

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR  
HYDRAULICS

"The MujahidAbdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرابوي"

1975

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option :** Irrigation et drainage

**THEME :**

**Dimensionnement d'un réseau de drainage de la  
palmeraie de Rouissat-BeniThour (600ha), wilaya de  
Ouargla**

**Présenté par :**

**Belabas Mohamed Chaouki**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
KAHLERRAS Djillali	MCA	Président
BENKACI Ali Tarek	MCB	Examineur
BENLATRECH Tarek	MCA	Examineur
BOUZIANE Omar	MAA	Examineur
AZIEZ Ouahiba	MCB	Promoteur

**Session Octobre 2023**

## Table des matières

Liste des figures : .....	4
Liste des tableaux : .....	5
Introduction.....	9
<b>CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude : .....</b>	<b>11</b>
<b>I.1. Situation géographique : .....</b>	<b>11</b>
I.1.1. Présentation du périmètre d'étude : .....	12
<b>I.2. Climatologie de la région : .....</b>	<b>13</b>
I.2.1. L'humidité relative : .....	13
I.2.2. L'insolation : .....	14
I.2.3. Le vent : .....	14
I.2.4. L'évaporation : .....	15
I.2.5. Température : .....	16
I.2.6. Pluviométrie : .....	18
I.2.7. Classification du climat : .....	19
<b>Conclusion : .....</b>	<b>22</b>
<b>I.3. Géologie et Hydrogéologie : .....</b>	<b>23</b>
I.3.1. Géologie de la région : .....	23
I.3.1.1. Le secondaire : .....	23
<b>I.4. Géomorphologie : .....</b>	<b>25</b>
<b>I.5. Topographie : .....</b>	<b>26</b>
<b>I.6. Hydrogéologie : .....</b>	<b>27</b>
I.6.1. Nappe du complexe terminal : .....	27
I.6.2. Nappe du continental intercalaire : .....	27
I.6.3. Nappe phréatique : .....	29
<b>Conclusion : .....</b>	<b>31</b>
<b>CHAPITRE II : RESSOURCE EN EAU ET EN SOL .....</b>	<b>33</b>
<b>II.1. Qualité des eaux : .....</b>	<b>33</b>
II.1.1. Classification de l'eau d'irrigation : .....	34
II.1.2. L'analyse de l'eau d'irrigation : .....	38
<b>II.2. Ressource en sol : .....</b>	<b>40</b>
II.2.1 Les sols de Sahara : .....	40
II.2.2. Caractéristiques physico-chimique des sols: .....	41
II.2.3. Classification des sols : .....	42

II.2.4. Les résultats d'analyse physico-chimique du sol de la palmeraie : .....	43
II.2.5. Analyse granulométrique : .....	44
Conclusion .....	45
<b>CHAPITRE III : Analyse hydro-agricole Et problématique.....</b>	<b>47</b>
Introduction : .....	47
III.1 organisation administrative : .....	47
III.2 Répartition des sols selon la nature : .....	47
III.3 Population : .....	48
Tableau 16 Population de la cuvette d'Ouargla (ABHS-2021) .....	48
III.4. Aménagements hydrauliques et captages : .....	49
III.4.1 Les réseaux hydraulique existants : .....	49
III.4.2 Système de drains : .....	49
III.4.3. Système d'irrigation de la palmeraie : .....	50
III.4.4. Prélèvement d'eau (Captage) : .....	50
III.5. Agriculture : .....	50
III.6. Production agricole des palmiers et leur superficie : .....	51
III.7. DESCRIPTION GÉNÉRALE DES PROBLÈMES : .....	53
III.8. Facteurs contribuant à la remontée de la nappe phréatique : .....	55
Conclusion : .....	56
<b>CHAPITRE IV : CALCUL DES BESOINS HYDRAULIQUES .....</b>	<b>58</b>
IV.1 INFLUENCE DES IRRIGATIONS : .....	58
IV.1.1. Besoin en eau pour la culture des palmiers : .....	58
IV.1.2. Évaluation des prélèvements : .....	58
IV.2.3. L'impact de l'oasis : .....	62
IV.2.5. Calcul de la précipitation efficace : .....	63
IV.2.6. Besoin en eau des palmiers dattiers : .....	64
IV.2.7 Programme d'irrigation de la palmeraie et gestion des pertes hydriques : .....	66
IV.2.7.1 Calcul du débit excédentaire : .....	66
IV.3. Lessivage des sols : .....	67
IV.3.1. Rôle du lessivage : .....	67
IV.3.2. Calcul du lessivage d'entretien : .....	67
IV.3.3. Lessivage initial : .....	68
IV.3.4 Calcul de la dose de lessivage DL : .....	69

<b>CHAPITRE V : PROJECTION DU RESEAU DE DRAINAGE</b> .....	<b>72</b>
<b>Introduction</b> : .....	<b>72</b>
<b>V.1. Drainage par fosses à Ciel Ouvert</b> : .....	<b>72</b>
<b>V.2. Profondeur des drains</b> : .....	<b>74</b>
<b>V.2.1. Niveau de rabattement de la nappe</b> : .....	<b>74</b>
<b>V.2.2. Niveau d'eau (h)</b> : .....	<b>75</b>
<b>V.3. Calcul de L'écartement théorique</b> : .....	<b>75</b>
<b>V.4. Largeur du fond (b) du fossé</b> : .....	<b>76</b>
<b>V.5. Pente des talus m</b> : .....	<b>76</b>
<b>V.5.1. Pente des fossés</b> : .....	<b>76</b>
<b>V.6. Calcul hydraulique</b> : .....	<b>77</b>
<b>V.7. Les interventions prévues sur le système de drainage</b> : .....	<b>78</b>
<b>V.8. Les longueurs des drains de la parcelle</b> : .....	<b>79</b>
<b>V.9. Estimation de débits de drainage</b> : .....	<b>79</b>
<b>V.10. Profils en long du collecteur</b> : .....	<b>80</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>80</b>
<b>CHAPITRES VI : Gestion, entretien et exploitation du réseau</b> .....	<b>82</b>
<b>Introduction</b> : .....	<b>82</b>
<b>VI.1. Acquisition des informations sur le réseau</b> : .....	<b>82</b>
<b>VI.1.1 Suivi du réseau de drainage</b> : .....	<b>82</b>
<b>VI.2 Maintenance et exploitation du réseau</b> : .....	<b>84</b>
<b>VI.3 Techniques d'exploitation du réseau</b> : .....	<b>84</b>
<b>VI.3.1 Curage mécanique des regards visitables</b> : .....	<b>84</b>
<b>VI.3.2 Curage des regards non visitables</b> : .....	<b>85</b>
<b>VI.4 Réhabilitation du réseau</b> : .....	<b>86</b>
<b>VI.4.1 Fraisage des obstacles</b> : .....	<b>86</b>
<b>VI.4.2 Injection de produits colmatants</b> : .....	<b>86</b>
<b>VI.4.3 Tubage intérieur</b> : .....	<b>86</b>
<b>VI.4.4 Gainage extérieur</b> : .....	<b>86</b>
<b>VI.5. Calcul technico-économique</b> : .....	<b>87</b>
<b>VI.5.4. Calcul du volume de déblai</b> : .....	<b>88</b>
<b>VI.5.5. Estimation de cout total de projet</b> .....	<b>89</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>91</b>

<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>92</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>93</b>
<b>Annexe</b> .....	<b>94</b>

### Liste des figures :

<b>Figure 1</b> Carte de situation géographique de W.Ouargla .....	12
<b>Figure 2</b> Carte satellitaire du périmètre.....	12
<b>Figure 3</b> Variation de l'humidité relative .....	13
<b>Figure 4</b> Diagramme de l'Insolation moyenne mensuelle.....	14
<b>Figure 5</b> Diagramme de la vitesse du vent .....	15
<b>Figure 6</b> L'évaporation dans la région d'Ouargla.....	16
<b>Figure 7</b> Température mensuelle dans la région d'Ouargla.....	17
<b>Figure 8</b> Pluviométrie dans la région d'Ouargla .....	18
<b>Figure 9</b> Position de Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE .....	20
<b>Figure 10</b> Climogramme de Gaussen.....	21
<b>Figure 11</b> Carte géologique de l'Algérie de la zone saharienne .....	24
<b>Figure 12</b> Carte géologique locale .....	25
<b>Figure 13</b> Carte topographique de la cuvette de Ouargla .....	26
<b>Figure 14</b> Carte des ressources en eaux souterraines .....	28
<b>Figure 15</b> Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002.....	30
<b>Figure 16</b> Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	36
<b>Figure 17</b> Courbe d'analyse granulométrique du sable de la palmeraie .....	44
<b>Figure 18</b> Répartition des sols selon la nature.....	48
<b>Figure 19</b> Population de la cuvette d'Ouargla.....	49
<b>Figure 20</b> La superficie des palmerais des diverses zones dans la région de Ouargla .....	52
<b>Figure 21</b> La production des diverses zones dans la cuvette de Ouargla .....	52
<b>Figure 22</b> le problème de la salinité et l'excès d'eau .....	53
<b>Figure 23</b> Décharges et rejets anarchiques des déchets d'urbanisme dans des palmeraies .....	54
<b>Figure 24</b> Stagnation des eaux dans les palmeraies .....	54
<b>Figure 25</b> Photo de logiciel de calcul .....	61
<b>Figure 26</b> Schéma du principe drainage par fossé.....	73
<b>Figure 27</b> drainage par fossé Ouargla .....	73
<b>Figure 28</b> Schéma explicatif de système de drainage à faire .....	74
<b>Figure 29</b> les paramètres intéressants pour calculer l'écartement .....	75
<b>Figure 30</b> Section transversale trapézoïdale du drain.....	78
<b>Figure 31</b> Schéma de la projection de réseau drainage par fossé.....	78

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1</b> Humidité relative moyenne mensuelle .....	13
<b>Tableau 2</b> Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois .....	14
<b>Tableau 3</b> Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station d'Ouargla.....	14
<b>Tableau 4</b> Evaporation dans la région d'Ouargla .....	15
<b>Tableau 5</b> Température dans la région d'Ouargla .....	16
<b>Tableau 6</b> Pluviométrie dans la région d'Ouargla.....	18
<b>Tableau 7</b> Classification de climat selon MARTON.....	19
<b>Tableau 8</b> Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND,1958).....	37
<b>Tableau 9</b> Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T. ....	38
<b>Tableau 10</b> Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe CI.....	39
<b>Tableau 11</b> Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique .....	39
<b>Tableau 12</b> Classification des sols salsodiques selon Servant .....	42
<b>Tableau 13</b> Les résultats d'analyse physique du sol.....	43
<b>Tableau 14</b> Les résultats d'analyse chimique du sol .....	43
<b>Tableau 15</b> Répartition des sols selon la nature .....	47
<b>Tableau 16</b> Population de la cuvette d'Ouargla (ABHS-2021).....	48
<b>Tableau 17</b> Inventaire des réseaux hydrauliques existantes .....	49
<b>Tableau 18</b> La production des diverses zones dans la région de Ouargla .....	51
<b>Tableau 19</b> Valeurs du coefficient (Kc) pour le palmier dattier (DOORENBOS et PRUITT, 1977).....	60
<b>Tableau 20</b> L'évapotranspiration de référence ET0 .....	62
<b>Tableau 21</b> Pluies totale mensuelles moyennes .....	63
<b>Tableau 22</b> Pluies totale mensuelles moyennes .....	63
<b>Tableau 23</b> Estimation des besoins en eau des palmiers dattiers à Ouargla .....	64
<b>Tableau 24</b> langueurs des drains .....	79
<b>Tableau 25</b> les débits de drainage .....	79
<b>Tableau 26</b> Calcul du volume de déblai .....	88
<b>Tableau 27</b> Évaluation du coût de l'excavation.....	88

## *Remerciement*

Je tiens tout d'abord à vous exprimer ma profonde gratitude pour avoir pris le temps de lire et d'évaluer mon mémoire de fin d'études. Ce mémoire représente non seulement la culmination de mes années d'études, mais aussi un travail acharné, de la recherche intensive et des heures de réflexion. Votre soutien et vos conseils ont été essentiels pour m'aider à affiner mon travail et à le rendre aussi solide que possible.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers mon école **ENSH**, un lieu qui a été le creuset de mon éducation et de ma formation. C'est grâce à l'environnement d'apprentissage exceptionnel que vous avez créé que j'ai pu atteindre tout ça. De plus, je tiens à exprimer mes gratitude au directeur de l'école **Mr. HEBBOUCHE.A**, Votre rôle en tant que directeur de l'école a été d'une importance cruciale pour moi tout au long de mon parcours académique. Votre soutien à l'éducation et à la réussite des élèves est véritablement louable, et cela se reflète dans les enseignants exceptionnels que vous avez choisis pour notre école. Je tiens également à exprimer ma gratitude envers ces enseignants dévoués, qui ont contribué à ma formation académique de manière significative.

À mon encadrante, ma chère enseignante **Mme. AZIEZ**, je veux vous remercier pour votre dévouement et votre engagement à l'égard de l'éducation. Vos enseignements m'ont inspiré et m'ont permis de grandir en tant qu'apprenant. Votre influence restera avec moi tout au long de ma vie.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers **Mr. Touil.Y**, pour son exceptionnelle assistance dans le choix du sujet de mon mémoire de fin d'études, ainsi que pour son accueil lors de ma visite dans le cadre de l'étude de ma région d'étude, la Wilaya de Ouargla.

Je tiens également à profiter de cette occasion pour remercier ma famille, particulièrement ma mère et mon père. **Maman**, tes conseils avisés et ta patience infinie ont été des atouts inestimables pour moi. Ton amour et ton soutien inconditionnel m'ont donné la force de persévérer dans les moments difficiles et de viser toujours plus haut. **Papa**, ta sagesse et ton exemple m'ont inspiré à devenir la personne que je suis aujourd'hui. Ta détermination et ton dévouement au travail m'ont montré la voie de l'excellence, et je suis fier(e) de suivre tes pas. À vous tous, merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait. Votre contribution a été précieuse pour moi, et je suis profondément reconnaissant(e) de vous avoir comme mentor et d'avoir ma mère à mes côtés.

*Alhamdulillah*

## *Dédicace*

À ma famille, ma source de force et d'amour,

À mes parents, pour leur soutien inébranlable, leurs sacrifices inestimables et leur amour inconditionnel. Votre confiance en moi a été ma boussole tout au long de ce parcours académique.

À mes amis, pour les moments de détente qui ont équilibré les heures d'étude acharnée. Votre amitié a été une bouée de sauvetage dans les moments de doute.

À mes enseignants et mentors, pour leur guidance, leurs enseignements précieux et leur dévouement à mon apprentissage.

À tous ceux qui ont joué un rôle dans mon éducation, je vous dédie ce mémoire en reconnaissance de votre impact dans ma vie. C'est grâce à vous que j'ai atteint ce jalon important, et je porterai vos leçons avec moi dans toutes mes futures étapes de vie.

## ملخص

تركز هذه المذكرة على معالجة مشكلة ارتفاع مستويات الملوحة وزيادة تركيزها في نخيل رويسات بني ثور، وهي منطقة صحراوية تعاني من الجفاف الشديد. ويهدف هذا المشروع على تنفيذ نظام تصريف فعال سيتمكن من ازالة الفائض من المياه التربة، مما سيسهم في تعزيز التنمية الزراعية على مساحة 600 هكتار من الأراضي. تركّز هذه الدراسة على تحسين إدارة الموارد المائية، وتقليل ملوحة التربة، واستعادة زراعة الأراضي المتدرجة، التي تم التخلي عنها بسبب مشكلات عدم التوازن في محتوى الملح، كل ذلك بالمساهمة في التنمية المستدامة للمنطقة

## Résumé

Ce mémoire de fin d'études se concentre sur la résolution des problèmes liés à l'accumulation de sels et à l'augmentation de leur concentration dans la palmeraie de Rouissat Benithour, une région aride du Sahara. En établissant un système de drainage efficace, ce projet vise à éliminer l'excès d'eau des sols, ce qui favorisera le développement agricole sur 600 hectares de terres. Il s'agit d'une initiative visant à améliorer la gestion des ressources hydriques, à réduire la salinité des sols, à restaurer la pratique de la culture en étages, qui avait été abandonnée en raison de problèmes de salinité, tout en contribuant au développement durable de la région.

## Summary

This final thesis focuses on addressing issues related to salt accumulation and the increasing concentration of salts in the palm groves of Rouissat and Benithour, an arid region in the Sahara Desert. By establishing an efficient drainage system, this project aims to remove excess water from the soil, thus promoting agricultural development on 600 hectares of land. It is an initiative aimed at improving water resource management, reducing soil salinity, and reinstating terraced farming practices, which were abandoned due to salinity issues, all while contributing to the sustainable development of the region.

## Introduction

L'irrigation est une pratique essentielle pour assurer la croissance et la santé des cultures, y compris pour la culture des palmiers. Cependant, l'utilisation excessive d'eau peut entraîner des problèmes tels que l'accumulation d'eau dans le sol, la saturation, la salinisation et l'engorgement racinaire, ce qui peut nuire à la santé des palmiers et réduire leur rendement. Par conséquent, il est crucial de mettre en place un système de drainage adéquat pour éliminer l'excès d'eau d'irrigation et préserver la productivité des palmiers.

Ce mémoire se concentre sur l'étude et la conception d'un système de drainage efficace pour évacuer l'excès d'eau d'irrigation et les sels dans les plantations de palmiers. L'objectif principal est de proposer des solutions appropriées pour gérer les sels et les eaux d'irrigation excédentaires, en prenant en compte les spécificités du sol, du climat et des pratiques d'irrigation propres à la culture des palmiers.

La méthodologie utilisée dans cette étude comprendra plusieurs étapes clés. Tout d'abord, une évaluation approfondie des conditions du site sera réalisée, en analysant les caractéristiques du sol, telles que la texture, la perméabilité et la capacité de rétention d'eau. Cette analyse permettra de déterminer les besoins de drainage spécifiques aux plantations de palmiers.

Ensuite, différentes techniques de drainage seront explorées et évaluées en fonction des conditions locales. Cela peut inclure l'utilisation de systèmes de drainage souterrains tels que des drains perforés ou des tuyaux de drainage, ainsi que des techniques de drainage en surface telles que des canaux d'évacuation ou des fossés. Les avantages et les inconvénients de chaque technique seront pris en compte pour déterminer la plus appropriée pour les plantations de palmiers.

Une fois la technique de drainage sélectionnée, le dimensionnement du système sera effectué en utilisant des modèles hydrauliques pour évaluer les débits d'eau à évacuer, la capacité de drainage requise et les itinéraires de drainage optimaux. Cela permettra de concevoir un réseau de drainage efficace pour éliminer l'excès d'eau d'irrigation des palmiers.

