.

Qc : le débit

$$qc = \text{pertes percolation} / \text{Nbr j}$$

$$qc = 110.82 / 6$$

$$qc = 18.47 \text{ m}^3/\text{j}$$

CHAPITRE IV Les besoins en eau des cultures et le débit à évacuer

Conclusion

En conclusion, comprendre les besoins en eau des cultures et ajuster le débit d'irrigation et de drainage sont essentiels pour une agriculture durable. En optimisant ces paramètres, les agriculteurs peuvent maximiser les rendements tout en préservant les ressources hydriques et en minimisant les impacts environnementaux.

CHAPITRE V

Dimensionnement Du
systeme de drainage

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

Introduction

Le chapitre "Dimensionnement du système de drainage" explore les méthodes et principes essentiels pour garantir une évacuation efficace des eaux pluviales et usées, tout en minimisant les risques d'inondation et de pollution. Nous examinerons les différentes composantes du système, les considérations réglementaires et environnementales, ainsi que les outils disponibles pour optimiser la performance et la durabilité des infrastructures de drainage.

5.1 Le lessivage

En agriculture irriguée, dans laquelle on suppose sans problème de drainage, le lessivage est appliqué pour empêcher une salinisation primaire. En sol normalement salé, on estime qu'on a un équilibre semi-permanent atteint (Hulin, 1982)

5.1.1 le rôle du lessivage

En culture irriguée, l'objectif de lessivage du sol est d'éliminer les sels qui s'est accumulés sous l'effet de l'évapotranspiration dans la partie du sol exploitée par les racines (sels préexistants ou apportés par les eaux d'irrigation)

Le lessivage implique donc :

- La connaissance de la dose (excès) d'eau à apporter pour abaisser la salinité à un niveau satisfaisant.
- Les conditions de drainage interne suffisantes pour permettre l'évacuation des sels en excès hors de la zone racinaire ou au minimum de leur maintien à une profondeur telle qu'ils soient sans effets sur la culture.

5.1.2 Périodes et méthodes de lessivage des sols :

Dans les zones humides où les précipitations sont abondantes, le problème de lessivage ne se pose pas, car il se fait naturellement. Cependant dans les zones arides ou semi-arides, les doses de lessivage doivent être apportées comme doses d'irrigation.

Il est important de signaler qu'avec les systèmes d'irrigation à faible efficacité, les pertes d'eau par percolation peuvent souvent suffire à lessiver les sels du sol.

5.1.3 Lessivage initial ou capital :

C'est une opération qui consiste à apporter, en une seule fois, une grosse quantité d'eau sur une parcelle et qui a pour but de faire chuter la salinité du sol à un niveau qu'on considère acceptable et qu'on entretiendra par un lessivage continu. À partir de la formule de Volobuev la hauteur d'eau utile pour un lessivage capital est de :

$$H = -\alpha \cdot \theta \cdot \Delta \cdot \text{Log}((S - S_i)/(S_0 - S_i)) \quad (9)$$

H = hauteur d'eau à apporter

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

Δ = épaisseur du sol à lessiver

θ = humidité du sol saturé

S = salinité moyenne à atteindre après lessivage

Cees (fct qualité d'eau)

S_i = salinité de l'eau d'irrigation

S_0 = salinité moyenne avant lessivage

a = coefficient dépendant de la nature du sol (texture)

Avec :

$a = 0.5$ à 0.6 □ Sablo-Limoneux à Limono-Sableux

$a = 0.4$ à 0.5 □ Argiles-Sableuses, Limons

$a = 0.2$ à 0.3 □ Argiles

$\alpha = 0.5$ à 0.6

on prend $\alpha = 0.6$

$\theta = 0.5$ (50 % H°)

$\Delta = 1500$ mm

$S_i = 3.86$

$S_0 = 10$

$S = 1.5 * 3.86 = 5.8$

$H = - (0.6 * 0.5 * 1500 * \text{Log}((5.8 - 3.86) / (10 - 3.86)))$

H = 225.16 mm

Lessivage capitale de = 225.16 mm

$q = 225.16 / 5$ j

q = 45.03 mm /j

Nous pouvons l'appliquer que si nous pouvons l'évacuer dans nous 5 j pour éviter le pourrissement racinaire

c.a.d que le débit d'évacuation du drain sera de 45.03 mm/j

Cette méthode dont se faire chaque début d'année ou à chaque fois que nous avons une remonter dessus

5.1.4 Taux des pertes pour lessivage :

Les doses des lessivages peuvent aussi constituer une source d'excès d'eau. Il faut donc les évacuer et les comparer aux pertes pour percolation.

Donc :

Dans l'absolu, on peut apporter des grandes doses de lessivage avec des eaux très salées pour arriver à des salinités donnant des Rendements acceptables.

Cependant il apparaît difficile concrètement de descendre au-dessous d'un seuil de salinité dans le sol pour une eau de salinité donnée.

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

Ce seuil empirique se situe :

Pour une $C_{eiw} = 4 - 5 \text{ ds/m} ::= C_{ees}$

Ne peut pas descendre en dessous de 1.5fois la salinité de l'eau

$C_{eiw} = 4 - 5 \text{ ds/m} : \quad \quad \quad C_{ees} = 1,5 C_{eiw}$

$C_{eiw} = 6 - 8 \text{ ds/m} : \quad \quad \quad C_{ees} = 1,3 C_{eiw}$

$C_{eiw} = 12 > \text{ ds/m} : \quad \quad \quad C_{ees} = 1 C_{eiw}$

En utilisant la méthode de rhoades :

Rhoades a développé un modèle moins exigeant en eau dans la mesure où le sol est maintenu dans un état hydrique correct par des apports réguliers.

Où :

$$DL = B * C_{eiw} / C_{ees} (1 - LR)$$

DL : dose de lessivage

C_{eiw} : conductivité électrique d'eau d'irrigation.

C_{ees} : la valeur de la table de tolérance qui provoquerait une chute de rendement de 10%max

$$LR = 3.86 / (5 * 5.8) - 3.86$$

$$LR = 0.15$$

$C_{ees} = 6 \text{ mmho/cm}$ apres

le calcul de lessivage capitale

$$DL = 387 * 4 / 6 * (1 - 0.15)$$

$$DL = 303.53 \text{ m}^3$$

$$DL = 30.53 \text{ mm}$$

Les pertes par percolation

Pertes par percolation = 18.47 m³

$$qDL = 30.53 / 6 = 5.08 \text{ mm / j}$$

$$qpertes = 110.82 / 6 = 1.85 \text{ mm / j}$$

5.2 Calcul de l'écartement :

Le réseau de drainage est dimensionné pour pouvoir évacuer la pluie critique ic de durée égale à la durée de submersion admissible et de période de retour donnée (Mermoud., 2007).

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

Et pour cela on a opté pour la méthode de **Hooghoudt**

5.2.1 la méthode de Hooghoudt :

La procédure, de détermination de l'espacement des drains entérés "E" avec la formule de Hooghoudt comprend les étapes suivantes :

Calcul des critères de conception de base :

le débit caractéristique et la hauteur optimale (qc et hop)

- 1- Établissement de la base de drainage du champ W et de la hauteur de chute disponible
 $hc = P - hop$
- 2- Établissement des paramètres du sol : la perméabilité K (ou la perméabilité en dessous et en dessus du drain K1 et K2) ainsi que la distance entre les drains et la couche imperméable D
- 3- Sélection du type de drain (conduite ou fossé) et la détermination de la porosité du drainage μ
- 4- Détermination de l'espacement des drains (E ou L) en résolvant l'équation de Hooghoudt.
- 5- L'étape finale consiste en la résolution de l'équation de Hooghoudt, par essais et erreurs (itérations) :
 - Supposer une valeur pour E et déterminer d à partir du Tableau 16
 - Résoudre la formule de Hooghoudt pour un écartement E et comparer cette valeur avec la valeur supposée

SECTEUR	PALMERIE	MENTHE	CAROTTE	OIGIONS	MELON - PASTEQUE	PIMENT - POIVRON	AUBERGINE	COURGETTE
SUD EST	482	1,9	1	3,15	10,5	0,4	1,7	1,8
CENTRE	312	1,2	0,7	2	6,8	0,3	1,1	1,2
CHOTT SUD	176	0,7	0,4	1,15	3,8	0,15	0,7	0,7
CHOTT NORD	322	1,3	0,7	2,1	7	0,3	1,1	1,25
NORD	302	1,2	0,7	1,9	6,6	0,25	1	1,2
KSAR	270	1,1	0,6	1,8	5,9	0,25	0,9	1
SIDI AMRAN NORD	146	0,5	0,3	1	3,2	0,1	0,5	0,6
SIDI AMRAN SUD	287	1,1	0,6	1,9	6,2	0,25	1	1,2
TOTAL	2297	9	5	15	50	2	8	8,95

- Modifier la valeur de E et répéter jusqu'à ce que les valeurs calculées et supposées soient égales

$$E^2 = \frac{4K_1h^2}{qc} + \frac{8K_2dhc}{qc} \dots\dots\dots(10)$$

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

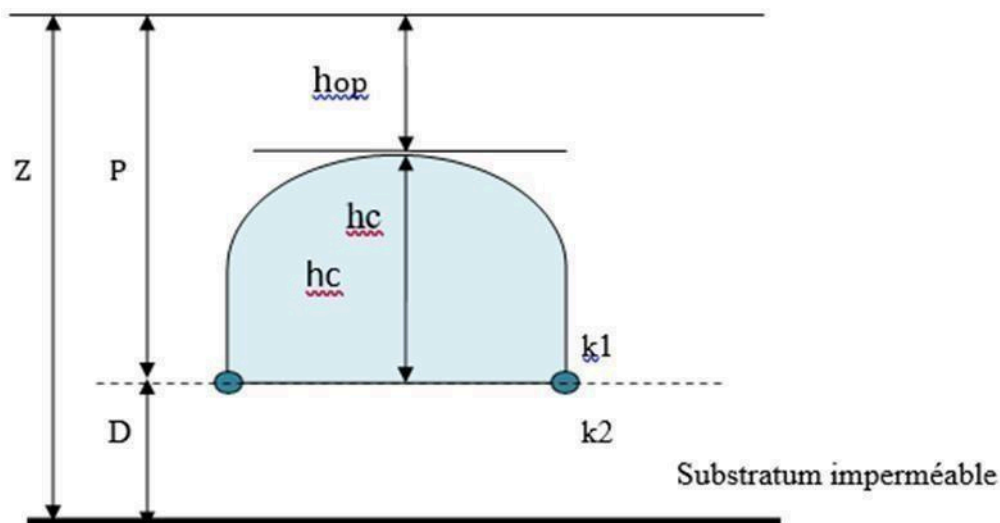


Figure 5.2.1 : Schéma d'un réseau de drainage pour le modèle d'un régime permanent (Hulin, 1983), (Mermoud., 2007).

E	Ecartement des drains m
K1	Perméabilité au-dessus des drains=4m/j
K2	Perméabilité au-dessous des drains=4
m/j	
q	Module de drainage ou débit à évacuer=18.47 mm/j
d	Epaisseur de la couche équivalente =10m
h	hauteur critique = 0.5 m

D'après les calculs d'itération à l'aide de l'abaque nous avons trouvés les résultats suivant :

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 0,8 et environ 3 m. 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.

5.2.2 Profondeur de l'imperméable

On considère que la couche imperméable est loin donc on prend une profondeur de 10 m Au-dessous de niveau du sol.

5.2.3 Calcul de l'écartement des drains :

D'après les calculs d'itération à l'aide de l'abaque nous avons trouvés les résultats suivant :

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

Tableau 5.2.4 : calcul de l'écartement entre les drains

<i>E</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>E'</i>
250	10	10	94
160	10	6.25	75
70	10	5.25	70

5.3 Calcul de débit :

Qdebit : des drains

qdébit : de pertes par percolation

L : Longueur des drains

E : Ecartement entre les drains

$$Q = q * L * E$$

$$Q = 190 * 70 * 18.47 * 10^{-3}$$

$$Q = 245.65 \text{ m}^3/\text{j}$$

CHAPITRE V Dimensionnement Du système de drainage

Conclusion

Le chapitre sur le dimensionnement des systèmes de drainage et le calcul hydraulique souligne l'importance cruciale de concevoir des infrastructures adaptées aux caractéristiques spécifiques du site. En intégrant des modèles hydrauliques précis et des solutions durables, les ingénieurs peuvent créer des systèmes résilients, minimisant les risques d'inondations tout en favorisant une gestion responsable des ressources hydriques. Une approche holistique qui prend en compte les besoins communautaires, les aspects écologiques et les défis liés au changement climatique est essentielle pour assurer la durabilité à long terme de ces systèmes.

CHAPITRE VI

Entretien du projet

CHAPITRE VI Entretien du projet

6. Entretien du projet

Introduction

Chaque système d'irrigation ou de drainage se détériore au fil du temps et ne fonctionne plus correctement sauf avec un suivi, une bonne gestion et un bon entretien

6.1 Entretien et pérennité des systèmes de drainage

Les réseaux de drainage ne reçoivent pas l'attention qu'ils méritent. Les eaux de drainage sont considérées comme des pertes pour le système car le drainage est considéré comme moins important que l'irrigation. Ces eaux sont généralement de mauvaise qualité car elles se sont enrichissent sels, en nutriments et en éléments minéraux ou organiques en traces après avoir passé dans le sol.

Deux autres aspects conduisent à négliger l'entretien :

L'impact de l'entretien du réseau sur les performances du système n'est pas visible de manière immédiate.

Les gestionnaires du périmètre trouvent plus facilement des crédits pour la réalisation d'équipements que pour l'entretien.

6.1.1 Apprécier les besoins, évaluer la performance

Vu les faibles vitesses de l'eau et les faibles tirants d'eau dans les fossés de drainage. Les fossés de drainage sont rapidement envahis par la végétation en raison des faibles vitesses d'eau et des tirants d'eau, ce qui réduit les capacités d'écoulement. Lorsque les eaux de drainage sont utilisées, notamment pour abreuver le bétail, les berges des fossés et des canaux peuvent être davantage dégradées.

Il existe peu de données fiables sur la façon dont l'entretien du système de drainage affecte la performance des zones irriguées. Les programmes d'entretien sont souvent basés sur les ressources financières des gestionnaires.

Deux situations doivent être distinguées :

- Le drainage est utilisé pour réguler la salinité. Pour évaluer l'efficacité du drainage, il est nécessaire d'établir un bilan de sels en mesure des débits et de la salinité à l'exutoire du système de drainage. La quantité de sels évacuée doit compenser les apports moyens par irrigation.
- Le contrôle des excès d'eau causés par les précipitations est effectué par la cellule de périmètres ou de drainage. Dans ce cas, les déficits de drainage ont une influence quasi- immédiate sur les itinéraires techniques agricoles. Les besoins peuvent alors être évalués par des enquêtes et, si les moyens existent, par une analyse d'images de télédétection.