Enfin, des considérations économiques, environnementales et de durabilité seront prises en compte pour évaluer la viabilité du système de drainage proposé. Cela inclura une analyse des coûts d'installation, de maintenance et d'exploitation, ainsi que des impacts environnementaux potentiels et des avantages à long terme pour la santé des palmiers et la productivité de la plantation.

En conclusion, ce mémoire vise à fournir des recommandations pratiques pour le drainage de l'excès d'eau d'irrigation dans les plantations de palmiers. En optimisant la gestion de l'eau, il est possible d'améliorer la santé des palmiers, d'augmenter les rendements et de minimiser les effets néfastes de l'excès d'eau sur l'environnement. Une approche adaptée au contexte local garantira une utilisation efficace des ressources hydriques et contribuera à la durabilité de l'irrigation des palmiers.

**CHAPITRE I**  
**Présentation de la zone d'étude**

## CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude :

### I.1. Situation géographique :

La région de 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 Oulad Djallal et El M'Ghair, et au nord-est, la wilaya d'El Oued et Touggourt.
- Au sud-est, la wilaya d'Illizi et, et au sud-ouest, la wilaya de In Salah.
- À l'ouest, la wilaya de Ghardaïa et EL Meniaa.

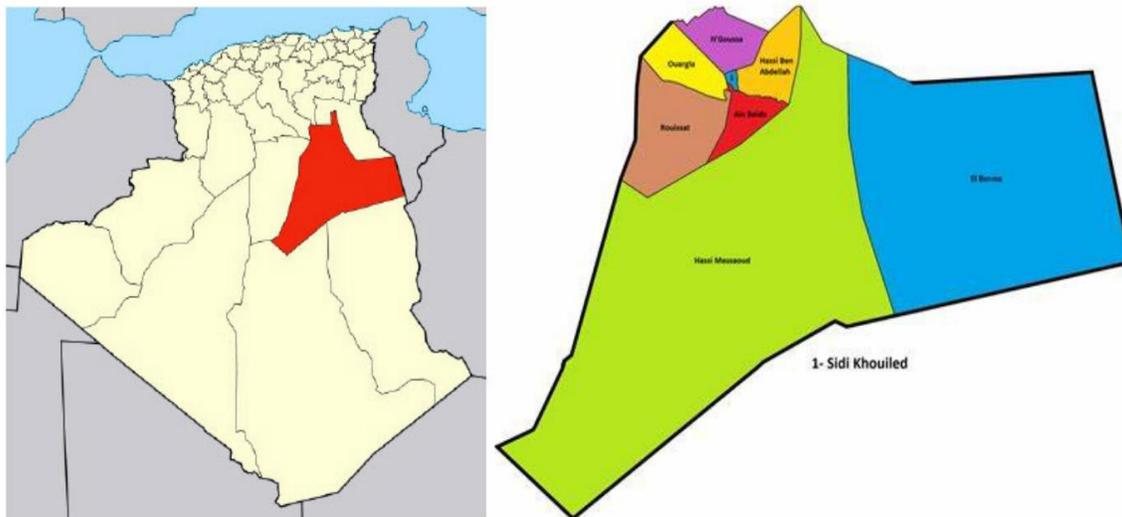
Les coordonnées géographiques de la région sont les suivantes :

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

Le chef-lieu de la ville de Ouargla, est située au sud de la wilaya de 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, Rouissat, 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 de Ouargla.

Sur le plan topographique, la wilaya de 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** Carte de situation géographique de W.Ouargla (1/25000)

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

### I.1.1. Présentation du périmètre d'étude :

Le périmètre d'étude dans la région de Rouissat Benithor, dans la wilaya de Ouargla, couvre une superficie de 600 hectares. Ce périmètre est principalement axé sur l'étude et l'aménagement du réseau de drainage.



**Figure 2** Carte satellitaire du périmètre (Source : google Earth, 2023 le 25/03/2023 à 15 :00, 1/25000)

## I.2. Climatologie de la région :

La climatologie de la région, consiste à analyser l'ensemble des facteurs climatique tel que la température, l'humidité, le vent, l'insolation la précipitation ...etc. Nous avons complété les données existantes par des données récentes téléchargées à partir du site de la NASA (de 1990-2021) (*la Nasa*<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)

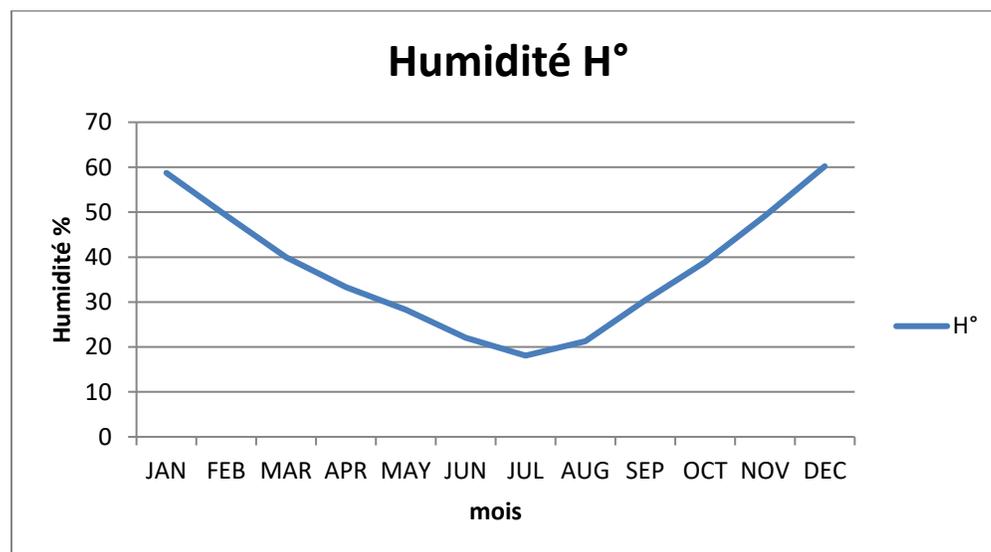
### I.2.1. L'humidité relative :

L'humidité est un facteur climatique qui mesure la quantité d'eau présente dans l'atmosphère. Le tableau montre la moyenne mensuelle de l'humidité relative de la région

**Tableau 1** Humidité relative moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HR%	58.73	49.25	40	33.34	28.3	22.03	18.08	21.27	30.39	38.89	49.17	60.2

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



**Figure 3** Variation de l'humidité relative

D'après la **figure 3**, nous avons une humidité maximale 60.2% en décembre. Celle-ci diminue jusqu'à 18.08% en mois de juillet ce qui provoque une intense évapotranspiration, signe de sécheresse accentuée.

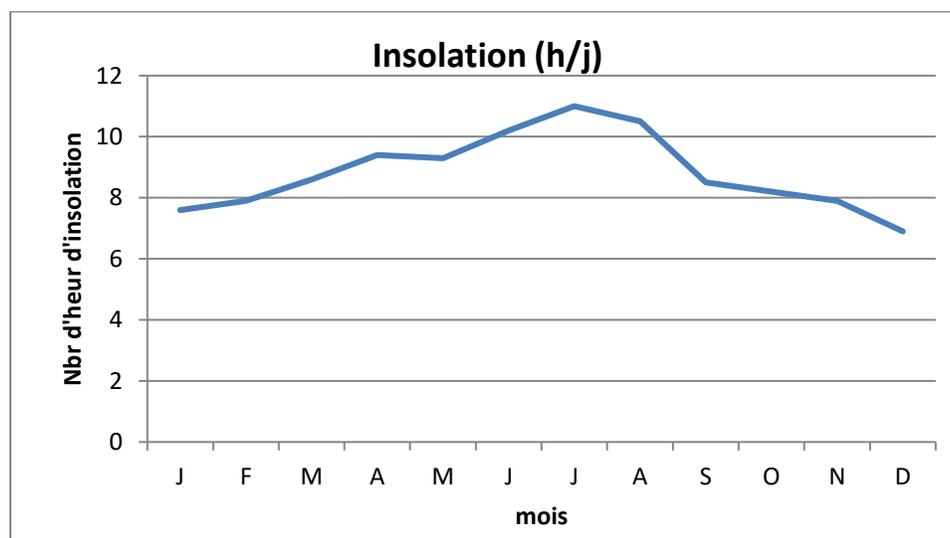
### I.2.2. L'insolation :

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** Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
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 4** Diagramme de l'Insolation moyenne mensuelle

D'après la figure, l'insolation journalière est forte durant toute l'année (>7 h/j). Elle est de 6.9 h- 7.9 h pendant les mois froids et importants durant les mois chauds 11 h.

### I.2.3. Le vent :

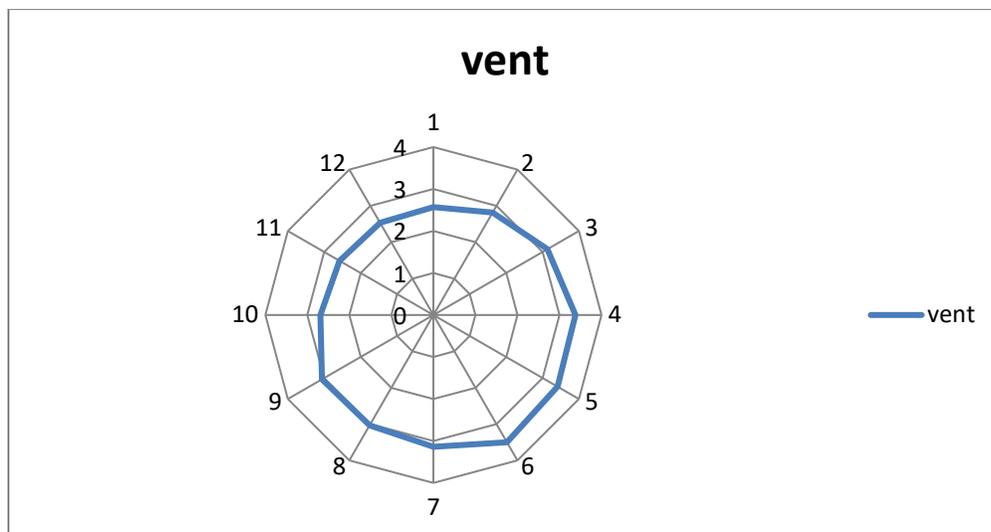
Le vent est un autre facteur climatique important dans la caractérisation du climat. Le vent se détermine par sa vitesse et sa direction. Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents.

Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Ouargla (1980-2014) sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 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)	2,57	2,82	3,13	3,38	3,41	3,5	3,14	3,04	3,06	2,69	2,58	2,54	2,57

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



**Figure 5** Diagramme de la vitesse du vent

Selon le tableau, la vitesse minimale du vent est enregistrée pendant les mois de novembre, décembre et janvier, atteignant 2,54 m/s. La vitesse maximale du vent est enregistrée en juin et atteint 3,5 m/s. Le vent souffle dans différentes directions.

#### I.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 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

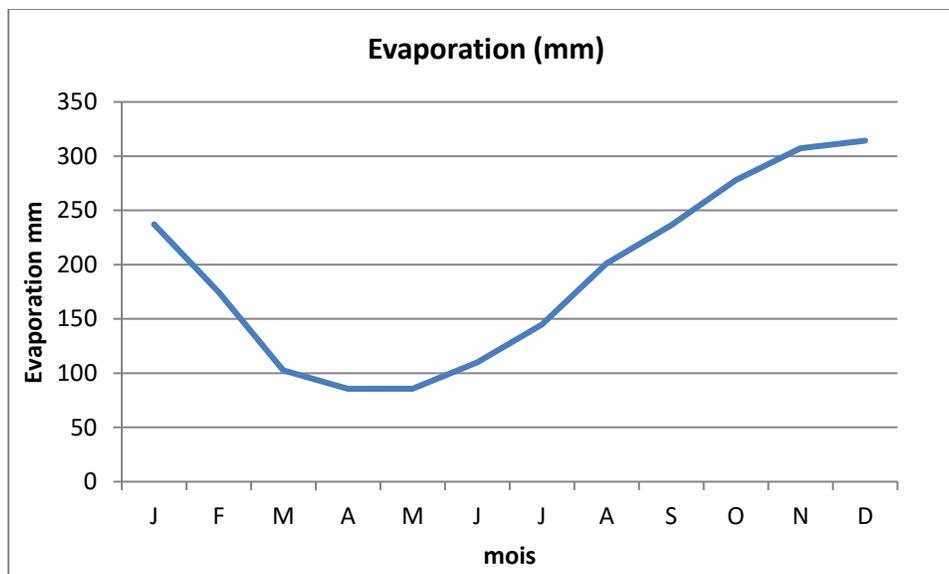


Figure 6 L'évaporation dans la région d'Ouargla

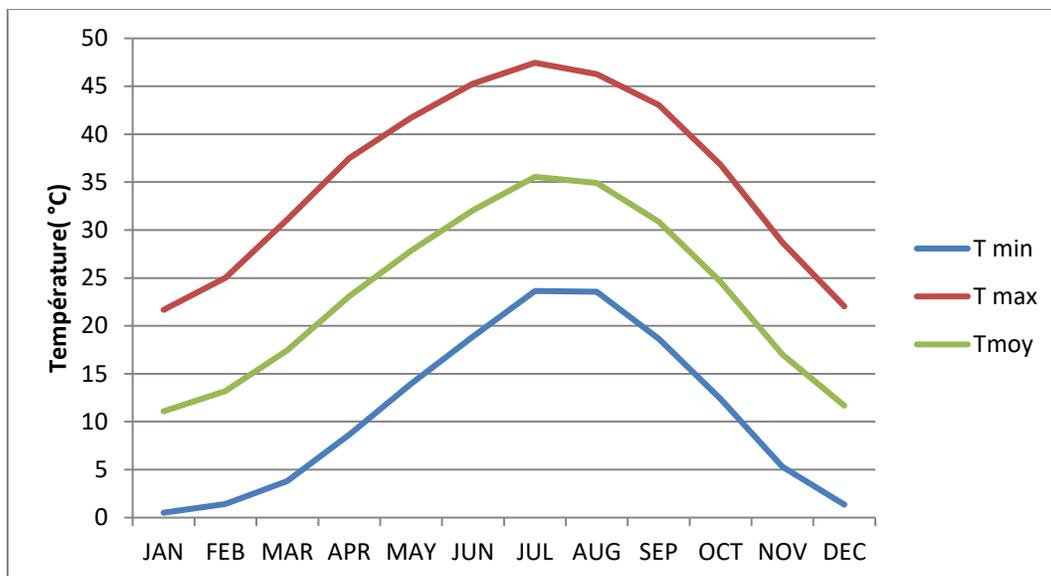
### I.2.5. Température :

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 5 Température dans la région d'Ouargla

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Tmin</b>	0.51	1.41	3.82	8.67	13.96	18.87	23.64	23.56	18.65	12.37	5.3	1.34
<b>Tmax</b>	21.67	25.01	31.08	37.51	41.3	45.26	47.45	46.25	43.05	36.81	28.71	22.02
<b>Tmoy</b>	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/>)



**Figure 7** 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), alors que 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 de 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 de 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.

### I.2.6. Pluviométrie :

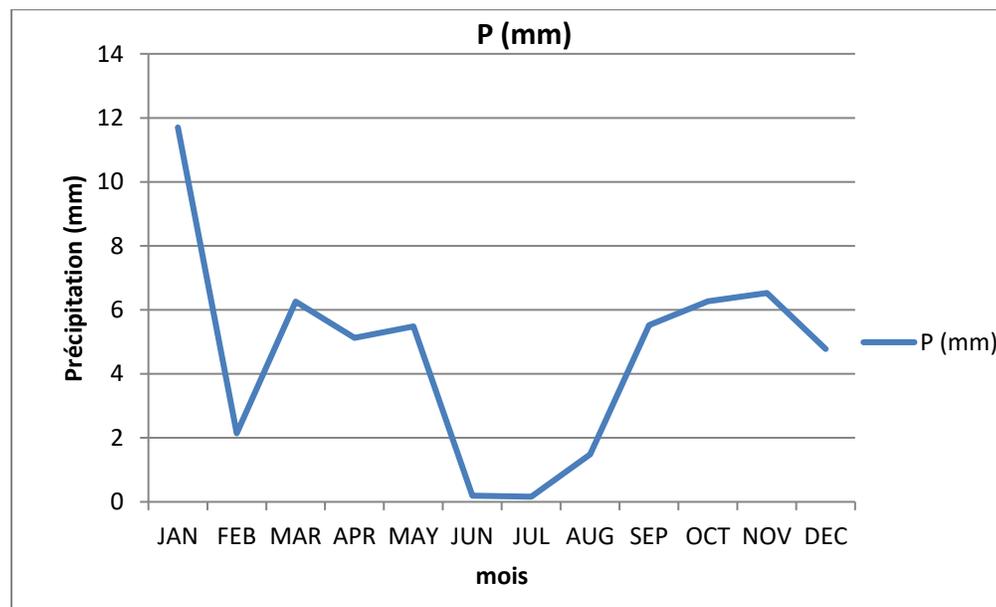
Les valeurs moyennes annuelles enregistrées depuis 1990 jusqu'à 2021 varient de 5 à 105mm, ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre.

Le tableau 6 et la figure 8 ci-dessous montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

**Tableau 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/>)



**Figure 8** 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.

### I.2.7. Classification du climat :

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

✓ 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.

$$IA = P/T + 10$$

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 :

**Tableau 7** Classification de climat selon MARTON

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
<b>I &lt; 5</b>	Désertique	Indispensable
<b>5 &lt; I &lt; 10</b>	Très sec	Indispensable
<b>10 &lt; I &lt; 20</b>	Sec	Souvent indispensable
<b>20 &lt; I &lt; 30</b>	Relativement humide	Par fois utile
<b>I &gt; 30</b>	Humide	Inutile

**P** = 55.64 mm, **T** = 23.27°C

**Ia** = 55.64 / (23.27 + 10) = 1.67



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 pluviométrique 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 :

$$Q = 2000 \frac{P}{M-m}$$

- **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 pluviométrique d'Emberger.