6.1.2 Méthodes d'entretien des canaux et fossés

CHAPITRE VI Entretien du projet

L'entretien des canaux et des fossés implique une combinaison de techniques mécaniques, chimiques et biologiques.

Les méthodes mécaniques sont à ce jour 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 toutefois coûteuse.

Les méthodes chimiques utilisent des herbicides pour contrôler le développement de la végétation. En raison de leurs éventuels effets sur l'environnement et la santé, ces méthodes doivent être appliquées avec prudence, tout particulièrement efficaces si les eaux de drainage sont réutilisées. Ils sont particulièrement efficaces lorsqu'ils sont utilisés fréquemment. En effet, la quantité d'herbicide utilisée. Pour maintenir un pourcentage de végétation acceptable (environ 5 % de couverture végétale) est plus faible que pour les traitements d'urgence.

Les méthodes biologiques utilisent des animaux pour contrôler la croissance des végétations. Des carpes chinoises et des manettes sont utilisées à cet effet à travers le monde. Ces techniques sont principalement utilisées dans les grands canaux de drainage car ces espèces ont besoin d'apports d'eau réguliers et de quantités d'eau importantes.

6.1.3 Retour sur la conception

Une réflexion sur l'impact de la conception sur les coûts d'entretien est nécessaire en raison des difficultés de mise en œuvre des programmes d'entretien. Le point essentiel à examiner est la profondeur du système drainant. En effet, elle affecte la largeur des fossés et des canaux, ce qui affecte les vitesses de dégradation et les coûts d'entretien. Les vitesses des tirants d'eau sont influencées par la largeur et la profondeur. La croissance des végétaux est facilitée par de faibles tirants d'eau et des vitesses de sédimentation dans les canaux.

6.2 Réutilisation des rejets des eaux de drainage

Comment traiter les eaux de drainage? Ce problème survient fréquemment dans les zones irriguées où les eaux de drainage ont souvent des concentrations élevées en sels. Dans certaines circonstances, la qualité de l'eau de drainage peut être utilisée pour l'irrigation ; diverses méthodes de réutilisation sont envisageables. Cependant, dans de nombreux autres cas, cette solution n'est pas envisageable car les effluents sont trop salés ou trop pollués. De plus, il n'est pas économiquement possible de désaliniser de vastes quantités d'eau pour l'agriculture. Le rejet des eaux de drainage vers des exutoires est alors crucial pour éviter la réintroduction des sels dans le système aquifère.

6.2.1 Potentialités et stratégies de réutilisation

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 lorsqu'elles ne sont pas trop salées (moins d'environ 6 g/l de sels dissous au total) ou trop polluées. Il existe deux avantages à cette solution :

La diminution de la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation dans de nombreuses régions où les ressources en eau sont limitées.

CHAPITRE VI Entretien du projet

Réduire les volumes de drainage et les problèmes de rejet. L'utilisation simultanée d'eau de drainage, d'eau salée et d'eau d'origine.

Pour une eau de surface, deux options sont envisageables : l'utilisation cyclique ou l'utilisation simultanée des deux eaux mixées précédemment. (Grattan and Rhoades. 1990).

La stratégie cyclique nécessite l'utilisation alternée des deux types d'eau. L'eau de bonne qualité est réservée aux cultures sensibles, à certains stades de développement de la plante ou à une sensibilité accrue à la salinité : l'eau de drainage est utilisée pour les cultures naturelles plus résistante ou aux derniers stades de développement de la plante. Cependant, les périodes où les deux types d'eau sont disponibles ne coïncident pas forcément aux périodes où la plante en a besoin. Cette pression peut inclure la nécessité de stocker l'eau. La construction de réservoirs peut être envisagée en l'absence de zones de stockage naturelles, mais cette solution est coûteuse.

La méthode de mélange des eaux vise à obtenir une eau de qualité appropriée pour l'agriculture. La méthode utilisée peut simplement rejeter les eaux de drainage dans les eaux de surface, mais cela ne permet pas de contrôler la teneur en salinité du mélange, ce qui nécessite la construction de dispositifs pour mixer et stocker les eaux.

Puisque la stratégie de mélange nécessite la gestion de volumes d'eau importants, elle sera généralement utilisée au niveau du gestionnaire. Au niveau de l'agriculteur, l'application cyclique sera préférée car elle est plus souple. Cependant, ces techniques impliquent des risques.

À plus ou moins long terme et doivent être entreprises avec prudence. Au préalable, les effets de ces méthodes doivent être testés pendant de longues périodes dans des expérimentations au champ dans des conditions locales.

6.2.2 Rejet des eaux de drainage

Dans de nombreuses zones irriguées, il y a eu des problèmes de salinisation des aquifères causés par les eaux de drainage, car il n'y avait pas suffisamment de précautions prises concernant le rejet de ces eaux. En effet, la solution habituellement utilisée.

Est le rejet des eaux de drainage dans les réseaux hydro morphiques, mettant en péril l'environnement à l'aval du périmètre et causant des problèmes de santé publique. Il n'existe cependant aucune méthode fiable pour rejeter correctement les eaux de drainage. Avant d'envisager le recours à cette pratique, des normes de qualité de l'eau doivent être établies car les zones humides peuvent éventuellement constituer un exutoire avec un risque de perturbation de leur écosystème. Si aucune autre solution n'est possible, la construction de bassins d'évaporation peut être recommandée; ces bassins présentent également des risques vis-à-vis de la nappe et de l'environnement.

L'existence de puits d'injection profonds pour évacuer les eaux de drainage est également notée. Mais dans la plupart des cas, cette solution est probablement trop onéreuse. De plus, elle ne peut être utilisée que lorsque l'eau de drainage est suffisamment bonne pour éviter la pollution des nappes.

Aucune des méthodes techniques disponibles pour évacuer les eaux de drainage n'est exempte de risques à une échelle plus large que le périmètre. En conséquence, pour

CHAPITRE VI Entretien du projet

évaluer les effets à long terme, des études d'impact sont nécessaires.

6.3 Constatations et recommandations

Nous avons pu comprendre et développer les différentes étapes nécessaires au dimensionnement d'un réseau de drainage grâce à notre travail.

Le drainage agricole dans les régions du sud de l'Algérie est assez unique et complexe car il y a un manque d'eau (climat aride) et une surexploitation des différentes nappes existantes.

La principale difficulté rencontrée dans notre zone d'étude réside dans le manque d'exutoires qui pourraient accueillir gravitairement les eaux drainées.

Parfois, il est nécessaire d'avoir des stations de relèvement, ce qui augmente le coût du projet mais entraîne également des problèmes de maintenance car les eaux sont salées et agressives.

La construction des fossés reste aussi délicate, la nature de terrain et de l'eau fait qu'il est difficile de leur donner une pente de talus convenable qui permettrait aux berges de ne pas s'effondrer.

La prolifération de la végétation est automatiquement stimulée par la présence d'eau dans les fossés, ce qui réduit la section d'écoulement et ralentit la vitesse d'écoulement.

La nappe ne peut pas être rabattue à un niveau idéal en raison de la densité des drains actuels.