Pour :  $M=47.45^{\circ}\text{C}=320.45 \text{ k}$ ,  $m=0.51^{\circ}\text{C}=273.51.7 \text{ k}$ ,  $P=55.46 \text{ mm}$

$$Q = 2000 * \frac{55.46}{(47.45 + 273)^2 - (0.51 + 273)^2} = 3.98$$

Un coefficient d'Emberger égal à 3.98 situe la région d'Ouargla (Temacine) dans l'étage bioclimatique saharienne à hiver chaud sur le climogramme d'EMBERGER (Figure 9)

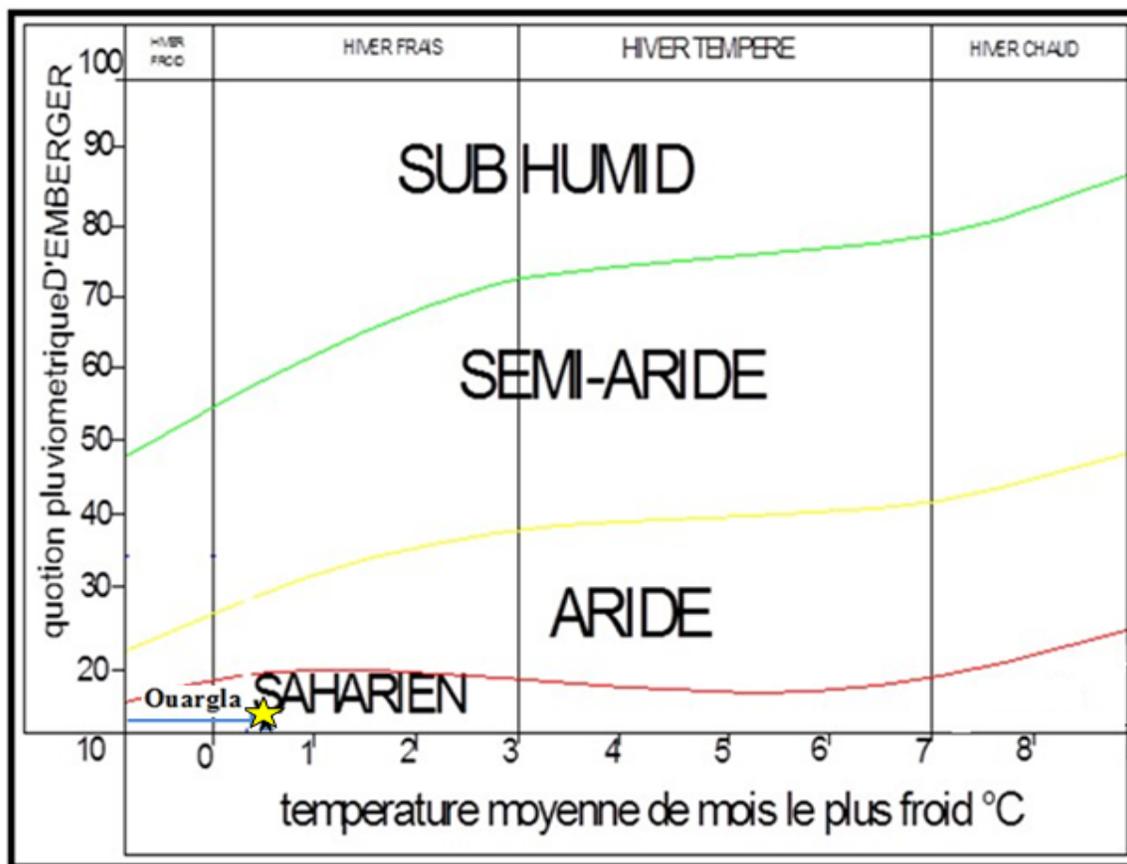
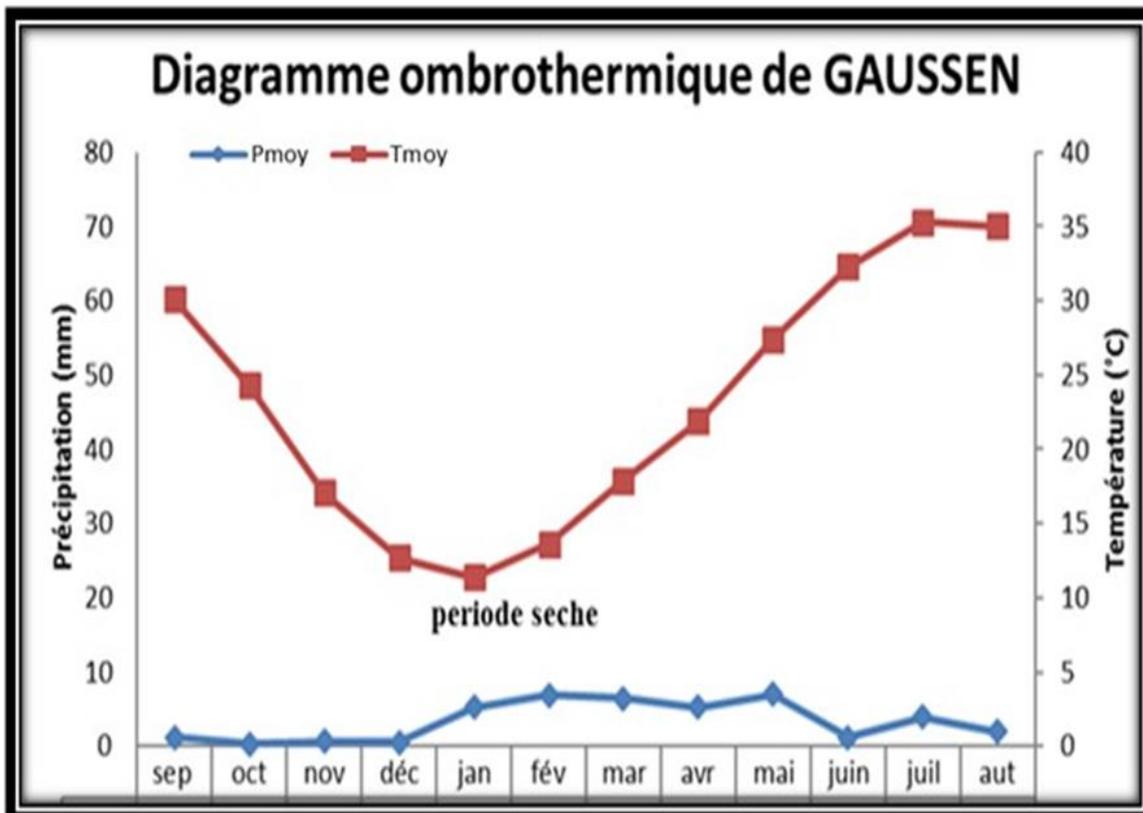


Figure 9 Position de Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE

✓ **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 10** Climogramme de Gausсен

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 pour évaluer les besoins en eau pour l'irrigation.

**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.
- ❖ 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 de 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 341 heures, tandis qu'en février, elle atteint un minimum moyen de 213,9 heures. Cette abondance de soleil contribue à l'évaporation élevée de l'eau dans la région, qui est estimée à environ 2277.88 mm par an.
- ❖ En ce qui concerne l'humidité de l'air, la ville de Ouargla présente des variations saisonnières significatives. En juillet, le mois le plus chaud, l'humidité de l'air atteint une moyenne minimale de 18.08 %. 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 60.2 %. 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.

On conclusion, le périmètre d'étude se trouve dans une zone caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très faible voire inexistante, des températures élevées et une évaporation importante. Ces informations fournissent les premières données essentielles pour élaborer la conception du réseau d'irrigation du périmètre d'étude.

### I.3. Géologie et Hydrogéologie :

#### I.3.1. Géologie de la région :

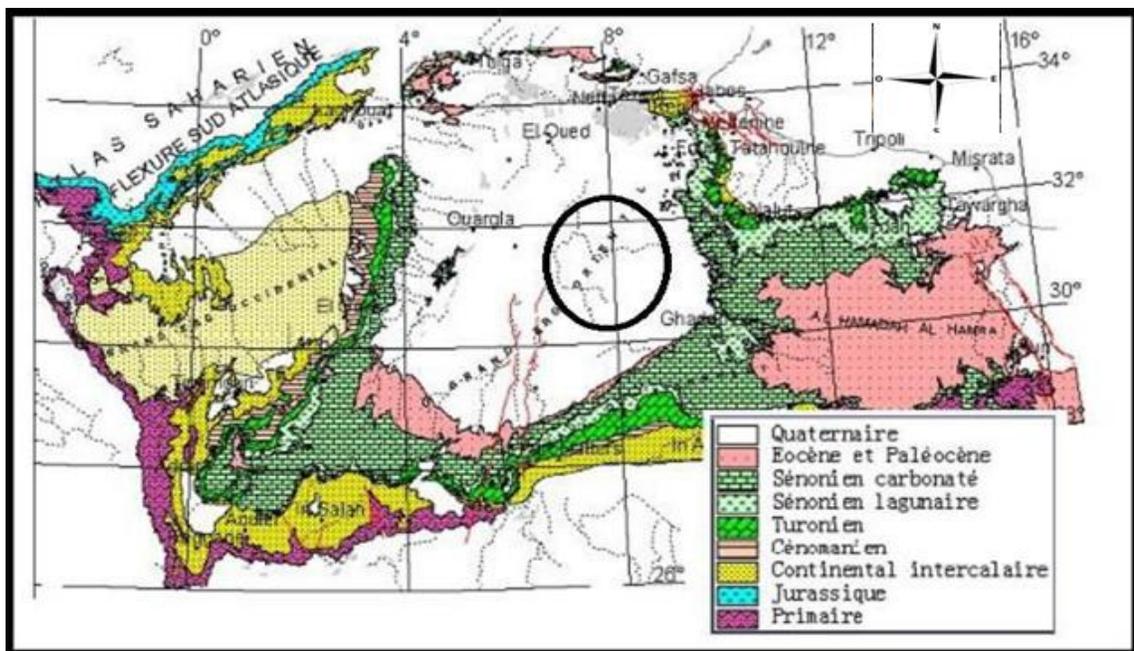
La région étudiée fait partie de la vallée de l'Oued Mya, située dans une grande cuvette sédimentaire qui occupe l'emplacement actuel du Sahara nord-oriental depuis le secondaire. Ce dernier était un vieux massif primaire avec deux chaînes de montagnes, recouvert plusieurs fois par la mer jusqu'au secondaire, 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.

##### I.3.1.1. Le secondaire :

Au secondaire, nous trouvons :

- A.** Le Jurassique composé du Lias dogger inférieur, constitué principalement d'anhydrite et de sel gemme 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 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 % 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 sel gemme.

- H.** 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 de la marne grise à la base, du calcaire argileux et au sommet quelques bancs de calcaires dolomitiques.
- I.** 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.

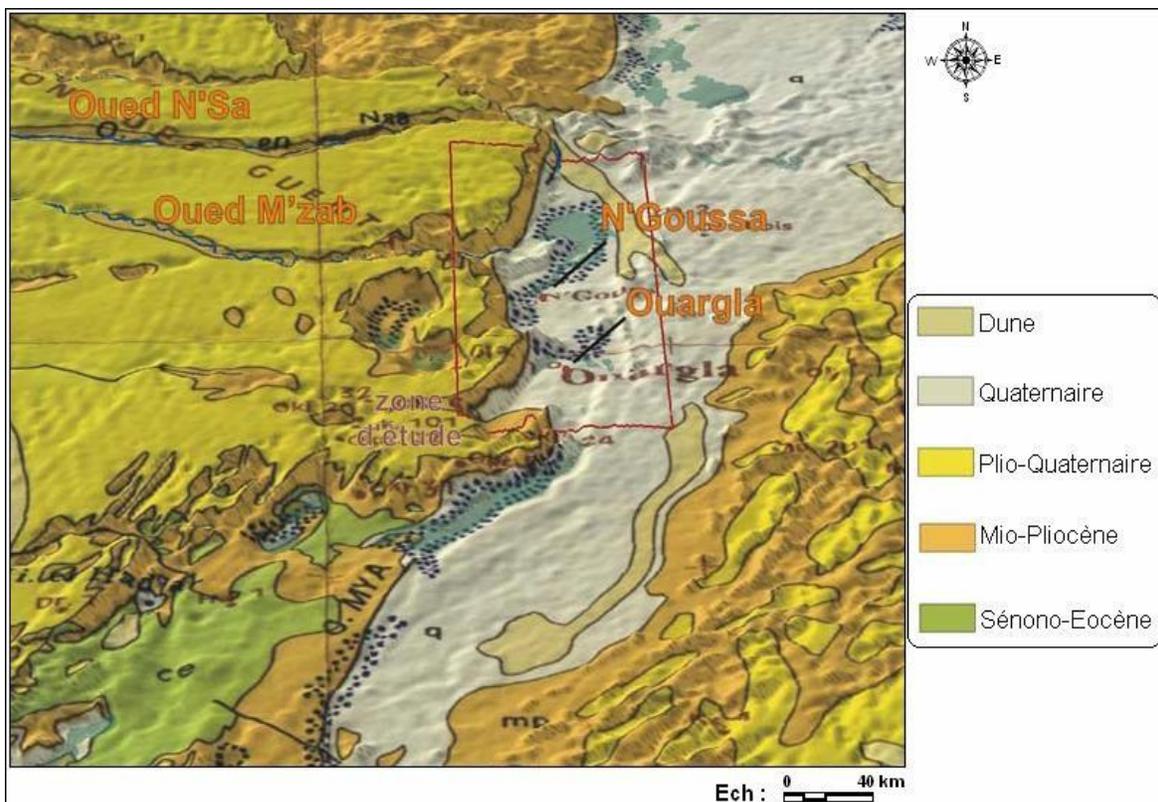


**Figure 11** Carte géologique de l'Algérie de la zone saharienne (OSS2003).

## I.4. Géomorphologie :

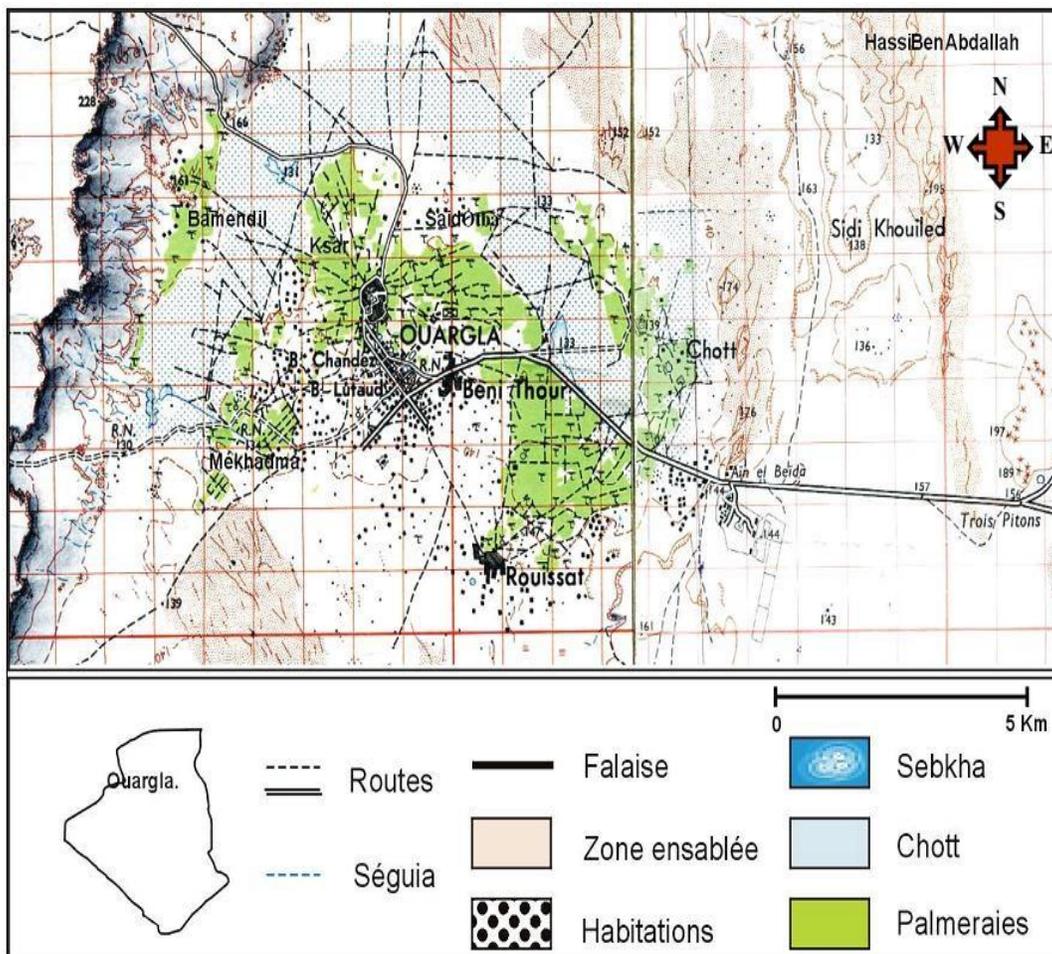
La région de Ouargla se caractérise par :

- La formation dunaire composée de sables fins pouvant atteindre des hauteurs de 150 m et occupant la majeure partie de la région.
- On y trouve 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 une superficie de plus de 4 000 hectares.
- Enfin, il y a des zones correspondant aux dépôts alluviaux destinées à la culture des palmeraies.



## I.5. Topographie :

Le relief de la région de Ouargla est caractérisé par des pentes légèrement inférieures à 1‰, bien que ce 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 de Ouargla avec une largeur d'environ 45 km, selon ROUVILLOIS-BRIGOL (1975).



**Figure 13** Carte topographique de la cuvette de Ouargla (I.G.N., 1960 in DADDIBOUHOUN, 2010)

## **I.6. Hydrogéologie :**

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 de Ouargla dispose d'un des réservoirs les plus importants du Sahara en termes de ressources en eaux souterraines.

### **I.6.1. 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 Lagunaire, 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.

### **I.6.2. Nappe du continental intercalaire :**

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 km<sup>2</sup> avec un volume évalué à 50000 milliards de m<sup>3</sup>, 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 albienne 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).