Selon une enquête menée auprès des agriculteurs, ils ne souhaitent pas une diminution significative de la nappe car elle contribue à l'approvisionnement en eau par capillarité de leurs cultures.

Après ces affirmations et constatations, une meilleure gestion de l'irrigation pourrait être suggérée aux agriculteurs.

Il est apparu dans nos calculs que les volumes attribués sont supérieurs aux besoins réels des cultures, ce qui entraîne une grande quantité d'eau qui percole en profondeur, augmentant ainsi le niveau de la nappe phréatique. La submersion est le système d'irrigation le plus utilisé et nécessite beaucoup d'eau.

En période estivale, l'agriculture submerge les terres à 3 ou 4 reprises, ce qui indique que les quantités d'eau percolée sont considérables.

Il est nécessaire d'améliorer l'efficacité du système d'irrigation :

En fournissant la quantité précise d'eau nécessaire aux cultures ainsi que pour le lessivage.

Nivellement des parcelles.

Il y a moins de pertes lorsque l'eau est transportée du site de forage vers la parcelle via des conduites ou des canaux revêtus.

CHAPITRE VI Entretien du projet

L'irrigation localisée est un système d'irrigation plus efficace.

À cause de l'effet oasis, les cultures intercalaires irriguées par planche ont des besoins plus faibles.

Il y a une expérimentation intéressante pour exploiter la nappe phréatique.

Exemple d'utilisation de l'eau pour irriguer certaines plantes qui maintiennent les dunes (horspalmeraies)

Plantez des plantes capables d'absorber beaucoup d'eau et tolérantes aux sels.

Combattre l'invasion des végétaux dans les fossés en les recouvrant de membranes en pierre ou en les recouvrant complètement.

Utilisation des drains enterrés

Recycler les eaux de drainage? Elle est trop salée, mais si elle est mélangée avec des proportions d'eau du complexe terminal, elle peut être utilisée.

Pour trouver des solutions durables à l'avenir, de nombreuses expérimentations pourraient être menées.

CHAPITRE VI Entretien du projet

Conclusion

Le chapitre sur les entretiens de projet traite en détail des techniques de communication et des compétences nécessaires pour mener des entretiens de qualité. Il est crucial de comprendre l'importance de se préparer, d'écouter activement et de gérer ses émotions lors de ces interactions importantes. Les gestionnaires de projet peuvent encourager une collaboration fructueuse, améliorer la compréhension mutuelle et renforcer la réussite globale des projets en tenant compte de ces éléments.

Chapitre VII

Protection et sécurité des travailleurs

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

Introduction

Depuis plusieurs années, l'activité d'irrigation et de drainage des cultures se développe dans l'Algérie. Cette pratique permet aux exploitants agricoles de s'adapter aux variations climatiques et ainsi sécuriser leurs productions et leurs rendements. Bien qu'en apparence anodine, elle met en jeu des pressions d'eau importantes et peut exposer les intervenants à des risques professionnels conséquents.

En 2017, plusieurs accidents du travail sont survenus dans le sud de la Région lors de travaux sur ces réseaux d'irrigation, dont un accident mortel d'un salarié.

Dans le but de sensibiliser les professionnels agricoles aux risques qu'implique cette activité, notamment lors de la mise en route du réseau et des interventions en cours de campagne, deux supports de communication sont parus : une plaquette et un panneau de consignes recensant les gestes clés à adopter pour agir en toute sécurité dans le cadre d'une activité d'irrigation et de drainage.

7.1 La protection et sécurité au travail dans un chantier des travaux d'irrigation et de drainage

7.1.1 Accident de travail et maladie professionnelle

Les accidents du travail sont des accidents survenant à cause ou pendant le travail. Les accidents de trajet sont également classés comme accidents du travail, c'est-à-dire des accidents survenant lorsque les travailleurs se rendent au travail ou en reviennent, ou entre leur lieu de travail et leur lieu de restauration au lieu de travail.

7.1.2 Les indicateurs statistiques des AT et MP

Tableau 7.1.2 : les indicateurs d'AT et MP

Indicateur	Abréviation Formule de calcul		Définition
Taux de fréquence	TF	$TF = (\text{nb d'accident du travail avec arrêt} / \text{nb d'heures travaillées}) \times 1\,000$	Il mesure le degré d'exposition des salariés aux risques, en neutralisant l'effet de l'évolution de la durée du travail et du nombre de salariés
Indice de fréquence	IF	$IF = (\text{nb d'accidents du travail avec arrêt} / \text{effectif salarié}) \times 1\,000$	Il indique le nombre d'accidents du travail pour 1000 salariés
Taux de gravité	TG	$TG = (\text{nb de jours perdus} / \text{nb d'heures travaillées}) \times 1\,000$	Les taux de gravité visent principalement à exprimer la gravité des accidents en fonction de la durée de l'arrêt de travail.

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

Indice de gravité	IG	IG = (somme des taux d'incapacité permanente/nb d'heures travaillées) x1000	Il exprime la gravité des accidents ayant donné lieu à l'attribution d'une incapacité permanente.
-------------------	----	---	---

7.2 Les causes des AT et MP

Le fait qu'un accident du travail survienne par le fait ou à l'occasion du travail est connu sous le nom d'accident du travail. Est également connu sous le nom d'accident de trajet ou d'accident de trajet, c'est-à-dire l'accident dont un travailleur est victime lors de son trajet au travail ou à son retour.

7.2.1 Facteur matériel

Le facteur matériel concerne les conditions dangereuses susceptibles d'évoluer au cours de travail.

Les causes d'accidents d'origine matérielle proviennent soit :

- * De la profession en général et du poste de travail en particulier.
- * De la nature et de la forme des matériaux mis en œuvre.
- * Des outils et machines utilisés : implantation.
- * De l'exécution du travail : difficultés particulières
- * Du lieu de travail : éclairage, conditions climatiques, etc.
- * Des conditions d'hygiène et sécurité : ventilation protection, etc.

7.2.2 Facteur humain

Par opposition aux conditions dangereuses techniquement et pratiquement décelables. Les actions dangereuses dans le travail sont imputables au facteur humain. Et nécessitent parfois l'intervention de psychologues avertis. Certaines actions dangereuses sont des réactions psychiques difficilement prévisibles. Car chaque être humain est un cas particulier qui réagit différemment selon les circonstances ou selon son humeur personnelle.

7.3 Le système algérien de prévention des risques professionnelles

L'Algérie a mis en place tout un dispositif de prévention basé sur un ensemble de moyens : Législatifs et réglementaires

Techniques : services d'hygiène et sécurité, services de médecine du travail. Institut de Prévention des risques professionnels.....

Des niveaux de concertation : commission d'hygiène et de sécurité, Conseil national d'hygiène, de sécurité et de médecine du travail.

Comité de participation

Des instruments (règlements intérieurs des organismes employeurs).

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

Les enjeux de la prévention des risques professionnels tendent

Protéger la santé et la sécurité des travailleurs

Créer un emploi de qualité o Adapter au mieux le travail à l'homme. Répondre aux obligations de la prévention.

Favoriser le dialogue social dans le cadre de la PRP

Contribuer à la performance de l'entreprise par l'existence d'une ressource humaine protégée

Contribuer à la performance de l'entreprise par l'existence d'une ressource

7.3.1 Organes de prévention

La Loi 88-07, avec ses articles 23-27, établit la structure de la prévention. L'organisation, les missions et les attributions des organes et structures chargés de la prévention sont définies par un ensemble de décrets d'application.