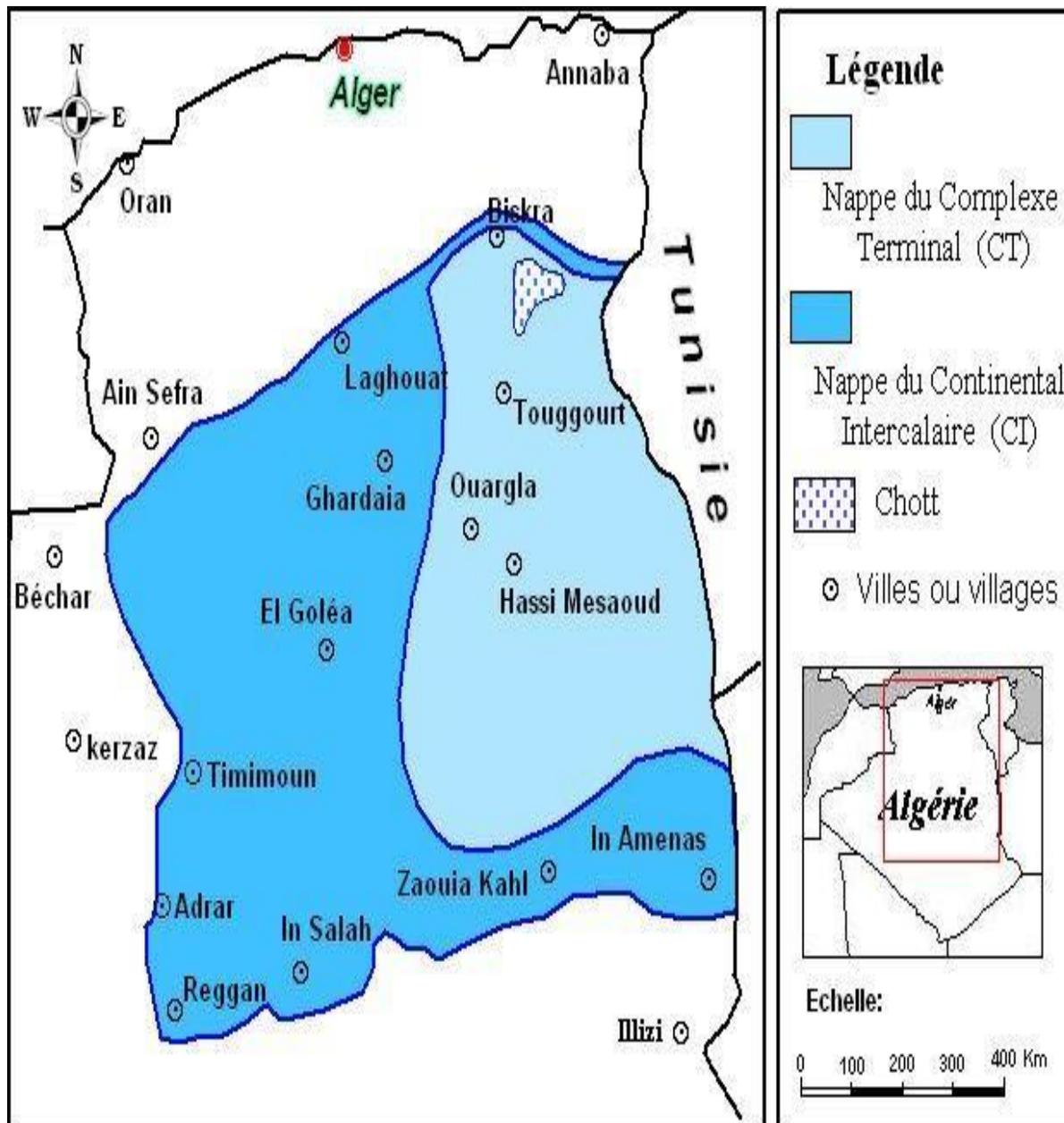


Figure 14 Carte des ressources en eaux souterraines (UNESCO,1972)

### I.6.3. 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 basses au printemps 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.

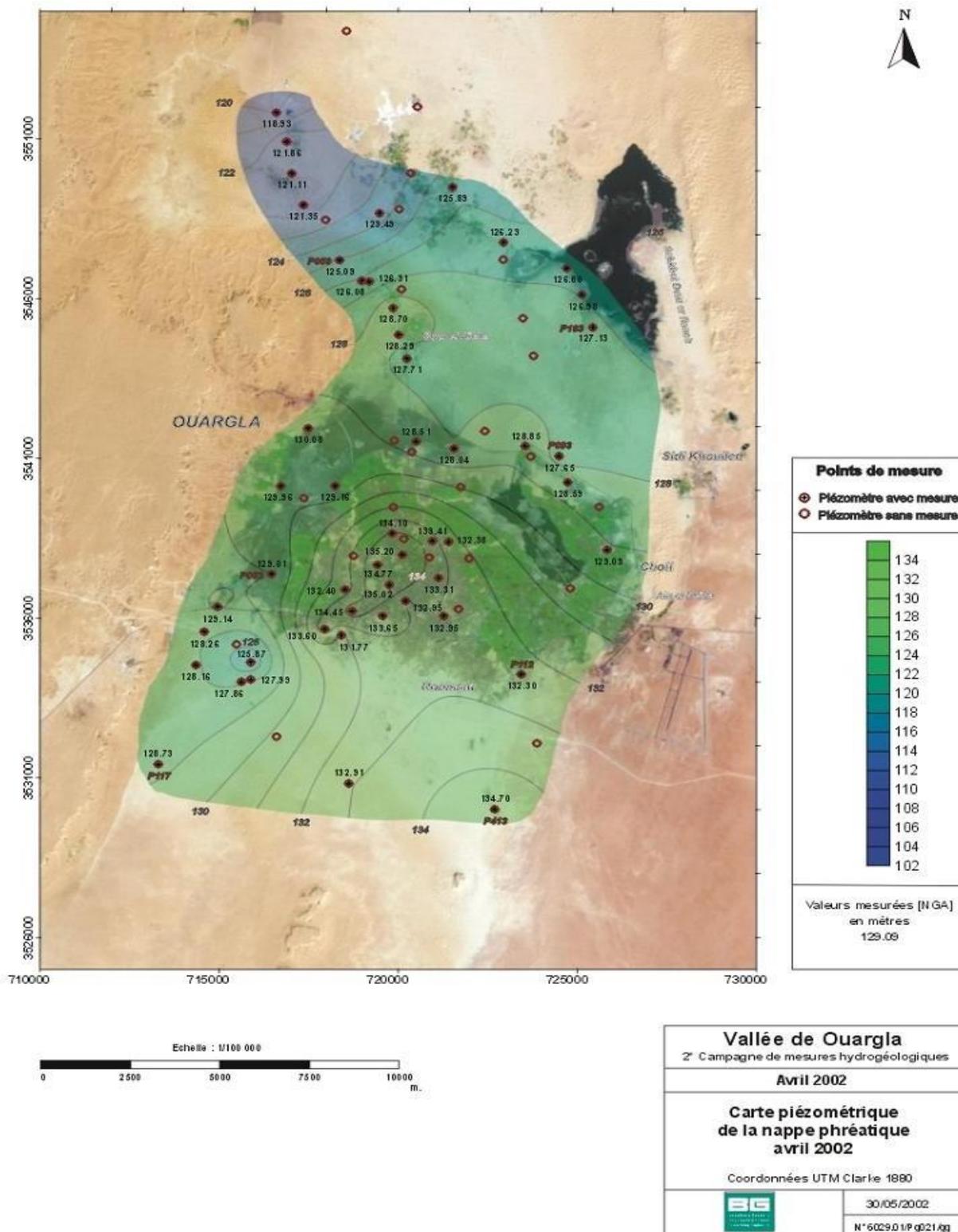


Figure 15 Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002 (BONNARD et GARDEL, 2005)

**Conclusion :**

Dans ce premier chapitre, nous avons conclu que notre zone d'étude se trouve dans une région avec un climat saharien caractérisé par un fort ensoleillement et un déficit en eau. Les facteurs caractéristiques de cette région comprennent une aridité extrême, des précipitations très faibles ou nulles, des températures élevées en été contrastant avec un froid relatif en hiver, des vents violents et une forte évaporation. Ces données

**CHAPITRE II**  
**Ressource en eau et en sol**

## CHAPITRE II : RESSOURCE EN EAU ET EN SOL

### II.1. Qualité des eaux :

La salinité de l'eau utilisée pour l'irrigation a le potentiel de changer la composition chimique du sol. Par conséquent, il est essentiel de gérer et d'exploiter cette ressource de façon judicieuse pour prévenir tout effet néfaste sur le sol.

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

#### 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).

$$P_o = K' \cdot CE$$

$P_o$  : 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'
<b>NaCl et K0Cl</b>	<b>0.35 _ 0.36</b>
<b>Na2SO4</b>	<b>0.30</b>
<b>MgSO4</b>	<b>0.28</b>

## 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 ( $\text{Na}^+$ ) qui a une action défloculante sur le sol et est donc néfaste, et d'autre part, le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) 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 :

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

Où  $[\text{Na}^+]$ ,  $[\text{Ca}^{++}]$  et  $[\text{Mg}^{++}]$  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).

$$\text{ESP} = 1.049 \text{ SAR} - 0.381$$

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

### II.1.1. Classification de l'eau d'irrigation :

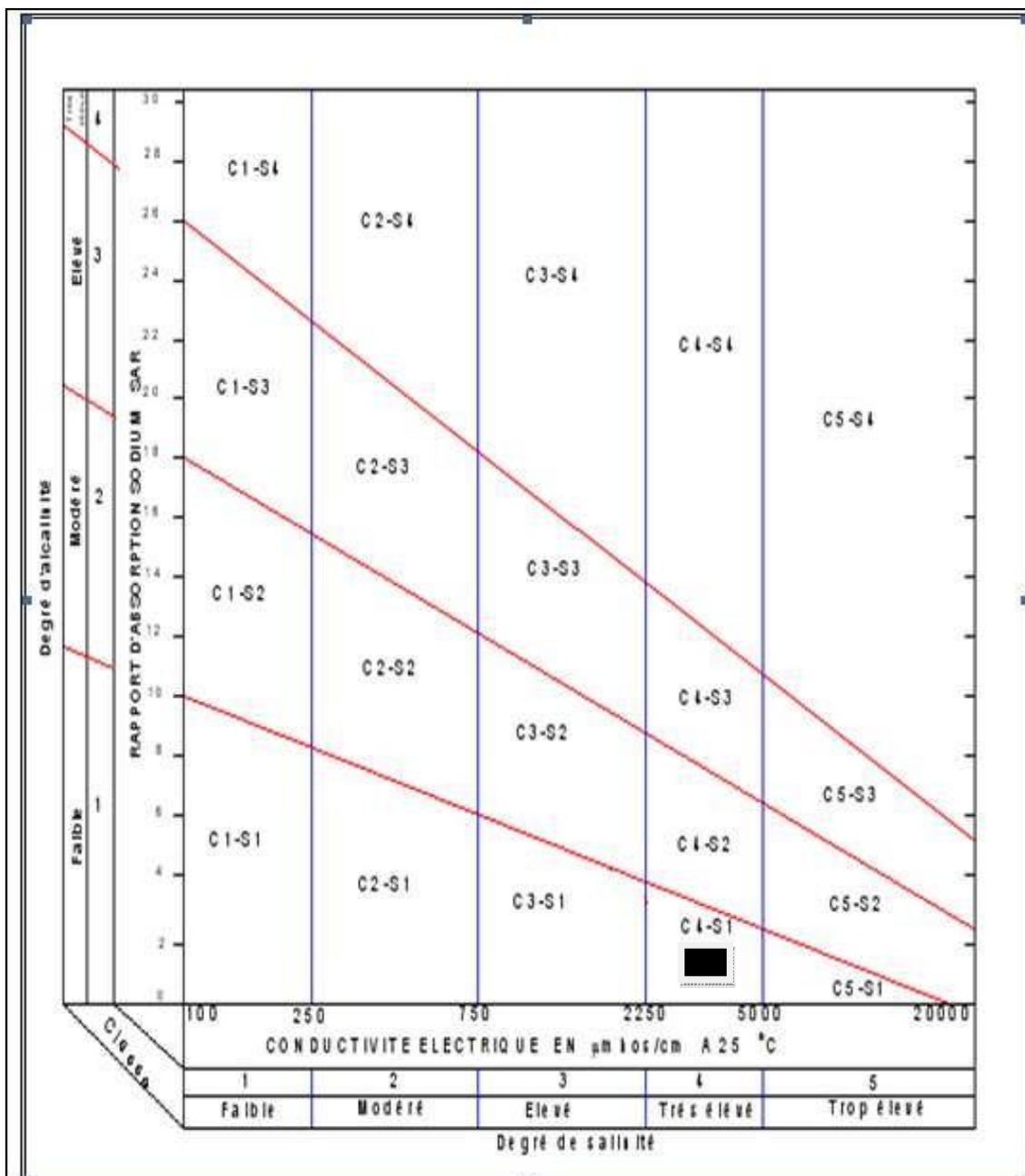
La classification des eaux d'irrigation tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol, telles que le taux d'infiltration, le drainage et la tolérance des cultures, selon DURAND (1983). Le diagramme de l'U.S.S.L. (1954), modifié par DURAND (1958) en ajoutant une 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 :

- 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.



**Figure 16** Diagramme de classification des eaux d'irrigation

(D'après United States Salinity Laboratory, U.S.S.L établi 1954)

**Tableau 8** Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958)

<b>Classe</b>	<b>Qualité</b>	<b>Interprétation</b>
<b>C1- S1</b>	Bonne qualité	Précaution avec les plantes Sensibles
<b>C1 - S2 C2 - S1</b>	Qualité moyenne à bonne	A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensible (arbres fruitières).
<b>C2 - S2 C1 - S3 C3 - S1</b>	Qualité moyenne à médiocre	A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse
<b>C1 - S4 C2 - S3 C3 - S2 C4 - S1</b>	Qualité médiocre à mauvaise	Exclure les plantes 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.
<b>C2 - S1 S2 - C4 C3 - S3</b>	Qualité mauvaise	A utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensable
<b>C3-S4 C4-S3</b>	Qualité très mauvaise	A utiliser que dans des circonstances exceptionnelles
<b>C4- S4</b>	Déconseiller pour l'irrigation	
<b>C5 - S1 C5 - S2 C5 - S3 C5 - S4</b>	Très déconseillée pour l'irrigation	

## II.1.2. L'analyse de l'eau d'irrigation :

D'après les données collectées et les différentes enquêtes menées, il a été constaté que la majorité des forages d'irrigation proviennent du Complexe Terminal. Les résultats des analyses de ces eaux sont résumés ci-dessous.

### II.1.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T :

En novembre 2006, l'ANRH a effectué des études sur 104 forages captant 10le Complexe Terminal. Ces études ont permis d'identifier les caractéristiques suivantes de ces forages :

**Tableau 9** Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T.

Elément	mg/l	meq/l
Ca <sup>++</sup>	272,50	13,63
Mg <sup>++</sup>	176,70	14,48
Na <sup>+</sup>	655	28,48
K <sup>+</sup>	28	0,72
Cl <sup>+</sup>	1062,50	29,93
(SO4) <sup>-2</sup>	1387,50	28,91
(CO3) <sup>-2</sup>	00	0,00
(HCO3) <sup>-</sup>	125,05	2,05
(NO3) <sup>-</sup>	14	0,23
Somme des cations(méq/l)	57,36	
Somme des anions(méq/l)	61,10	
Résidus secs à 105°C(mg/l)	4166	
Conductivité 25°C (ms/cm)	3,86	
PH	7,54	
SAR	7.6	

Source : ANRH novembre 2006,

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.

### II.1.2.2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe CI :

Depuis la mise en exploitation des forages captant le Complexe Intercalaire (C.I) dans la région de Ouargla, plusieurs prélèvements et analyses chimiques ont été effectués pour suivre l'évolution de la qualité chimique des eaux. Le tableau 2-3 présente les résultats d'une analyse effectuée par l'ANRH en novembre 2006 sur six forages de CI, montrant les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du (C.I).

**Tableau 10** Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe CI

Paramètres	Valeurs moyennes
PH	7.34 – 7.64
Température	74.4 – 54.5 C°
Conductivité	2 – 2.9 mmhos/cm
Faciès chimiques	Sulfate – Chlorure – Alcalin SO <sub>4</sub> >CL>HCO <sub>3</sub> et NA >Ca>Mg
La minéralisation totale	1.8 – 2.5 g/l

(Source ANRH nov2008)

### II.1.2.3. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique :

Le tableau présente les caractéristiques chimiques de la nappe phréatique de la région :

**Tableau 11** Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique

Paramètre	Rouissat -Benithour
PH	7.9
Conductivité mmhos/cm	5
Température °C	18
Minéralisation totale mg/l	2800
Calcium mg/l	641.28
Magnésium mg/l	77.7
Sodium et potassium mg/l	36.2
Chlorures mg/l	940
Sulfates mg/l	744.7
Bicarbonates mg/l	0
TAC °F	0
Fer mg/l	11.4
Zinc mg/l	0.2

(Source ANRH juin 2007)

## **II.2. 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.

### **II.2.1 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 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).

## **II .2 .2. Caractéristiques physico-chimique des sols:**

### **II.2.2.1. 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.

### **II.2.2.2. La structure :**

La structure de ces sols est généralement particulaire, 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.

### **II.2.2.3. 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.

### **II.2.2.4 Le PH :**

Le pH de ces sols varie de 7,6 à 8,4, 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.

### **II.2.2.5. 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 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.

### II.2.2.6. Salinité :

Dans la zone d'étude, tous les sols présentent une forte salinité, variant de 15 à 38 mmhos/cm, en particulier pour les sols irrigués. Cette salinité est présente dans l'horizon de surface et dans l'horizon d'altération des roches en profondeur. Elle varie indépendamment de la profondeur.

### II.2.3. Classification des sols :

**Tableau 12** Classification des sols salsodiques selon Servant

Classes	Désignation	C.Em. S/cm à 25°C	Σ des anions en méq. g/l
0	Non salé	<2.5	<25
1	Faiblement salé	2.5-5	25-50
2	Moyennement salé	5-10	50-105
3	Salé	10-15	105-165
4	Fortement salé	15-20	165-225
5	Très fortement salé	20-27.5	225-315
6	Excessivement salé	27.5-40	315-620
7	Hypersalé	>40	>620

Les différentes classifications proposées pour la salinité des sols utilisent souvent les mêmes paramètres, tels que les caractères physico-chimiques (teneur en sels, en sodium échangeable et pH), le profil de salinité et son évolution dans le temps, ainsi que les caractères morphologiques (développement du profil) et l'état structural. Nous présentons ici la classification proposée par Servant en 1975, qui classe la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée et de la somme des anions.