7.3.2 Acteurs de la prévention au niveau national

La Loi 88-07, avec ses articles 23-27, établit la structure de la prévention. L'organisation, les missions et les attributions des organes et structures chargés de la prévention sont définies par un ensemble de décrets d'application

7.4 Ministère de travail

Le Ministère chargé du Travail est chargé :

- De l'élaboration de la politique nationale de prévention des risques professionnels.
- De la préparation et de l'initiation de textes législatifs et réglementaires.
- De l'évaluation et du contrôle de l'exécution des programmes de prévention.

7.5 Direction des relations de travail (D.R.T)

La structure principale est responsable de la gestion, du suivi et de l'évaluation des programmes de prévention des risques professionnels, de l'animation des organismes de prévention et de l'élaboration des textes législatifs et réglementaires liés aux risques professionnels.

7.6 Direction générale de la sécurité sociale (DGSS)

Elle est chargée, entre autres, de définir les règles concernant les prix et les conditions de traitement des accidents du travail et des maladies professionnelles. Elle prend part à la création de la politique de prévention et aide la Caisse nationale des assurances sociales des travailleurs salariés au niveau national(CNAS).

7.6.1 Institut nationale de la prévention des risques professionnelles

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

Sous la tutelle du Ministère du travail, de l'emploi et de la sécurité sociale, l'Institut est un établissement public industriel ayant la personnalité morale et l'autonomie financière. Il favorise et améliore les normes d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.

7.6.2 L'inspection générale de travail (IGT)

Les missions de surveillance et de contrôle, ainsi que d'information et de conseil, pour tout ce qui concerne l'application des dispositions législatives et réglementaires relatives aux conditions de travail, à la santé et la sécurité en milieu de travail, sont principalement assurées par l'inspection du travail.

7.6.3 caisse nationale des assurances sociales des travailleurs salariés (CNAS)

Elle a pour mission en matière de prévention des risques professionnels de définir les mesures et les moyens à mettre en œuvre pour promouvoir la prévention des risques professionnels dans les entreprises

7.7 ergonomie et poste de travail dans un chantier des travaux d'irrigation et drainage

Les ambiances du poste de travail

7.7.1 Vibration

On distingue deux types d'exposition aux vibrations : vibrations transmises à l'ensemble du corps (conduite de véhicules tels que véhicules légers, poids lourds, chariots élévateurs, véhicules de chantier...) et vibrations transmises au système mains-bras (utilisation d'outils vibrants à main tels que marteau piqueur, ponceuse, visseuse, riveteuse...). Une exposition prolongée à des niveaux vibratoires élevés peut altérer la santé des salariés.

Les deux modes d'exposition ont des effets différents sur la santé :

Vibrations ensemble du corps : douleurs ou pathologies au niveau du dos (lombalgies, radiculalgie, sciatique)

Vibrations système mains-bras : douleurs ou pathologies au niveau des mains, des poignets, des coudes et des épaules (arthrose hyperostoses du coude, ostéonécrose du semi-lunaire (maladie de Kienböck), ostéonécrose du scaphoïde carpien (maladie de Köther), blanchiment et douleurs dans les doigts (phénomène de Raynaud)).

7.7.2 Eclairage

Les ambiances lumineuses sur un poste de travail peuvent présenter un inconfort pour le salarié celles-ci ne sont pas adaptées à l'activité de travail (niveau d'éclairage insuffisant ou trop important, présence de reflets ou de sources d'éblouissement...). Un éclairage inadapté peut entraîner une baisse de l'acuité visuelle.

Il peut également constituer une source de fatigue pour les salariés : fatigue oculaire en raison des efforts fournis pour discerner les détails, fatigue intellectuelle et fatigue physique générée par de mauvaises postures de travail.

7.7.3 Ambiances thermiques

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

Une ambiance de travail trop froide ou trop chaude sur un poste de travail peut présenter un inconfort pour le salarié voire une atteinte à sa santé si celle-ci n'est pas adaptée à son activité(physique) de travail.

Travailler dans une ambiance chaude (à proximité de fours ou d'équipements dégageant de la chaleur ; en extérieur en période caniculaire) peut provoquer chez le salarié : rougeurs, œdèmes, fièvres, céphalées, coups de soleils, troubles de la vigilance, diminution de la coordination sensori- motrice, crampes de chaleur, déshydratation, hyperthermie.

Travailler dans une ambiance froide (à proximité de chambres froides ou d'équipements dégageant du froid ; en extérieur en période de grands froids) peut provoquer chez le salarié : engelures et gelures (lésions cutanées plus ou moins douloureuses), frissons, engourdissements ou rhumes, augmentation du risque de survenue de troubles musculosquelettiques, hypothermie

7.8 prévention sur les chantiers de terrassement dans un chantier des travaux d'irrigation

7.8.1 Evaluation des risques : (cas d'une conduite d'assainissement)

Dans les fouilles de tranchées, même de faible profondeur, les risques d'éboulement peuvent provoquer l'effondrement de l'engin au bas du talus. En terrain très accidenté, les engins risquent de se renverser. Le danger de collision avec d'autres engins de chantier dans la même zone de travail est possible. Des obstacles cachés en creusant une tranchée, peuvent conduire à des catastrophes s'il s'agit de câbles électriques, de canalisations d'eau et surtout de gaz. Le contact direct avec une ligne électrique aérienne peut être dangereux. L'exposition quotidienne du conducteur aux vibrations transmises à l'ensemble du corps, le bruit permanent du moteur et des manœuvres de l'engin sont préjudiciables à sa santé, hors protection individuelle. Nombreuses contraintes posturales dues au travail sur sol accidenté. Le déplacement des engins sur chantier peut générer des risques de heurts avec les travailleurs à pied ou le public. Des blessures peuvent être occasionnées au cours du changement sur le porte-engins de l'équipement de travail, par les godets ou les lames ou par les câbles ou les sangles d'arrimage, par la manutention lourde de patins de calage, de pièces détachées... Traumatismes suite à une chute lors de la descente de l'engin. Projection de corps étrangers dans les yeux du fait d'un environnement particulièrement poussiéreux. Travail aux intempéries (chaleur, froid, vent, givre, pluie)

7.9 Protection collective

- Les interventions en cours de fonctionnement
- Les modes opératoires inappropriés et dangereux
- La mauvaise conception des machines
- L'insuffisance de formation des opérateurs
- Le manque de sensibilisation à la sécurité des entreprises utilisatrices

7.9.1 ergonomie de l'engin

- Sécurisation de l'accès et de la cabine : marchepied antidérapant et échelle complétée par des poignées ou des mains courantes
- Cabine insonorisée et climatisée

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

- Poste de conduite ergonomique avec siège adapté
- Entretien régulier de l'engin : les engins de terrassement doivent faire l'objet de vérifications annuelles consignées sur le registre de sécurité. D'accès
- Sécurité du chantier
- Entretien des pistes de circulation
- Signalisation temporaire et balisage du chantier
- Plan de circulation du chantier (engins, véhicules légers, piétons) : définition des zones d'évolution nécessaires à l'utilisation en sécurité de l'engin, règles de priorités, vitesses autorisées, limitation des charges
- Consignes de sécurité propres au chantier précisées aux conducteurs : cas particuliers des travaux réalisés à proximité d'une ligne électrique ou à proximité de réseaux enterrés : délimitation matérielle de la zone de sécurité par une signalisation appropriée ou l'installation de gabarits de protection
- Adéquation de l'engin à son usage

7.9.2 La formation du conducteur

Le Code du travail fait obligation de délivrer une autorisation de conduite au personnel pour tous les engins de chantier mobiles à conducteur porté : en effet, le chef d'établissement doit se conformer aux obligations en matière de contrôle de connaissances et savoir-faire du conducteur pour la conduite en sécurité.