#### II.2.4. Les résultats d'analyse physico-chimique du sol de la palmeraie :

Les résultats obtenus sont présentés dans les deux tableaux suivants :

**Tableau 13** Les résultats d'analyse physique du sol

<b>Sol</b>	<b>Perméabilité Kencm/h</b>	<b>La masse volumique en kg/l</b>	<b>Le coefficient d'uniformité</b>
<b>Sol de la palmeraie</b>	6.28-18.49	1.45-1.60	1.80-1.88

Source (TOUIL, 2003)

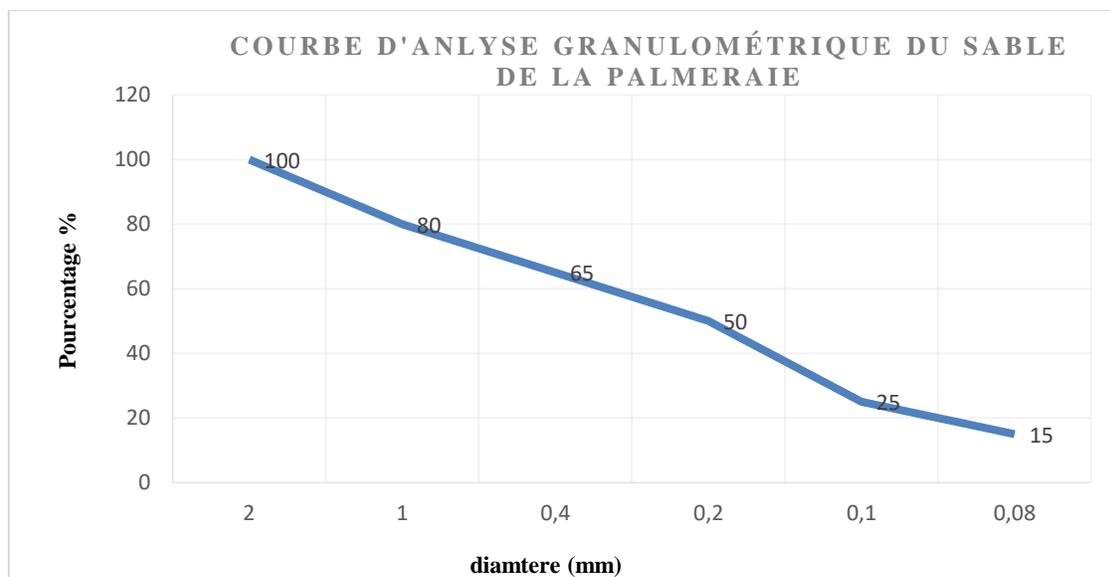
**Tableau 14** Les résultats d'analyse chimique du sol

<b>Sol</b>	<b>PH</b>	<b>CE m.S/cm</b>	<b>Insolubles %</b>	<b>Les sulfates %</b>	<b>Les carbonates %</b>	<b>Les chlorures %</b>
<b>Sol de la palmeraie</b>	6.25-7.77	2.59 -11.12	79.0 - 80.20	1.52 - 2.84	0.13-0.24	0.73-8.30

Source (TOUIL, 2003)

## II.2.5. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est présentée dans la figure suivante, qui représente la courbe correspondant au sable de la palmeraie. Cette courbe montre la distribution des différentes tailles de grains dans l'échantillon de sable analysé.



**Figure 17** Courbe d'analyse granulométrique du sable de la palmeraie

- **Observation et discussions :**

La figure montre la distribution granulométrique des sols de la palmeraie de Rouissat\_Benithour. Selon les résultats d'analyse, les sols de la palmeraie ont une texture sableuse limoneuse (SL), une perméabilité assez bonne et sont légèrement alcalins. La salinité varie dans l'espace et la conductivité électrique de l'extrait de pâte de sol varie entre 02.59 et 11.12 mmhos /cm. La salinité est faible à moyenne pour notre point de prélèvement, mais 12% des échantillons analysés ont une salinité relativement forte, principalement due à un mauvais drainage, entraînant des stagnations d'eau dans les régions basses qui reçoivent l'excès d'eau d'irrigation des zones hautes. La présence de sodium, un élément néfaste pour le sol, réduit la perméabilité et conduit à des difficultés d'écoulement dans le sol.

## 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**  
**Analyse hydro-agricole Et problématique**

## CHAPITRE III : Analyse hydro-agricole Et problématique

### Introduction :

Le défi de l'élévation du niveau de la nappe phréatique est influencé par divers éléments. Il est essentiel de comprendre la situation hydrologique et agricole en cours, ainsi que toutes les caractéristiques de la zone, afin d'obtenir une vision complète de cette problématique.

### III.1 organisation administrative :

DAIRA	Commune
Ouargla	Ouargla - Rouissat
Sidi Khouiled	Sidi Khouiled – Ain Beida -Hassi Ben Abdalah
N'goussa	N'goussa

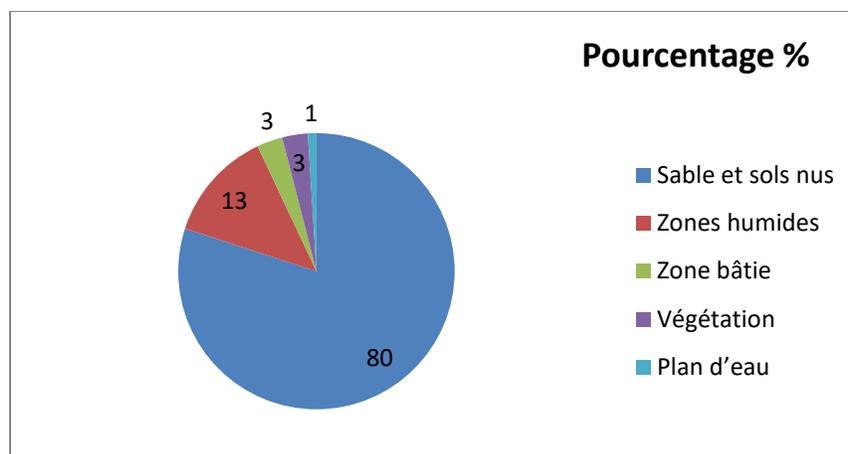
### III.2 Répartition des sols selon la nature :

Le tableau suivant montre la superficie en hectare occupée par chaque type de terrain ainsi que son pourcentage :

**Tableau 15** Répartition des sols selon la nature

	Classification détaillée	Surface totale (ha)	Pourcentage %
<b>1</b>	Sable et sols nus	75461	80
<b>2</b>	Zones humides	12011	13
<b>3</b>	Zone bâtie	3183	3
<b>4</b>	Végétation	3214	3
<b>5</b>	Plan d'eau	1105	1

Source (satellite Landsat7 2000)



**Figure 18** Répartition des sols selon la nature

### III.3 Population :

La localité d'Ouargla englobe trois municipalités, à savoir Ouargla, Rouisset et Ain Beida. Les chiffres relatifs à la population, tels qu'ils sont fournis dans le tableau ci-après, sont issus des recensements.

Le tableau ci-dessous représente la population tendancielle dans la région d'Ouargla.

**Tableau 16** Population de la cuvette d'Ouargla (ABHS-2021)

Commune	Ouargla	Ain Beida	N'Goussa	Rouisset	Sidi Khouil-ed	Hassi Ben Abdela	Total
<b>Pop2020</b>	169 870	27 562	22 460	100 973	21 561	7347	349 773
<b>Pop2021</b>	172 799	28 340	22 962	105 406	23 170	7570	360 247
<b>Pop2022</b>	175 674	29 122	23 463	109 960	24 885	7795	370 899
<b>Pop2023</b>	178 510	29 911	23 963	114 647	26 709	8023	381 763
<b>Pop2024</b>	181 284	30 704	24 461	119 455	28 649	8252	392 805
<b>Pop2025</b>	184 012	31 500	24 956	124 391	30 713	8485	404 057
<b>Pop2026</b>	186 448	32 263	25 416	129 310	32 867	8709	415 013
<b>Pop2027</b>	188 843	33 029	25 874	134 346	35 152	8934	426 178
<b>Pop2028</b>	191 175	33 798	26 328	139 512	37 575	9162	437 550
<b>Pop2029</b>	193 439	34 569	26 778	144 793	40 142	9389	449 110
<b>Pop2030</b>	195 634	35 340	27 223	150 202	42 860	9619	460 878
<b>Taux d'accroissement</b>	1,42	2,52	1,94	4,05	7,11	2,73	2,8

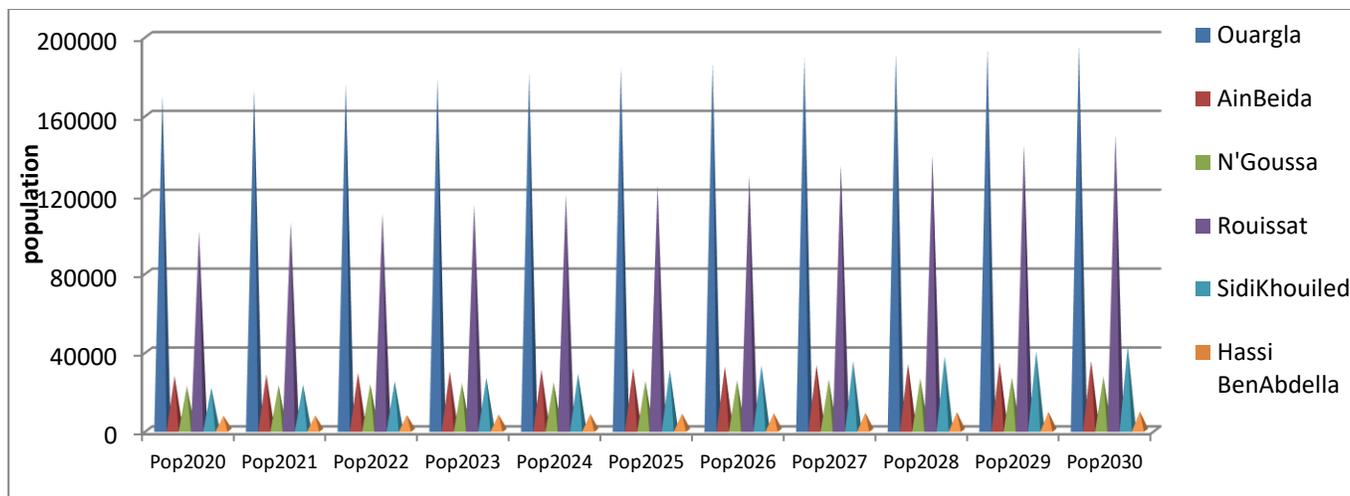


Figure 19 Population de la cuvette d’Ouargla (ABHS-2021)

### III.4. Aménagements hydrauliques et captages :

#### III.4.1 Les réseaux hydraulique existants :

Les données actualisées concernant les réseaux hydrauliques dans l'ensemble du bassin sont présentées dans le tableau ci-dessous, couvrant la période de 1999 à 2000.

Tableau 17 Inventaire des réseaux hydrauliques existantes

Réseaux	AEP	Assainissement	Irrigation
Longueur du réseau	1466000 ml	484000 ml	93000 ml
Taux de recouvrement	97.8%	70%	50%
Ouvrages annexes	20 châteaux d'eau	32 stations de relevage	15 réservoirs+2stations refroidissement

(Source : DHW, DSA et ANRH Ouargla.2000)

#### III.4.2 Système de drains :

Le système de drains comprend principalement les flux d'eaux usées et d'irrigation. Depuis 1968, il a connu une évolution significative, passant d'une longueur de 49 150 mètres à 66 650 mètres, avec une expansion notable dans la partie méridionale du bassin.

À l'intérieur des palmeraies, le drainage est assuré par des canaux à ciel ouvert d'une profondeur variant entre 0,5 et 1 mètre. Ces canaux acheminent les eaux provenant des zones urbaines et agricoles jusqu'aux zones de décharge formées par les chotts. En aval du réseau de drainage des municipalités de Ouargla, Ain El-Beida et Rouissat, une station de pompage est responsable de l'évacuation des eaux drainées vers le Chott Oum Raneb, situé à 8 kilomètres au nord-ouest de la ville de Ouargla. Le débit évacué s'élève à 45 000 mètres cubes par jour.

Il convient de noter que le réseau de drainage du bassin d'Ouargla est peu dense et présente un état général médiocre. Les canaux secondaires et tertiaires à l'intérieur des palmeraies sont quasi inexistantes, à l'exception de la région de Rouissat et de Béni-Thour.

En moyenne, de la période d'octobre à février, le débit d'évacuation est de 0,015 litre par seconde par hectare, tandis qu'en été, il varie entre 0,156 et 0,252 litre par seconde par hectare. Par conséquent, les eaux de drainage ne sont pas évacuées dans leur intégralité, les canaux n'évacuant que 20 % de leur capacité totale

### **III.4.3. Système d'irrigation de la palmeraie :**

La palmeraie s'étend sur une superficie de 2 297 hectares au sein de la ville d'Ouargla. Les besoins en irrigation de la palmeraie se décomposent en deux catégories :

**A.** L'irrigation estivale vise à faire face à l'aridité du climat et à fournir l'eau nécessaire à la production. Ces besoins sont estimés à environ 15 400 mètres cubes par hectare par an. L'eau d'irrigation présente une concentration en sel de 3 à 6 grammes par litre. En raison de l'évaporation importante, le sel s'accumule dans les couches supérieures du sol, atteignant entre 50 et 70 tonnes de sel par hectare chaque année.

**B.** L'irrigation hivernale est nécessaire pour rincer le sel qui s'accumule dans les couches superficielles du sol. Cette irrigation de rinçage est estimée à 5 000 mètres cubes par hectare par an. Un réseau de drainage à l'intérieur de la palmeraie dirige les eaux vers des canaux extérieurs entourant la ville. Ces eaux sont évacuées par pompage vers le Chott Oum Er Raneb, situé au nord-est de la ville.

Toutefois, l'efficacité du système de drainage actuel s'avère insuffisante pour abaisser le niveau de la nappe phréatique, ce qui a un impact négatif sur la production des palmiers. Pour atténuer partiellement cette problématique, certains agriculteurs ont recours à une technique consistant à apporter une importante couche de sable d'une épaisseur de 20 à 30 centimètres. Cette approche vise à améliorer l'oxygénation des palmiers en les élevant au-dessus du niveau de la nappe.

### **III.4.4. Prélèvement d'eau (Captage) :**

Dans la région d'Ouargla, les principales nappes exploitées sont la nappe du Continental Intercalaire (Albien) et la nappe du Complexe Terminal (Mio-Pliocène et Sénonien). En revanche, la nappe phréatique n'est pas largement exploitée, à l'exception de quelques cas spécifiques tels que Bor El Haicha et Hassi-Miloud. Actuellement, le système de prélèvement d'eau est composé de 274 forages, la plupart d'entre eux étant destinés à la nappe du Complexe Terminal. Ces forages sont essentiels pour approvisionner en eau les réseaux domestiques et d'irrigation.

### **III.5. Agriculture :**

La région d'Ouargla se caractérise par son aridité, marquée par des températures élevées, une évaporation considérable, des vents forts souvent chargés de sable, et une pluviométrie extrêmement faible. Ces conditions adverses rendent toute forme de culture impossible sans irrigation.

L'agriculture à Ouargla a toujours été dominée par le système oasien, étroitement associé à la phoeniculteur, qui occupe plus de 2 000 hectares avec un nombre de palmiers dattiers dépassant les 680 000. Cette prédominance contribue à positionner l'Algérie au cinquième rang mondial en termes de production de dattes.

Contrairement aux régions septentrionales du pays, l'utilisation des terres agricoles dans le sud, notamment à Ouargla, est principalement déterminée par la disponibilité de l'eau, provenant des puits ou des forages. Il convient de noter qu'Ouargla offre deux éléments essentiels pour le développement agricole :

- L'abondance de l'eau dans certaines régions, bien que son utilisation soit soumise à des réglementations strictes pour préserver l'écosystème du Sahara.
- Une étendue de sol disponible, mais présentant des problèmes pédogénétiques qui nécessitent des travaux d'amélioration.

Actuellement, une politique de développement agricole est encouragée par l'État, entraînant la création de petites exploitations ainsi que la mise en place de grands périmètres irrigués à partir de forages. Cependant, ces nouvelles initiatives requièrent des investissements importants tels que des infrastructures d'irrigation, de drainage, d'électrification, des points d'eau, des pistes, etc. Leur emplacement doit être soigneusement choisi en fonction des meilleures conditions de sol disponibles.

Il est à noter que l'agriculture dans la zone d'Ouargla représente à la fois la principale source de revenus et un moyen de fixation des populations locales. Cependant, dans les oasis, l'agriculture seule ne parvient malheureusement pas à répondre aux besoins fondamentaux des populations et demeure une agriculture de subsistance. Ce modèle agricole traditionnel a poussé la main-d'œuvre, en particulier les jeunes, à quitter la région au profit d'autres secteurs d'activité, notamment l'industrie pétrolière.

### III.6. Production agricole des palmiers et leur superficie :

La plupart des terres cultivées dans la région d'Ouargla se trouvent à l'intérieur de la cuvette et de ses environs, et elles sont principalement consacrées à la culture des palmiers dattiers. Par conséquent, la production de dattes est classée en tant que catégorie 1 (une) de production selon la DSA (Direction des Services Agricoles). Les terres sont irriguées, et les détails de la production sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 18** La production des diverses zones dans la région de Ouargla

	Région	Surface occupée (Ha)	Nombre des Palmeraies existe	Nombre Palmeraie en rapport	Production qx
1	Ouargla	1696	293219	288285	128530
2	Rouissat	438	116087	109865	48500
3	Sidi khouiled	799	54001	39772	28229
4	Ain-El Beida	163.1	216671	178746	97866
5	Hassi-ben Abdella	1961.98	176317	50860	35281
6	N'goussa	1630.62	163733	129118	730638

(Source DSA 2008)

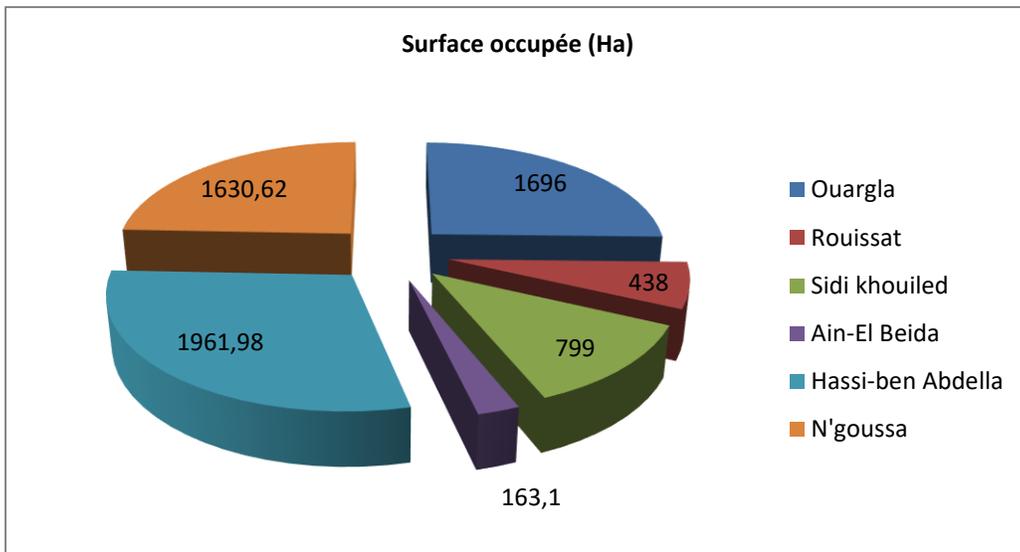


Figure 20 La superficie des palmerais des diverses zones dans la région de Ouargla

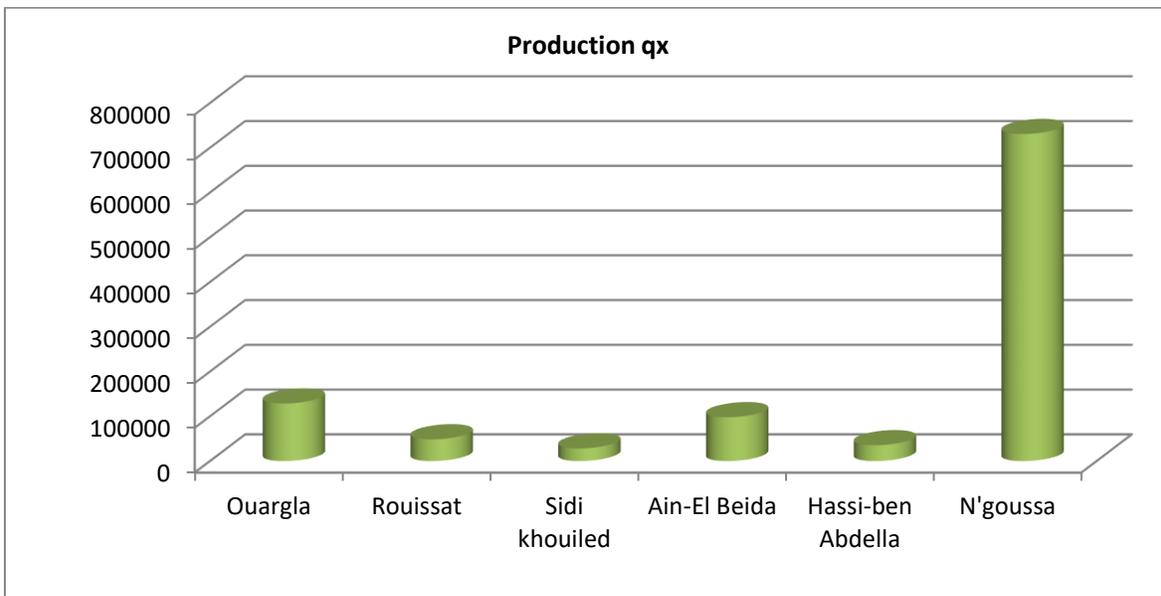


Figure 21 La production des diverses zones dans la cuvette de Ouargla

### III.7. DESCRIPTION GÉNÉRALE DES PROBLÈMES :

La région de Rouissat-Benithour connaît depuis longtemps un surplus d'eau, engendrant des problèmes écologiques tant dans les zones urbaines que dans les zones agricoles. En effet, les variations saisonnières du niveau de la nappe phréatique entraînent fréquemment des affaissements du sol.

Dans les zones agricoles, la nappe phréatique a créé un environnement anaérobie préjudiciable aux cultures, y compris aux palmiers.

Au cours de la dernière décennie, le niveau piézométrique de la nappe a connu une hausse continue, atteignant actuellement un seuil critique.



**Figure 22** le problème de la salinité et l'excès d'eau (photo prise par Belabas, 2023)

Cette situation engendre d'importants problèmes dans ma région d'étude. La présence d'eau stagnante, par endroits en surface, caractérisée par une salinité très élevée, met en péril la durabilité des palmiers et l'ensemble de l'agriculture oasienne. De plus, les eaux usées non traitées déversées directement dans les deux principaux canaux de drainage (Est et Ouest) ne sont pas pompées pour être évacuées vers un point d'exutoire, ce qui entraîne une stagnation et constitue ainsi une grave source de pollution environnementale.



**Figure 23** Décharges et rejets anarchiques des déchets d'urbanisme dans des palmeraies (photo prise par Belabas, 2023).



**Figure 24** Stagnation des eaux dans les palmeraies (photo prise par Belabas, 2023)

### III.8. Facteurs contribuant à la remontée de la nappe phréatique :

Les facteurs qui contribuent à la remontée des eaux sont :

- Pertes dans le réseau d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP).
- Pertes dans le réseau d'assainissement.
- Systèmes d'assainissement autonome.
- Irrigation non régulée des palmiers.
- Absence d'exutoire naturel.
- Topographie extrêmement plate.
- Manque d'un réseau de drainage adéquat pour les palmiers, ainsi qu'une insuffisance à cet égard.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons entrepris une synthèse exhaustive de l'analyse approfondie des problématiques liées à la remontée de la nappe phréatique dans la localité de Rouissat Benithour.

Nous avons examiné ces sujets sous différents points de vue afin de fournir une vision complète et précise de l'ensemble du réseau, y compris une évaluation approfondie de ses paramètres hydrauliques. Notre objectif était de parvenir à une compréhension approfondie et globale de ces éléments cruciaux.

En fin de compte, notre démarche visait à garantir le fonctionnement optimal de ce réseau, en mettant en lumière les éléments nécessaires pour sa performance optimale. Notre engagement à analyser en détail les calculs et les aspects hydrauliques a contribué à éclairer les moyens par lesquels ces problématiques peuvent être abordées pour un résultat plus efficace et fonctionnel.

**CHAPITRE IV**  
**Calcul des besoins hydrauliques**

## CHAPITRE IV : CALCUL DES BESOINS HYDRAULIQUES

### IV.1 INFLUENCE DES IRRIGATIONS :

#### IV.1.1. Besoin en eau pour la culture des palmiers :

Dans cette section, nous nous attacherons à quantifier les besoins en eau spécifiques à la culture des palmiers. Pour ce faire, nous nous appuyerons sur les données précédemment établies, notamment les quantités et les périodes d'irrigation nécessaires tout au long du cycle de croissance des palmiers. Notre objectif premier est de compenser le déficit hydrique au niveau de la couche active du sol, compte tenu de la culture des palmiers dans la région.

#### IV.1.2. Évaluation des prélèvements :

En raison de la diversité des facteurs qui peuvent affecter l'évapotranspiration, des approches simplifiées ont été développées pour estimer les quantités d'eau absorbées par les plantes et l'évaporation dans la région des racines.

- Référence d'évapotranspiration.
- Évapotranspiration maximale.

#### a) Concept d'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) :

L'ET<sub>0</sub> représente la quantité maximale d'eau consommée par une culture de référence, généralement du gazon, qui recouvre complètement le sol et présente une hauteur uniforme de quelques centimètres. Cette estimation est basée sur deux hypothèses essentielles :

- La culture est à son stade de développement végétatif maximal.
- Le sol est suffisamment pourvu en eau, c'est-à-dire qu'il a atteint sa capacité maximale de rétention d'eau.

L'ET<sub>0</sub> est calculée principalement à l'aide de formules empiriques, parmi lesquelles on trouve :

1. La formule de Blaney-Criddle.
2. La formule de Thornthwaite.
3. La formule de Turc.
4. La formule de Penman.
5. La formule de Bouchet.
6. La formule de Penman-Monteith, et bien d'autres.

- Exemples de formules de calcul d'ETO :

### 1-FORMULE DE BLANEY-CRIDDLE :

$$ET0 = (8.13 + 0.46T) P$$

**ET0** : évapotranspiration de référence en mm/moi

**T** : température moyenne mensuelle, en°C

**P** : pourcentage d'éclairement (en fonction de la latitude)

### 2- FORMULE TURC :

$$ET0 = 0.4 (Rs + 50) (t/t + 15)$$

**Rs** : Radiation globale, en cal/cm<sup>2</sup>j.

Si **Rs** n'est pas connu :  $Rs = Ra(0.18 + 0.62(n/N))$

**Ra** : rayonnement extra-terrestre, en cal/cm<sup>2</sup>

**N** : durée astronomique possible d'insolation (W/mois)

**n** : durée d'insolation effective (W/mois)

**Ra** et **N** : en fonction de latitude du lieu uniquement

### 3-MÉTHODE DE M. PENMAN & MONTHEIT MODIFIÉE :

La formule modifiée de M. Penman & Montheit tient compte de l'influence du paramètre du vent, en plus des ajustements supplémentaires qui prennent en considération les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Les observations ont démontré que cette expression modifiée permet de prédire de manière précise l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme l'Angleterre, mais également dans des zones très chaudes et semi-arides. La formulation révisée de la méthode de M. Penman & Montheit se présente comme suit :

$$ET0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)]$$

**Où :**

**ET<sub>o</sub>** : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

**W** : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

**R<sub>n</sub>** : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimée en mm/jour.

**F(u)** : Fonction liée au vent.

**ea** : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

**ed** : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air exprimée en millibars.

La différence(**ea-ed**) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

**b) Évapotranspiration maximale (ETM) :**

L'évapotranspiration réelle est influencée par une multitude de paramètres tels que le type de culture, le stade de développement, l'état de santé des plantes, la disponibilité en eau, la fertilité du sol, et bien d'autres.

En ce qui concerne l'irrigation, l'objectif est d'optimiser les conditions de croissance des plantes et de déterminer les besoins en irrigation en se basant sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ETM).

$$ETM = K_c * ET_0$$

Avec : K<sub>c</sub> coefficient cultural.

**Tableau 19** Valeurs du coefficient (K<sub>c</sub>) pour le palmier dattier (DOORENBOS et PRUITT, 1977)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sép	Oct	Nov	Déc
<b>K<sub>c</sub></b>	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,85	0,85	0,80

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué au moyen d'un logiciel connu sous le nom de CROPWAT 8. Cette méthode s'appuie sur la formulation modifiée de M. Penman & Montheit, une approche recommandée par des experts lors d'une consultation de la FAO qui s'est tenue à Rome en mai 1990.

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled

Country:  Station:

Altitude:  m. Latitude:  °N Longitude:  °E

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ETo
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m <sup>2</sup> /day	mm/day
January	0.5	21.0	58	2.5	7.6	12.5	2.99
February	1.4	25.0	49	2.8	7.9	15.1	4.33
March	3.8	31.0	40	3.1	8.6	18.9	6.35
April	8.7	37.5	33	3.3	9.4	22.5	8.56
May	13.9	41.7	28	3.4	9.3	23.7	9.94
June	18.9	45.3	22	3.5	10.2	25.3	11.22
July	23.6	47.5	21	3.0	11.0	26.3	10.85
August	23.5	46.2	21	3.0	10.5	24.5	10.23
September	18.6	43.0	30	3.0	8.5	19.6	8.60
October	12.3	36.8	38	2.7	8.2	16.4	6.29
November	5.3	28.7	49	2.5	7.9	13.3	4.17
December	1.3	22.0	60	2.5	6.9	11.1	2.92
<b>Average</b>	<b>11.0</b>	<b>35.5</b>	<b>37</b>	<b>2.9</b>	<b>8.8</b>	<b>19.1</b>	<b>7.20</b>

**Figure 25** Photo de logiciel de calcul (CROPWAT8)

Pour utiliser le logiciel, il est essentiel de soumettre les données mensuelles de la station météorologique. La méthode choisie repose sur des données homogènes et crédibles, telles que définies dans le chapitre 1.

**Température** = Les températures moyennes sont données en degré Celsius.

**Humidité de l'air** = L'humidité relative de l'air exprimé en pourcentage de (10 à 100).

**Insolation journalière** = L'insolation journalière donnée en heures d'insolation de (1 à 20).

**Vitesse de vent** = La vitesse du vent peut être introduite en m/sec de (0 à 10).

- Les résultats de l'évapotranspiration de références sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 20** L'évapotranspiration de référence ET0

Mois	T moy	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	ET0
	C°	%	m/s	(hours)	MJ/m2/j	mm/j
<b>Janvier</b>	11.09	58.73	2.57	7.6	12.5	2.99
<b>Février</b>	13.21	49.25	2.82	7.9	15.1	4.33
<b>Mars</b>	17.45	40	3.13	8.6	18.9	6.35
<b>Avril</b>	23.09	33.34	3.38	9.4	22.5	8.59
<b>Mai</b>	27.85	28.3	3.41	9.3	23.7	9.94
<b>Juin</b>	32.06	22.03	3.5	10.2	25.3	11.22
<b>Juillet</b>	35.55	18.08	3.14	11	26.3	10.85
<b>Août</b>	34.91	21.27	3.04	10.5	24.5	10.23
<b>Septembre</b>	30.85	30.39	3.06	8.5	19.6	8.60
<b>Octobre</b>	24.59	38.89	2.69	8.2	16.4	6.29
<b>Novembre</b>	17.01	49.17	2.58	7.9	13.3	4.17
<b>Décembre</b>	11.68	60.2	2.54	6.9	11.1	2.92
<b>Moyen</b>	23.71	37	2.9	8.8	19.1	7.20

#### IV.2.3. L'impact de l'oasis :

Selon les conclusions de l'étude menée par TOUTAIN (1990) il a été observé une réduction de la consommation d'eau pour les cultures cultivées sous les palmeraies. En effet, les cultures sous les palmiers nécessitent moins d'eau que celles en plein champ, notamment lorsque la couverture de palmiers est dense. Cette réduction s'explique par l'amélioration des paramètres climatiques sous le couvert des palmiers, ce qui entraîne une diminution de l'évapotranspiration réelle (ETR).

Ainsi, nous intégrons le coefficient d'abattement de l'évapotranspiration potentielle (ETP) proposé par TOUTAIN. Dans le cas d'une palmeraie dense de **6mètres X 6 mètres**, la réduction de l'évapotranspiration est estimée à **40%**.

#### IV.2.4. Analyse des données de précipitations :

Dans le but d'évaluer le déficit de précipitations pour les besoins en eau d'irrigation, une analyse statistique a été entreprise. Son objectif était de déterminer la part des précipitations qui réellement contribue à satisfaire les besoins en eau d'une culture donnée.

**Tableau 21** Pluies totale mensuelles moyennes

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

#### IV.2.5. Calcul de la précipitation efficace :

Pour prendre en compte les pertes, l'application du programme (Cropwat 8) nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme la fraction des précipitations qui contribue effectivement à satisfaire les besoins en évapotranspiration de la culture, après déduction des pertes dues au ruissellement de surface et à l'évaporation.

**Tableau 22** Pluies totale mensuelles moyennes

	<b>ET0</b>	<b>Pluie moy</b>	<b>Pluie efficace</b>
	<b>mm/j</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
<b>Janvier</b>	2.99	11.7	8.2
<b>Février</b>	4.33	2.1	1.5
<b>Mars</b>	6.35	6.3	4.4
<b>Avril</b>	8.59	5.1	3.6
<b>Mai</b>	9.94	5.5	3.8
<b>Juin</b>	11.22	0.2	0.1
<b>Juillet</b>	10.85	0.2	0.1
<b>Août</b>	10.23	1.5	1.0
<b>Septembre</b>	8.60	5.5	3.9
<b>Octobre</b>	6.29	6.3	4.4
<b>Novembre</b>	4.17	6.5	4.6
<b>Décembre</b>	2.92	4.8	3.3
<b>Totale</b>		55.6	38.9

#### IV.2.6. Besoin en eau des palmiers dattiers :

Les besoins hydriques des cultures sont définis par leur évapotranspiration maximale (ETM), qui vise à garantir que la plante ne souffre pas de stress hydrique, idéalement satisfait par l'irrigation (Young, 1995 ; Czarnes et al., 2000 ; Whalley et al., 2005). Pour la région d'Ouargla, nous avons utilisé CROPWAT 8 pour calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP) ainsi que l'ETM. Les valeurs obtenues représentent une moyenne annuelle sur la période de 1990-2021 (Tableau 23).

En règle générale, les valeurs de l'ETP déterminent la fréquence des irrigations (OLLIER et POIREE, 1983). Plus l'ETP est élevé (notamment en mai, juin, juillet et août), plus la fréquence d'irrigation est adaptée en conséquence (DUBOST, 1992).

**Tableau 23** Estimation des besoins en eau des palmiers dattiers à Ouargla

Mois	ETP (mm)	KC	ETM (mm)
Janvier	92.54	0,80	74.03
Février	121.26	0,85	103.07
Mars	196.89	0,90	177.20
Avril	256.78	0,95	243.94
Mai	308.17	1,00	308.17
Juin	336.67	1,00	336.67
Juillet	336.48	1,00	336.48
Août	317.21	1,00	317.21
Septembre	257.90	0,90	232.11
Octobre	195.08	0,85	165.82
Novembre	124.99	0,85	106.24
Décembre	90.51	0,80	72.41

Lorsque les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) sont élevées, il est essentiel d'effectuer des lessivages saisonniers continus sur les sols salins afin de réduire l'accumulation de sels nocifs en excès (DUTIL, 1960). Cette exigence soulève la nécessité d'une réflexion approfondie lors de la conception des systèmes de drainage (DAESHINER, 1985).

- Les irrigations sont effectuées sur des parcelles de 50 mètres de longueur et 4 mètres de largeur, comme illustré dans (le schéma 1). Chaque irrigation a lieu toutes les 6 jours.

Les agriculteurs pratiquent 5 irrigations par mois, avec une fréquence d'irrigation de 6 jours. Il est important de noter que les palmeraies suivent des méthodes traditionnelles, et la distance entre les palmiers varie généralement de 5 à 6 mètres pour la majorité des parcelles.