L'activité de conducteur d'engins de chantier nécessite une formation spécifique pour chaque type de machine

7.10 La prévention individuelle

La conduite d'engins de chantier soumet les conducteurs à des vibrations qui, à la longue, peuvent provoquer des problèmes de dos. La récente réglementation impose de limiter l'exposition des travailleurs à ce type de vibrations. Des mesures de prévention peuvent permettre d'éviter des lombalgies qui sont reconnues comme maladies professionnelles. Afin de limiter leur apparition, de nombreuses mesures de prévention peuvent être mises en place : réduction des amplitudes vibratoires, choix du matériel et amélioration des conditions d'utilisation, port d'une ceinture de maintien lombaire.

- Le gilet de signalisation à haute visibilité. Il fait partie des équipements de protection individuelle. Il doit être porté si le personnel travaille à proximité de la circulation .
- Gants de manutention pour les opérations de changement.
- Casque de chantier de protection de la tête.
- Protection auditive.
- Chaussures ou bottes de sécurité.
- Lunettes de sécurité.

Chapitre VII Protection et sécurité des travailleurs

Conclusion

En conclusion, le chapitre sur la protection et sécurité des travailleurs souligne l'impératif de créer des environnements professionnels sûrs et sécurisés. En intégrant des protocoles de sécurité, des formations adéquates et des équipements appropriés, les entreprises peuvent non seulement respecter les normes réglementaires, mais aussi promouvoir le bien-être des employés. Une culture d'engagement envers la sécurité, combinée à une vigilance constante pour identifier et atténuer les risques potentiels, est essentielle pour garantir un milieu de travail où la santé et la sécurité des travailleurs demeurent des priorités inébranlables.

Conclusion générale

En résumé, cette étude a été en mesure d'examiner en détail les différentes facettes du dimensionnement d'un système de drainage, qui est essentiel pour une gestion efficace des eaux pluviales dans les zones urbaines et rurales. Nous avons effectué une analyse approfondie des méthodes de dimensionnement, des normes de conception et des outils de modélisation disponibles afin de déterminer les meilleures pratiques et suggestions pour concevoir des systèmes de drainage efficaces, durables et économiquement viables.

L'étude a souligné l'importance de prendre en compte plusieurs facteurs lors du processus de conception, tels que les caractéristiques hydrologiques du site, les types de sol, les conditions météorologiques et les exigences locales. Il a été démontré que l'utilisation de modèles hydrologiques avancés est un outil crucial pour évaluer les performances du système de drainage sous diverses conditions et permettre des ajustements précis.

De plus, notre étude a montré que les méthodes de gestion durable des eaux pluviales, telles que l'utilisation de techniques d'infiltration, de bassins de rétention et de toitures végétalisées, sont bénéfiques. Les méthodes écologiques peuvent non seulement améliorer la qualité de l'eau, mais également contribuer à la protection des ressources naturelles et à la capacité de résister aux changements climatiques.

En résumé, ce mémoire souligne l'importance d'une approche globale pour dimensionner les systèmes de drainage en incorporant des facteurs techniques, environnementaux et sociaux. Cette étude peut aider les ingénieurs, les urbanistes et les décideurs publics qui travaillent sur le développement urbain et rural à construire des communautés plus durables et résilientes pour faire face aux défis environnementaux actuels.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

1. **APD –MC-ZB (2004)**: Avant-Projet Détaillé de la zone B du périmètre Moyen Chélif..... 2-6
2. **BOULAIN, J. (1957)**: Étude des Sols des Plaines du Cheliff. Thèse de Doctorat, Université d'Alger 4
3. **ELMEDDAHI, 2009** : Contribution à l'étude hydrogéologique des réservoirs aquifères du bassin du moyen Cheliff 4
4. **KIRECHE (1977)**: Étude Géologique des Bassins Cheliff 4
5. **PERRODON, A. (1957)**: Étude Géologique des Bassins Néogènes Sublittoraux de l'Algérie Occidentale5
6. **MOKADAM.A, 2016** : Les réseaux hydrographique 5
7. **LECHAA Mohamed Tahar (2020)**: Dimensionnement d'un réseau de drainage d'un périmètre de 350ha à Oum Drou wilaya de Chlef.
8. **HETTAK Nesrine (2020)**: Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage Kramis (W.Mostaganem).

Les annexes

Température min

T2M MIN	moy	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept	octobre	nov	dec
1990	3,16	4,26	6,3	8,16	13,22	17,48	22,62	23,78	17,17	15,08	3,71	0,8	0,8
1991	-1,17	-0,27	6,91	6,83	10,96	19,78	17,31	23,61	19,53	9,98	3,8	-0,02	-1,17
1992	0,33	1,86	3,98	6,21	10,5	16,8	21,28	23,46	19,96	12,87	6,1	0,39	0,33
1993	0,76	1,34	2,3	8,37	12,42	21,17	22,31	22,75	14,87	12,86	5,47	3,29	0,76
1994	1,58	0,61	6,42	7,05	12,84	19,58	23,35	24,32	19,61	12,26	7,08	-0,76	-0,76
1995	-0,65	2,86	3,58	4,43	12,6	18,04	23,4	22,95	14,01	12,87	7,51	3,1	-0,65
1996	3,28	0,05	3,36	8,7	13,86	16,51	21,05	22,46	17,05	11,52	4,33	1,08	0,5
1997	1,28	3,33	4,99	7,64	12,07	20,99	23,67	22,9	18,31	9,94	5,23	2,3	1,28
1998	1,09	3,08	5,15	10,58	11,23	18,76	21,55	23,26	20,37	10,4	2,68	0,77	0,77
1999	0,78	-2,13	5,19	7,94	14,46	21,9	23,54	25,79	20,65	16,08	0,96	-0,2	-2,13
2000	-0,81	1,42	4,9	10,21	14,94	16,24	22,71	22,34	19,44	11,77	4,01	2,33	-0,81
2001	1,01	1,03	4,51	8,46	12,4	20,32	23,15	24,55	22,39	14,55	5,68	1,09	1,01
2002	-0,13	2,74	6,19	8,45	14,79	17,97	23,52	23,46	16,23	12,53	6,35	3,05	-0,13
2003	0,47	-1,68	3,3	6,93	15,8	20,15	25,26	23,11	18,75	13,05	5,6	-0,6	-0,6
2004	0,8	2,14	1,94	9,44	12,44	16,97	22,54	22,82	14,21	14,9	4,23	-1,39	-1,39
2005	-2,51	-1,27	0,91	5,01	13,73	19,8	25,37	22,07	18,2	14,76	3,05	1,73	-2,51
2006	-1,21	1,51	3,35	12,86	14,77	16,81	24,26	21,8	15,29	13,99	7,78	1,81	-1,21
2007	2,47	4,91	2,5	8,33	12,3	16,56	22,33	23,3	19,79	9,71	4,49	0,23	0,23
2008	1,14	2,25	1,84	7,22	15,34	18,66	24,35	23,77	19,51	11,76	3,99	0,06	0,06
2009	2,12	1,37	2,98	6,97	10,82	21,54	24,3	23,47	17,39	11,49	6,44	2,89	1,37
2010	0,87	0,76	5,23	11,52	13,75	19,19	24,18	25,27	18,11	8,48	5,26	0,6	-0,6
2011	2,56	1,84	2,94	8,62	13,19	18,41	24,55	23,05	19,62	11,71	7,17	0,87	0,87
2012	1,12	-1,99	3,21	7,32	13,87	21,69	22,73	22,48	18,7	11,62	3,93	2,41	-1,99
2013	1,71	0,9	4,32	7,87	13,95	17,54	22,05	22,71	18,86	14,69	3	2,58	0,9
2014	1,67	2,37	4,41	9,35	13,05	16,89	23,87	24,11	20,3	13,69	8,4	-0,05	-0,05
2015	-1,17	0,42	2,22	5,51	15,37	17,83	21,83	24,73	18,43	12,71	5,27	3,26	-1,17
2016	1,03	3,18	4,15	8,63	11,29	18,73	21,81	22,28	17,9	13,17	6,55	2,67	1,03
2017	-1,42	2,15	6,3	9,38	16,14	20,12	21,62	22,76	16,87	10,39	4,4	0,66	-1,42
2018	0,94	0,4	3,49	11,55	11,01	19,99	26,28	22,71	15,5	9,63	5,53	0,97	0,4
2019	-1,1	1,98	4,3	7,88	13,72	15,83	23,63	25,62	21,87	12,94	4,02	2,53	-1,1
2020	0,74	3,14	5,18	9,27	17,87	21,05	23,88	24,96	19,85	11,07	7,47	1,64	0,74
2021	1,07	1,55	5,58	9,93	16,68	23,01	25,87	26,87	23,41	13,44	3,98	1,24	1,07