Par conséquent, la dose d'arrosage est calculée comme suit :

$$D = B / (\text{Nombre d'irrigations})$$

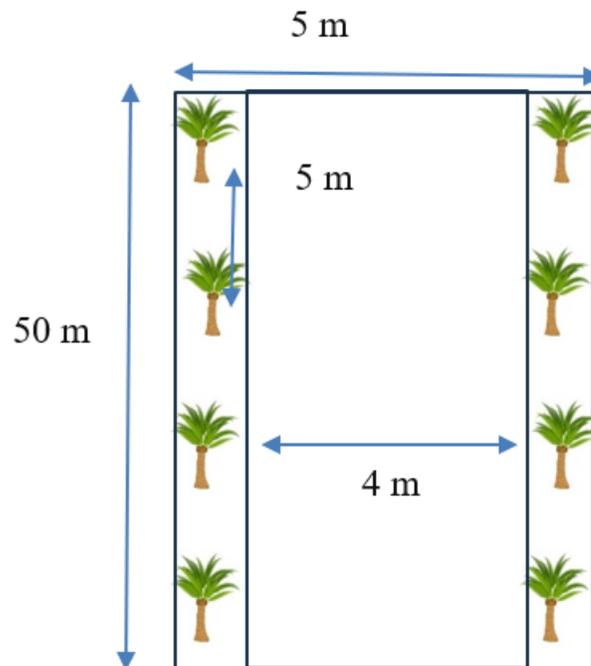
$$D = 336.67 / 5$$

$$D = 67.34 \text{ mm}$$

La dose d'irrigation corrigée, notée  $D_{\text{ois}}$ , est obtenue en multipliant  $D$  par 0.6, ce qui équivaut à 40.41 mm

$$D_{\text{ois}} = 0.6 * 67.34$$

$$D_{\text{ois}} = 40.41 \text{ mm}$$



**Schéma IV**

## IV.2.7 Programme d'irrigation de la palmeraie et gestion des pertes hydriques:

Dans le cadre du programme d'irrigation de la palmeraie, nous avons utilisé une dose de 40.41 mm, équivalente à 404.1 m<sup>3</sup>/ha. Cette irrigation est effectuée par planche, avec un rendement de 50% à 55% dans un sol de type sablonneux, entraînant ainsi une perte d'eau de 50% à 45%.

Pour calculer le volume net (Id) délivré après ces pertes, nous utilisons la formule suivante :

$$Id = (404.1 * 100) / 55$$

$$Id = 734.73 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Cependant, pour obtenir le volume brut (B<sub>brute</sub>), nous divisons le volume net par le rendement :

$$\mathbf{B_{brute} = B_{net} / Rendement}$$

$$B_{brute} = (404.1 * 100) / 55$$

$$B_{brute} = 734.73 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Sur ce volume brut de 734.73 m<sup>3</sup>/ha, il convient de prendre en compte les pertes dues à la percolation et à l'évapotranspiration (ETP), ce qui nous donne les pertes totales :

$$\mathbf{Pertes\ totales = 734.73 \text{ m}^3/\text{ha} - 404.1 \text{ m}^3/\text{ha} = 330.63 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

- **Les pertes spécifiques :**

se répartissent comme suit :

- ✓ Pertes pour évaporation : 330.63 m<sup>3</sup>/ha \* 0.1 = 33.06 m<sup>3</sup>/ha
- ✓ Pertes pour percolation : 330.63 m<sup>3</sup>/ha \* 0.35 = 115.75 m<sup>3</sup>/ha

### IV.2.7.1 Calcul du débit critique :

L'excédent de débit provient principalement des pertes par percolation dans le sol. Pour déterminer ce débit excédentaire (qc), nous utilisons la formule suivante :

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

$$qc = 115.75 / 5$$

$$qc = 23.15 \text{ m}^3/\text{j}$$

Ce débit de 23.15 m<sup>3</sup>/jour constitue l'excès d'eau résultant des pertes par percolation sur une base quotidienne. Cette valeur est essentielle pour la gestion et l'optimisation de l'irrigation dans la palmeraie.

### IV.3. Lessivage des sols :

Le lessivage est une technique agricole qui consiste à apporter des quantités supplémentaires d'eau aux cultures, dépassant leurs besoins hydriques essentiels. Cette méthode vise à déplacer les sels dissous dans le sol vers les couches plus profondes, les éloignant ainsi de la zone racinaire des plantes.

Le lessivage est crucial pour maintenir la salinité du sol à un niveau optimal. Cependant, il est important de noter que, dans la plupart des cas, le lessivage doit être complété par un système de drainage, particulièrement lorsque la nappe phréatique est présente, afin d'assurer son efficacité.

#### IV.3.1. Rôle du lessivage :

Dans les cultures irriguées, le lessivage a pour but d'éliminer les sels accumulés dans la partie du sol où les racines sont actives. Ces sels peuvent être présents naturellement ou peuvent être apportés par les eaux d'irrigation.

Le processus de lessivage nécessite :

- Des conditions de drainage interne adéquates pour permettre l'élimination des sels en excès hors de la zone racinaire, ou au moins leur maintien à une profondeur telle qu'ils n'affectent pas la culture.
- La connaissance de la quantité supplémentaire d'eau nécessaire pour réduire la salinité à un niveau acceptable.

#### IV.3.2. Calcul du lessivage d'entretien :

Dans ce mode, la dose de lessivage est apportée par fractions en même temps que les doses d'irrigation, c'est-à-dire que l'accumulation de sels dans le sol est prévenue, et ils sont éliminés progressivement. Le système d'irrigation existant est donc utilisé pour appliquer les doses de lessivage simultanément aux doses d'irrigation. En 1972, M. Rhodes a présenté une formule qui permet une évaluation plus raisonnée de la fraction de lessivage d'entretien.

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w}$$

Suivant la quelle :

$LR$  : Fraction minimal de lessivage d'entretien en%.

$EC_w$  : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation ( $EC_w = 4$  mmhos/cm)

$EC_e$  : Conductivité électrique du sol qui provoque une chute de rendement de 10%  
(d'après la table de FAO)

Donc : pour  $ECe = 7$  mmhos/cm

$$LR = 4 / (5 * 7) - 4$$

$$LR = 0.129 \approx 13\%$$

Il faudra donc à chaque irrigation augmenté la dose de **13%**

### IV.3.3. Lessivage initial :

Il s'agit d'apporter toute la dose de lessivage en une seule opération entre deux périodes d'irrigation. Cette approche permet d'éliminer les sels accumulés dans le sol pendant la campagne d'irrigation précédente, ramenant ainsi le niveau de salinité du sol à un seuil acceptable.

Ce type d'application d'eau au sol utilise généralement un système d'irrigation de surface, plus spécifiquement l'irrigation par submersion.

Pour estimer les volumes d'eau nécessaires pour le lessivage initial du sol, on peut utiliser la formule développée par M. Volubuev.

Avec :

$$H = -\alpha \times \theta \times D \times \log \frac{(S - S_i)}{(S_0 - S)}$$

$H$  : La lame d'eau à appliquer pour satisfaire les besoins du lessivage initial en (m).

$D$  : La profondeur d'enracinement en (m).

$S$  : La salinité à laquelle on veut amener le sol (ECe en mmhos/cm).

$S_i$  : La salinité de l'eau d'irrigation en (ECw en mmhos/cm).

$S_0$  : La salinité moyenne avant lessivage en (mmhos/cm)

$\theta$  : L'humidité de sol en %.

$\alpha$  : Coefficient dépendant de la texture de sol :

- ✓ -Sablo-limoneux à limono sableux :  $\alpha = 0,5$  à  $0,6$ .
- ✓ -Argilo-sablo-limoneux :  $\alpha = 0,4$  à  $0,5$ .
- ✓ -Argile :  $\alpha = 0,2$  à  $0,3$ .

Le lessivage initial est préconisé sur les sols hydromorphe et vertisols, ainsi que sur certains sols situés à proximité de la mer et présentant une salinité supérieure à 2mmhos/cm.

- ✓ La salinité moyenne de l'eau d'irrigation  $S_i=4.27\text{mmhos/cm}$ .
- ✓ Les épaisseurs des sols à lessivé c'est le max des profondeurs des cultures existantes C'est les palmeraies : **1.5m**
- ✓ Le coefficient  $\alpha$  est égal à **0,55** dans le cas des sols sableux- limoneux
- ✓ La salinité moyenne du sol avant lessivage est représentée par la valeur maximale des  $EC_e = 11.12$

$$H = -0.55 * 0.5 * 1.5 * \ln \left( \frac{6-4}{11.2-4} \right)$$

$$H = 0.227 \text{ m} = 2270 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\mathbf{H = 227.42 \text{ mm}}$$

Le lessivage capital requis est de 227.42 mm Pour appliquer ce lessivage de manière efficace, nous devons le répartir sur une période de 5 jours, ce qui équivaut à environ 45.49 mm /jour.

Il est essentiel de s'assurer que ce volume d'eau peut être évacué en 5 jours pour éviter tout risque de pourrissement des racines.

En d'autres termes, le débit d'évacuation nécessaire pour le drain doit être d'environ 45.49 mm/jour. Cette méthode de lessivage devrait être mise en œuvre en début d'année ou chaque fois que nous constatons une augmentation des niveaux de sel dans le sol pour maintenir un environnement racinaire sain.

#### **IV.3.4 Calcul de la dose de lessivage DL :**

Les doses de lessivage peuvent également introduire un excès d'eau dans le sol. Par conséquent, il est nécessaire de les évacuer et de les comparer aux pertes par percolation. Il est essentiel de surveiller de près ces doses de lessivage pour maintenir un équilibre hydrique adéquat dans le sol et éviter tout risque de saturation.

Donc :

La dose de lessivage est :

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

$$C_{ees} = 7 \text{ mmhos/cm}$$

$$DL = 505.1 * 4/7 * (1-0.13)$$

$$DL = 331.75 \text{ m}^3$$

$$DL = 33.175 \text{ mm}$$

Donc :

$$\mathbf{q_{DL} = 33.175 / 7 = 4.74 \text{ mm / j}}$$

## **Conclusion**

En conclusion, il est à noter que le débit spécifique du lessivage est plus élevé que celui des pertes par percolation causées par l'irrigation.

Dans ce cas, nous allons intégrer cette valeur dans notre dimensionnement du débit de drainage.

**CHAPITRE V**  
**PROJECTION DU RESEAU DE DRAINAGE**

## CHAPITRE V : PROJECTION DU RESEAU DE DRAINAGE

### Introduction :

Le drainage représente le processus d'évacuation des eaux en excès, qu'elles soient en surface ou souterraines, par des méthodes naturelles ou artificielles. Son objectif principal est de drainer un terrain excessivement humide ou inondé ou de drainer les doses de lessivages pour évacuer les excès du sel dans le sol, afin de le rendre apte à être utilisé pour des activités telles que l'agriculture, l'élevage ou la construction.

Le drainage joue un rôle crucial en régulant l'humidité excessive du sol, qu'elle soit due à la nature intrinsèque du sol lui-même ou à la proximité de sources d'eau ou de nappes phréatiques. Cette humidité excessive peut entraîner divers problèmes, notamment une réduction de l'activité biologique du sol, des échanges thermiques défavorables à la croissance des cultures, une vulnérabilité accrue des plantations aux périodes de sécheresse, une moins grande efficacité des engrais, un manque d'oxygène conduisant à l'asphyxie des racines, une dégradation des particules du sol, ainsi qu'une instabilité générale du terrain lui-même.

### Avantages de l'Assainissement du Sol :

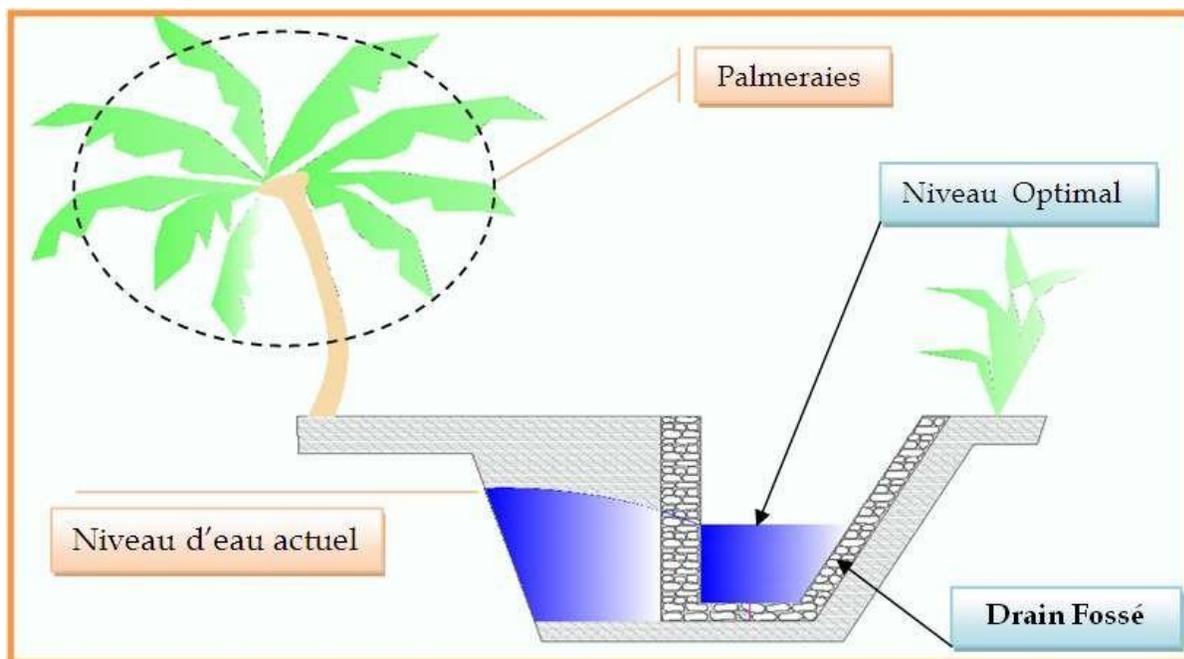
1. Amélioration de la circulation de l'air dans le sol.
2. Renforcement de la structure du sol.
3. Favorisation de la pénétration en profondeur des racines.
4. Accélération de la montée en température du sol.
5. Augmentation des processus de nitrification.
6. Réduction de la présence de mauvaises herbes et de maladies affectant les cultures.
7. Possibilité d'accéder aux parcelles en temps opportun.
8. Augmentation du rendement des cultures et amélioration de la qualité des récoltes.
9. Réduire la salinité du sol par l'évacuation des eaux de lessivage

### V.1. Drainage par fosses à Ciel Ouvert :

Cette technique consiste à creuser régulièrement des tranchées dans le sol, allant jusqu'à **2 m** de profondeur ou plus, avec une largeur comprise entre **0,5** et **1 m**.

#### Le rôle des fosses

- ✓ Interception des ruissellements superficiels et évacuation d'un excès d'eau de la superficie.
- ✓ Établir un gradient hydraulique pour que l'eau s'écoule naturellement du sol vers le fossé de drainage.



**Figure 26** Schéma du principe drainage par fossé



**Figure 27** drainage par fossé Ouargla (Source : rapport BG 2004)

## V.2. Profondeur des drains :

La détermination de la profondeur des fossés ou des drains repose principalement sur deux facteurs clés : la profondeur des racines des cultures en question et la topographie du terrain. Dans notre situation spécifique, nous avons opté pour une profondeur de 2 mètres pour les fossés, en raison du fait que les racines des palmiers s'étendent généralement jusqu'à environ 1.5 mètre dans le sol. Toutefois, il convient de souligner que diverses considérations techniques et économiques influencent nos décisions quant à la profondeur des fossés, nous imposant ainsi certaines limites.

### V.2.1. Niveau de rabattement de la nappe :

En considérant que généralement, dans des conditions défavorables, la nappe phréatique est située à environ 0.5 mètre sous la surface du sol, notre but en matière de rabattement consiste à réduire cette nappe à une profondeur de 1.55 mètre sous la surface du sol en utilisant un système de drainage. Ainsi, il est nécessaire que la nappe phréatique descende de (0.5 mètre - 1.55 mètre), ce qui équivaut à 1.05 mètre, afin d'atteindre notre objectif de rabattement.

0.5m —————> le niveau actuel

1.55m —————> le niveau à atteindre

Donc le pourcentage de rabattement  $((1.55-0.5) / (2-0.5))*100 = 70\%$

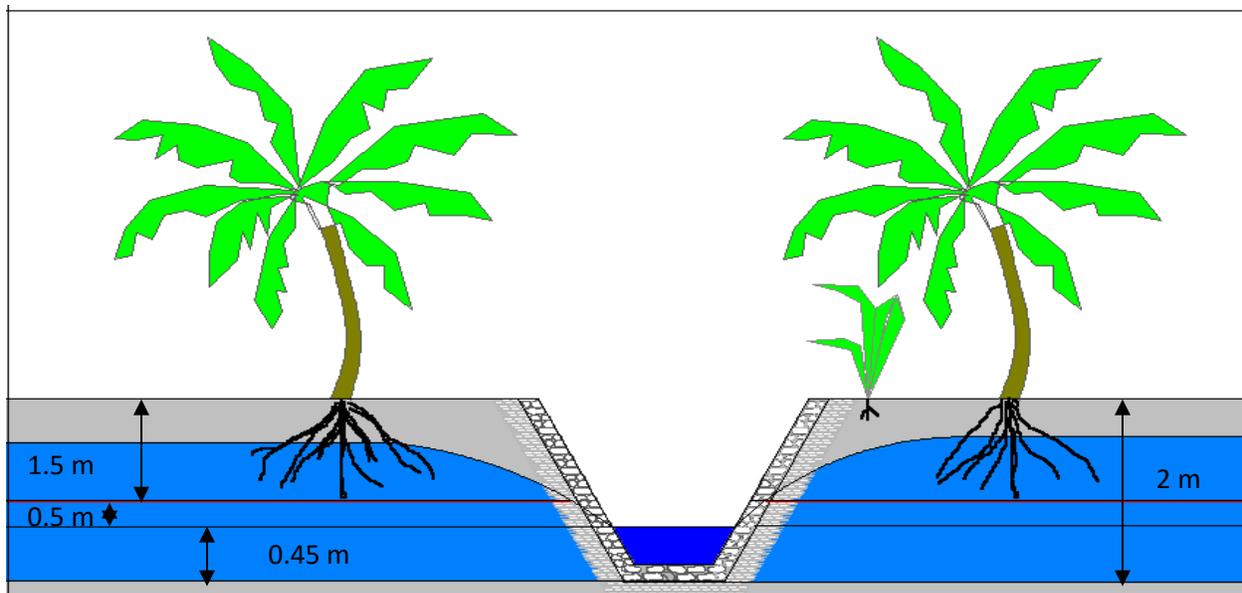


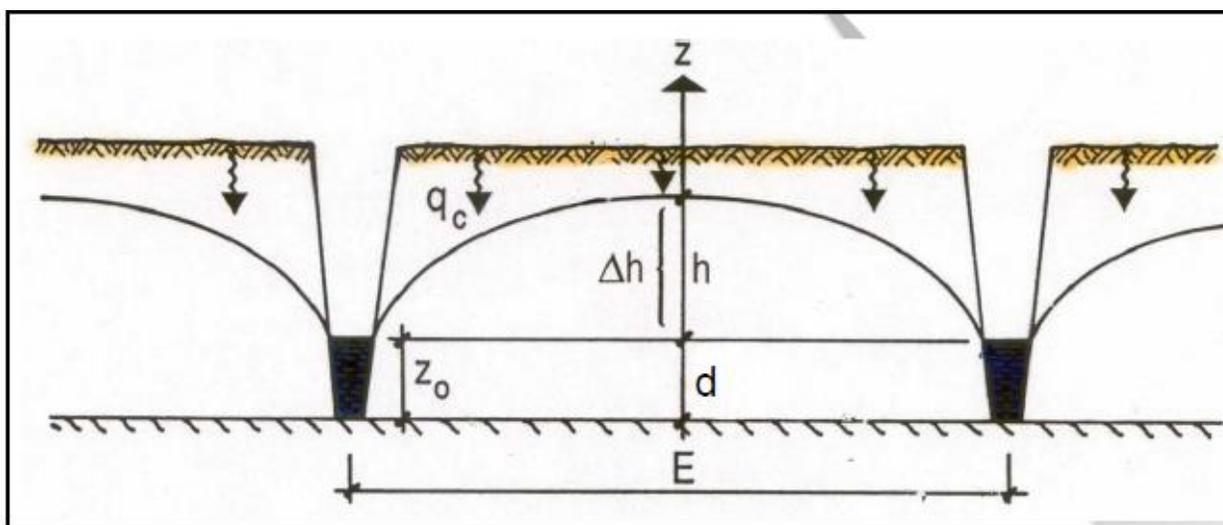
Figure 28 Schéma explicatif de système de drainage à faire

### V.2.2. Niveau d'eau (h) :

Pour élaborer un système de drainage efficace, la première étape essentielle consiste à déterminer la profondeur à laquelle la nappe phréatique (h) doit être abaissée. Dans notre zone de projet, où les palmiers dattiers sont prédominants, il est crucial de maintenir la nappe phréatique à une profondeur située entre **1,50m** et **2, m 00**. Par conséquent, l'objectif initial est de réduire la nappe à environ **1,55m**. Il est à noter que cette valeur reste une référence de départ et pourra être ajustée en fonction des caractéristiques spécifiques du terrain.