Le vent

vent	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
WS2M	1990	3.41	02.07	2.7	03.04	3.55	03.04	03.03	03.09	2.62	2.38	2.61	2.33
WS2M	1991	2.12	2.77	2.91	3.46	3.55	3.91	2.83	2.67	2.61	2.88	2.53	2.16
WS2M	1992	02.09	2.35	3.47	3.25	3.32	3.68	3.84	2.6	2.37	2.78	2.23	2.37
WS2M	1993	2.12	2.79	2.7	3.29	3.66	3.35	3.72	2.95	3.24	2.56	2.88	2.2
WS2M	1994	2.93	2.82	3.98	3.41	2.86	3.55	2.74	2.67	2.91	2.8	2.2	2.17
WS2M	1995	2.91	2.45	3.18	3.4	3.51	3.52	3.12	2.89	2.84	3.14	2.5	2.53
WS2M	1996	2.73	3.31	2.42	3.47	3.49	3.73	3.59	2.84	03.02	2.45	2.19	2.59
WS2M	1997	2.13	2.11	2.69	3.22	3.25	3.27	3.27	2.97	3.19	2.34	2.91	2.9
WS2M	1998	2.34	2.47	2.54	03.06	3.35	3.73	3.47	3.0	3.21	03.06	2.45	2.23
WS2M	1999	2.72	2.68	2.69	03.03	3.17	2.84	03.04	2.97	3.14	2.98	2.67	2.55
WS2M	2000	1.94	2.32	2.4	3.61	03.08	2.95	3.22	3.19	3.26	3.14	2.14	2.59
WS2M	2001	2.48	2.56	2.95	3.15	3.36	3.48	3.47	2.87	3.56	2.73	2.67	2.74
WS2M	2002	2.2	2.3	2.77	3.32	3.63	3.12	3.6	3.1	03.09	2.8	2.79	2.2
WS2M	2003	3.38	03.05	2.84	3.38	3.23	3.36	2.81	3.18	2.99	2.55	2.29	3.17
WS2M	2004	2.66	2.62	3.33	03.04	4.0	3.63	3.16	2.9	2.95	2.72	2.62	2.72
WS2M	2005	2.44	2.88	3.67	3.41	3.16	3.13	2.82	3.12	3.31	2.62	2.38	2.33
WS2M	2006	2.3	2.66	2.7	3.2	3.36	3.64	3.2	03.05	03.02	2.34	2.2	2.56
WS2M	2007	1.87	2.9	3.62	3.46	3.2	3.59	3.3	3.3	3.3	3.25	2.37	2.55
WS2M	2008	2.3	2.27	3.19	3.74	3.55	04.06	2.85	2.7	3.2	03.06	2.86	2.5
WS2M	2009	03.08	2.97	3.15	03.01	3.51	3.34	2.78	3.45	3.14	2.34	2.33	3.18
WS2M	2010	2.86	3.23	3.15	3.55	3.62	3.9	2.96	2.87	2.84	2.86	3.12	2.77
WS2M	2011	2.23	2.98	3.27	3.21	3.34	3.75	3.32	03.06	2.98	2.63	2.78	2.28
WS2M	2012	3.13	2.93	2.49	3.42	3.3	03.09	2.92	3.13	2.77	2.7	2.62	2.22
WS2M	2013	2.98	3.39	3.35	3.73	3.1	3.88	3.23	03.06	3.33	2.27	2.7	2.37
WS2M	2014	2.48	2.73	3.35	2.91	3.27	3.34	3.33	2.7	3.11	2.71	2.82	2.58
WS2M	2015	2.77	3.48	2.84	03.05	3.32	3.72	3.45	3.2	2.47	2.68	2.68	1.77
WS2M	2016	2.64	2.85	3.37	3.43	3.49	3.48	3.2	3.26	2.98	2.83	2.41	2.56
WS2M	2017	2.75	2.88	03.09	3.78	3.91	3.58	3.31	3.11	3.22	2.27	2.62	2.65
WS2M	2018	2.72	2.67	3.53	3.76	3.62	3.22	2.95	2.86	03.04	2.74	2.62	02.05
WS2M	2019	2.8	2.98	3.14	3.21	3.37	3.52	03.09	2.8	2.96	2.38	2.88	2.69
WS2M	2020	1.9	02.07	3.44	3.25	3.43	3.24	03.05	2.94	2.85	2.86	2.33	03.07
WS2M	2021	2.64	3.23	3.21	3.73	3.23	04.02	03.02	2.93	2.99	2.78	2.48	2,27

Humidité

Humidité	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
RHQM	1960	71.38	59.38	54.38	42.75	39.28	23.19	20.69	22.20	22.06	30.38	51.06	60.07
RHQM	1961	63.98	51.38	48.44	35.25	29.81	27.5	18.81	22.12	30.38	42.88	46.72	65.25
RHQM	1962	67.5	50.62	50.19	37.86	30.75	25.98	25.12	21.12	22.42	29.75	52.0	58.12
RHQM	1963	66.0	59.99	67.12	39.25	34.88	23.12	22.48	22.44	28.5	28.21	36.9	50.5
RHQM	1964	61.19	41.15	46.81	32.94	19.81	19.25	22.94	18.09	29.98	20.81	28.75	40.88
RHQM	1965	57.19	44.62	41.31	31.88	22.0	20.31	19.81	21.81	25.88	47.82	43.88	49.61
RHQM	1966	67.81	55.12	69.12	35.41	28.88	20.0	22.69	18.5	30.44	34.98	46.49	51.12
RHQM	1967	58.19	49.0	48.38	35.88	25.88	17.5	16.38	23.31	28.8	41.25	48.31	57.81
RHQM	1968	60.23	50.95	34.12	28.23	29.82	21.88	17.58	21.94	31.28	42.5	45.49	61.98
RHQM	1969	68.98	58.81	47.19	28.75	25.75	49.88	18.75	15.81	28.0	32.94	48.25	57.94
RHQM	1970	65.25	54.88	37.81	25.88	49.62	28.19	16.25	20.28	27.62	45.25	56.28	58.82
RHQM	1971	51.44	44.62	29.88	31.75	25.69	17.81	15.31	19.44	29.16	29.25	44.0	50.16
RHQM	1972	61.75	42.0	37.56	26.98	22.25	18.31	19.69	22.44	28.81	31.44	49.88	58.97
RHQM	1973	60.9	51.9	41.56	35.81	28.12	22.31	15.69	21.12	31.28	39.25	51.31	49.81
RHQM	1974	64.58	57.36	48.23	38.5	33.19	34.5	18.94	23.5	30.25	31.82	65.38	70.12
RHQM	1975	65.12	56.19	42.5	30.62	24.12	28.84	17.44	22.19	25.98	44.91	47.28	68.25
RHQM	1976	69.75	59.69	43.88	32.19	29.62	47.25	20.19	21.81	32.82	35.81	47.5	65.12
RHQM	1977	61.69	50.42	37.84	41.88	32.81	19.38	25.12	20.82	28.5	29.44	42.62	64.25
RHQM	1978	62.12	48.44	34.81	23.44	27.19	29.0	17.99	20.20	27.94	46.9	39.23	44.94
RHQM	1979	70.75	68.49	61.84	45.12	28.62	24.06	17.88	20.0	42.31	28.81	40.12	47.82
RHQM	1980	63.81	41.56	38.94	48.94	25.88	22.88	18.81	20.44	28.5	26.5	44.81	44.88
RHQM	1981	51.26	49.69	51.88	40.25	20.9	28.19	19.44	21.28	29.0	48.28	48.88	46.31
RHQM	1982	58.88	62.42	44.38	38.19	26.69	20.0	16.31	19.25	28.88	36.69	48.81	54.44
RHQM	1983	55.5	29.88	39.67	37.94	31.62	21.56	19.88	22.25	22.81	26.87	47.25	38.88
RHQM	1984	61.75	52.99	64.25	27.81	28.98	23.88	18.86	19.62	24.64	29.69	43.69	61.86
RHQM	1985	67.88	37.0	49.61	51.88	32.88	23.88	21.0	19.88	31.81	39.0	52.82	57.81
RHQM	1986	48.86	40.38	21.0	38.18	26.0	21.25	20.56	24.62	32.88	45.81	50.56	67.25
RHQM	1987	58.19	45.31	37.12	37.88	27.75	28.88	19.0	18.62	35.82	52.5	54.81	66.31
RHQM	1988	57.44	55.66	37.25	37.88	32.0	33.25	13.88	30.68	27.88	40.56	48.0	56.0
RHQM	1989	55.62	46.88	41.69	38.81	28.44	18.5	16.38	20.9	27.68	38.38	43.88	62.16
RHQM	1990	61.3	41.88	37.82	38.81	24.23	21.88	15.91	29.38	28.0	38.19	48.38	54.31
RHQM	2021	47.18	38.5	25.86	28.69	39.0	49.82	15.18	14.19	20.20	27.38	46.0	64.69

Insolation

#NAME?	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	dec
1990 2.12	0.0	0.06	0.21	0.42	0.0	0.0	0.02	0.01	0.0	0.09	0.26	0.26
1991 0.01	0.04	0.12	0.07	0.13	0.06	0.0	0.01	0.12	0.15	0.12	0.06	0.06
1992 0.28	0.0	0.2	0.15	0.22	0.07	0.02	0.0	0.0	0.01	0.22	0.28	0.28
1993 0.01	0.46	0.03	0.01	0.02	0.0	0.07	0.01	0.02	0.09	0.25	0.25	0.25
1994 0.00	0.42	0.46	0.07	0.05	0.1	0.07	0.0	0.22	0.22	0.09	0.1	0.1
1995 0.07	0.0	0.38	0.05	0.0	0.01	0.0	0.01	0.32	0.08	0.16	0.21	0.21
1996 0.02	0.34	0.2	0.03	0.01	0.0	0.07	0.0	0.02	0.0	0.0	0.0	0.02
1997 0.08	0.04	0.1	0.12	0.22	0.01	0.01	0.04	0.26	0.26	0.12	0.27	0.27
1998 0.00	0.05	0.11	0.09	0.23	0.14	0.0	0.0	0.43	0.25	0.12	0.04	0.04
1999 1.25	0.14	0.03	0.11	0.25	0.01	0.02	0.0	0.01	0.02	0.22	0.25	0.25
2000 0.0	0.8	0.02	0.1	2.47	0.07	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.84	0.84
2001 0.11	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0	0.0	0.01	0.01	0.02	0.02	0.29	0.29
2002 0.1	0.02	0.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2003 1.17	0.13	0.06	0.02	0.01	0.0	0.0	0.0	0.01	0.24	0.12	0.21	0.21
2004 1.15	0.03	0.44	0.57	0.01	0.04	0.0	0.07	0.04	0.24	1.07	0.22	0.22
2005 0.01	0.03	0.1	0.0	0.0	0.05	0.13	0.25	0.23	0.01	0.05	0.12	0.12
2006 1.23	0.01	0.0	0.14	0.24	0.0	0.02	0.11	0.24	0.44	0.03	0.11	0.11
2007 0.0	0.02	0.1	1.21	0.01	0.0	0.0	0.0	0.04	0.04	0.01	0.24	0.24
2008 0.22	0.01	0.02	0.0	0.08	0.0	0.0	0.0	0.15	1.18	0.11	0.15	0.15
2009 2.65	0.01	0.21	0.12	0.29	0.02	0.0	0.0	0.68	0.01	0.0	0.03	0.03
2010 0.47	0.03	0.02	0.07	0.05	0.08	0.06	0.21	0.02	0.2	0.08	0.0	0.0
2011 0.01	0.24	1.75	0.2	0.08	0.07	0.0	0.0	0.1	0.27	0.0	0.02	0.02
2012 0.88	0.11	0.09	0.92	0.01	0.01	0.0	0.04	0.4	0.23	0.04	0.0	0.0
2013 0.25	0.01	0.02	1.58	0.01	0.01	0.0	0.05	0.03	0.02	0.17	1.24	1.24
2014 0.08	0.01	0.05	0.0	0.03	0.09	0.0	0.0	0.01	0.02	0.27	0.27	0.27
2015 0.40	0.04	0.43	0.07	0.0	0.06	0.0	0.01	0.11	0.05	0.07	0.0	0.0
2016 0.0	0.02	0.08	0.29	0.12	0.0	0.07	0.0	1.14	0.02	0.04	0.16	0.16
2017 0.05	0.01	0.06	0.22	0.02	0.01	0.07	0.0	0.51	1.01	0.01	0.24	0.24
2018 0.01	0.48	0.0	0.04	0.07	0.0	0.07	0.02	0.12	0.14	0.14	0.0	0.0
2019 0.02	0.04	0.21	0.05	0.23	0.07	0.07	0.04	0.05	0.13	0.03	0.0	0.0
2020 0.03	0.0	0.08	0.45	0.04	0.07	0.01	0.0	0.08	0.0	0.02	0.0	0.0
2021 0.0	0.0	0.0	0.01	0.21	0.02	0.07	0.0	0.09	0.01	1.16	0.0	0.0