### V.3. Calcul de L'écartement théorique :

En théorie, la distance entre les drains peut être calculée en utilisant les équations du régime permanent.



**Figure 29** les paramètres intéressants pour calculer l'écartement

Pour le calcul de l'écartement nous avons utilisé le logiciel de calcul "drflow" c'est un logiciel qui permet d'utiliser la formule de "HOOGHOUDT"

$$E = \sqrt{\frac{4Kh^2 + 8Kdh}{q}}$$

Avec :

E : Ecartement des drains (m)

K : Perméabilité de terrain (m/j)

q : Module de drainage ou débit à évacuer (mm/j)

d : la profondeur fictive de l'imperméable

h: charge des drains (m)

Nous disposons des données suivantes :

- La perméabilité du sol a été calculée à partir de l'analyse physique du sol, donnant une valeur moyenne de  $K=12.38$  cm/heure, soit  $K=3$  m/jour.
- Le débit à évacuer est de  $q=4.74 * 10^{-3}$  mm/jour.
- Nous avons également la profondeur fictive de la couche imperméable, que nous pouvons exprimer comme  $d=Z-P$ , où  $Z=15$  mètres et  $P=2$  mètres, donc  $d=13$  mètres.

En utilisant ces valeurs, nous pouvons calculer E comme suit :

$$\text{Alors : } E = (4 \cdot 3 \cdot 0.4^2 + 8 \cdot 3 \cdot 0.4 \cdot 6) / 4.74 \cdot 10^{-3}$$

$$E = 112 \text{ m}$$

#### V.4. Largeur du fond (b) du fossé :

En ce qui concerne la largeur du fond (b) des fossés dans le cas générale , nous avons opté pour une valeur de **1 m**. Cette largeur est couramment recommandée pour le module de drainage, bien qu'elle puisse varier lorsque la hauteur normale dépasse **0.45 m** (tirant d'eau).

Pour notre cas en prend **b = 1 m**

#### V.5. Pente des talus m :

En ce qui concerne la pente des talus (m) des drains proposés dans le cadre de ce projet, il est généralement recommandé de choisir des valeurs qui garantiront la stabilité. Pour les sols sableux, les pentes de talus recommandées sont de **1,5 à 2,0** pour les drains collecteurs et de **1,5 à 1,75** pour les autres drains.

##### V.5.1. Pente des fossés :

La pente de drainage se situe généralement dans la plage de **0,3 à 3 %**, sauf dans certains cas particuliers dictés par la topographie.

## V.6.Calcul hydraulique :

La méthode prédominante pour le calcul de l'écoulement permanent uniforme est couramment référencée par la formule de Manning.

$$Q = (1/n) R^{2/3} \times i^{1/2} \times \omega$$

$Q$  : Débit véhiculé par le drain en (m<sup>3</sup>/s)

$R$  : Rayon hydraulique en (m)

$\omega$  : Section mouillée en (m<sup>2</sup>)

$i$  : Pente en (m/m)

$n$  : Coefficient de rugosité = 0.025 pour les drains dans moyennes conditions.

Avec :

$$R = \frac{\omega}{\chi}$$

$R$  : Rayon Hydraulique en (m)

$\omega$  : Section mouillée en (m<sup>2</sup>)

$\chi$  : Périmètre mouillé en (m)

Pour une section trapézoïdale on :

$$\omega = (b + m \times h) \times h$$

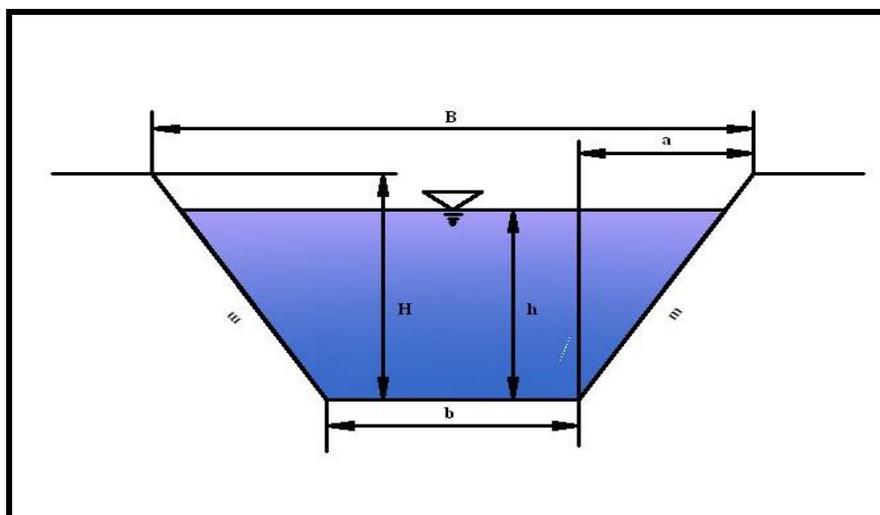
$$\chi = b + 2 \times h \sqrt{1 + m^2}$$

Pour une section rectangulaire :

$$\omega = b \times h$$

$$\chi = b + 2 \times h$$

$m$  : Pente du talus.



**Figure 30** Section transversale trapézoïdale du drain

Sur la figure on remarque : que les paramètres clés tels que le débit  $Q$ , la vitesse  $V$ , la pente du talus  $m$  et la hauteur d'eau  $h$  jouent un rôle déterminant dans la stabilité des systèmes de drainage et le comportement de l'écoulement des eaux évacuées.

### V.7. Les interventions prévues sur le système de drainage :

Notre intervention planifiée sur le système de drainage par fossé dans une parcelle sélectionnée dans la zone d'étude de Rouissat Benithhour, d'une superficie de (... ha), implique la mise en place de fossés espacés de  $E=112$  mètres. Nous allons concevoir les drains conformément au schéma explicatif élaboré à l'aide du logiciel AutoCAD, comme indiqué ci-dessous :



**Figure 31** Schéma de la projection de réseau drainage par fossé. (Autocad2016)

### V.8. Les longueurs des drains de la parcelle :

Les longueurs des drains sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 24** longueurs des drains

### V.9. Estimation de débits de drainage :

En fonction des dimensions des ilots , nous avons déterminé les débits par la relation suivante :

N° de drain	01	02	03	04	05	06
Longueurs (m)	390,97	379,39	371,25	365,75	360,45	355,15

$$Q=q*L*E$$

Avec :

Q : le débit spécifique (m/j)

L : la longueur du drain (m)

E : l'écartement (m)

Les résultats des débits sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 25** les débits de drainage

	L (m)	Q (m³/j)	Q (m³/s)
<b>01</b>	390,97	207558,2	2,40
<b>02</b>	379,39	201410,6	2,33
<b>03</b>	371,25	197089,2	2,28
<b>04</b>	365,75	194169,4	2,25
<b>05</b>	360,45	191355,7	2,21
<b>06</b>	355,15	188542,0	2,18

<b>Collecteur</b>	973.3	1180125,0	13,66
-------------------	-------	-----------	-------

### **V.10. Profils en long du collecteur :**

Le profil en long du collecteur des drains, qui prend en compte la protection de la région de Rouissat Benithour contre la remontée de la nappe, a été créé à l'aide du logiciel COVADIS. Avec une longueur de 973.3 m et un débit de 13.66 m<sup>3</sup>/s et la profondeur est de 2.5 m. Les détails du profil en long élaboré dans le cadre de ce projet sont inclus et joints aux planches

### **Conclusion**

En conclusion, le projet de drainage par fossé et de collecteur vers le drain principal de l'EST ne se limite pas uniquement à résoudre le problème de la remontée de la nappe, mais il contribue également au développement de l'agriculture le long du collecteur.

## **CHAPITRE VI**

### **Gestion, entretien et exploitation du réseau**

## CHAPITRES VI : Gestion, entretien et exploitation du réseau

### Introduction :

Le réseau de drainage est constitué de plusieurs parties : des réseaux de drainage parcellaire et un réseau de drainage qui entoure toute la ville et où les autres réseaux se jettent. Le grand réseau de drainage est muni d'une station de pompage Oum Rneb, pour évacuer ces eaux dans la sebkha de Safioune. Donc nous allons parler des précautions à prendre, la gestion et l'entretien de tout le système de drainage.

La mise en service progressive du réseau et de ses installations est une étape cruciale. Pendant cette phase, il faut que toutes les finitions soient réalisées, le fonctionnement correct du réseau est vérifié, et les performances des ouvrages d'évacuation des effluents sont contrôlées.

Pour une gestion et une exploitation optimales des réseaux de drainage est axée sur la durabilité des ouvrages et la maintenance régulière du réseau. Les techniques et les moyens à mettre en œuvre varient en fonction des contraintes, parmi lesquelles l'accessibilité à l'intérieur des ouvrages revêt une importance particulière.

### VI.1. Acquisition des informations sur le réseau :

La première étape essentielle pour une gestion efficace du système de drainage consiste à obtenir des informations complètes sur celui-ci, notamment :

- Le tracé précis du réseau.
- Toutes les caractéristiques hydrauliques telles que le débit, la vitesse, etc.
- Toutes les caractéristiques topographiques, y compris la pente, les altitudes, etc.

#### VI.1.1 Suivi du réseau de drainage :

Tout processus de surveillance d'un système de drainage nécessite en premier lieu la création d'une fiche d'identité complète du réseau à contrôler. Cette fiche fournira une connaissance détaillée en fonction des résultats recherchés et des caractéristiques du réseau, notamment :

- Les données géographiques et géométriques, incluant la disposition spatiale, le type ou la section du réseau, les altitudes du sol et des cours d'eau, les pentes, etc.

Le suivi d'un réseau de drainage répond à plusieurs objectifs, parmi lesquels on peut citer :

- La garantie de la sécurité du personnel.
- La gestion de la maintenance du réseau.
- La préservation de l'environnement urbain et naturel.

### **VI.1.2.1 Élimination des dépôts :**

Un problème courant dans les réseaux de drainage est l'accumulation de matières en suspension, en particulier le sable. Le nettoyage peut être effectué automatiquement à l'aide de dispositifs de lavage, mais ces derniers ont leurs limites d'utilisation. Il est donc préférable de prévoir des méthodes de lavage hydrodynamique ou de procéder au nettoyage manuel.

### **VI.1.2.2 Détection des fuites :**

Les fuites dans les réseaux de drainage résultent principalement de :

- Fissures dans les collecteurs ou les regards.
- Défaillance des joints d'étanchéité.

### **VI.1.2.3 Maintenance des joints :**

Les infrastructures de drainage, telles que les canalisations, peuvent présenter des problèmes d'étanchéité et même des ruptures dues à divers facteurs tels que les mouvements du sol, les vibrations causées par la circulation lourde et les agressions chimiques. Ces problèmes se manifestent généralement au niveau des joints. La maintenance consiste à réparer les joints endommagés, à éliminer les infiltrations de racines, à restaurer les sections corrodées suite à des déversements chimiques, et à assurer l'étanchéité des conduites, que ce soit pour les eaux provenant de l'extérieur ou de l'intérieur des égouts.

### **VI.1.2.4 Maintenance du réseau par inspection télévisée :**

Le diagnostic des problèmes constatés dans les canalisations non accessibles est particulièrement complexe. Il est pratiquement impossible d'examiner directement un tronçon de canalisation entre deux regards distants de 40 à 50 mètres, surtout lorsque le diamètre est inférieur à 600 millimètres, ou en cas de détection d'anomalies lors du passage d'un équipement de nettoyage. On ne peut pas déterminer si l'anomalie concerne un joint endommagé, une fissure, un raccord saillant, un dépôt incrustant ou un corps étranger.

L'inspection des égouts non accessibles est rendue possible grâce à l'utilisation de caméras montées sur un câble, initialement introduit entre deux regards d'inspection. Cette méthode permet de visualiser l'intérieur de la canalisation sur un écran de télévision. Cette technologie apporte de nombreux avantages dans plusieurs domaines, notamment :

- Identification rapide et précise de la nature des anomalies ainsi que leur localisation.
- Surveillance de l'évolution des matériaux des canalisations.
- Évaluation à long terme des méthodes de pose des conduites.
- Contrôle des niveaux d'eau souterraine dans le réseau.

- Élaboration à moyen terme de programmes de nettoyage des canalisations en fonction de leur taux d'encrassement.
- Vérification de l'efficacité des équipements de nettoyage hydrodynamique et sélection du matériel le plus adapté au nettoyage en fonction des débris perturbateurs.

## **VI.2 Maintenance et exploitation du réseau :**

L'exploitation englobe toutes les exigences physiques visant à garantir le bon fonctionnement du réseau au bénéfice des utilisateurs et de la collectivité. La fiabilité de l'ensemble des ouvrages et des équipements mécaniques dépend de plusieurs conditions et actions que le gestionnaire de cet équipement public doit respecter :

- Avoir une connaissance complète des objectifs liés à l'efficacité des installations, au respect de l'environnement et du milieu récepteur.
- Posséder une expertise technique concernant le fonctionnement et la gestion du réseau existant, permettant de déterminer la capacité d'extension nécessaire due à l'urbanisation.
- Pratiquer des travaux d'entretien pour le réseau et les ouvrages associés.
- Veiller à la protection du personnel et à l'amélioration des conditions de travail.
- Assurer la surveillance et le contrôle des équipements pour garantir la qualité exigée par les autorités avant tout rejet dans l'environnement.
- Mettre en place une organisation efficace des services (personnel, matériel, véhicules, matériaux) afin de minimiser les coûts, tout en respectant l'équilibre des finances et en considérant les économies d'énergie potentielles.

Il est reconnu que les modalités d'exploitation énumérées ci-dessus sont tout aussi importantes que la conception des équipements et des ouvrages.

## **VI.3 Techniques d'exploitation du réseau :**

Les réseaux de drainage, transportant des débits à faible vitesse, nécessitent des opérations de curage pour prévenir l'accumulation de dépôts et de sédiments. Les techniques et moyens de curage à utiliser varient en fonction de diverses contraintes, l'une des plus importantes étant l'accessibilité aux ouvrages. Les interventions périodiques comprennent notamment :

### **VI.3.1 Curage mécanique des regards visitables :**

Dans le cadre du curage mécanique des regards visitables, nous examinerons les moyens mécaniques pour deux situations différentes : en présence d'eau et en l'absence d'eau.

### A) Curage mécanique en présence d'eau :

Le curage est effectué à l'aide d'une vanne mobile capable de se déplacer longitudinalement dans la conduite à nettoyer. Cette vanne a une forme similaire à la coupe transversale de l'égout, avec une lumière obturée par une vanne secondaire au niveau du radier de l'égout. Lorsque cette lumière est ouverte, un jet d'eau s'échappe tangentiellement au radier, la vitesse dépendant de la différence de niveau d'eau entre l'amont et l'aval. Les sédiments sont ainsi déplacés vers l'aval sur une distance variable en fonction de la vitesse de l'eau, de la granulométrie et de la densité des sédiments.

### B) Curage mécanique en l'absence d'eau

Lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'eau pour utiliser l'énergie hydraulique, le curage est effectué manuellement à l'aide d'outils tels que des bras, des pelles et des pioches.

## VI.3.2 Curage des regards non visitables :

Les réseaux d'égout non visitables nécessitent deux types de procédés de curage : manuel et hydrodynamique.

### A) Procédés manuels de curage :

Ces méthodes obligent le personnel à être en contact direct avec les effluents. Deux techniques principales sont utilisées :

**a) -1 Chasse d'eau :** Cette méthode consiste à obstruer la canalisation en amont à l'aide d'un bouchon d'eau, puis à libérer rapidement cette retenue pour créer une chasse d'eau qui entraîne une grande partie des dépôts existants. Cependant, cette méthode présente des inconvénients, notamment la mise en charge du réseau et le dépôt dans la partie amont pendant la retenue.

**a) -2 Boule roulante :** Cette technique active l'auto-curage du collecteur. Une boule d'environ 50 cm de diamètre, équipée de bourrelets en forme de "S", est relâchée quotidiennement dans les collecteurs. Elle est entraînée par le courant, remettant en suspension et évacuant les dépôts.

### b) Procédé hydrodynamique de curage :

Le curage hydrodynamique est généralement effectué à l'aide de cureuses hydromécaniques et d'aspiratrices.

**b) -1 Cureuses hydromécaniques :** Ces appareils se déplacent de l'amont vers l'aval du collecteur. Un jet central désagrège les boues, tandis que d'autres jets latéraux poussent les boues émulsionnées vers le regard pour être aspirées.

**b) -2 Aspiratrices :** Ces équipements, montés sur des camions, sont composés d'une cuve de 4 à 25 m<sup>3</sup> mise en dépression par une pompe à vide. Elles sont principalement utilisées pour le

nettoyage des bouches d'engouffrement et des bacs de dessablement, ainsi que lors du curage des collecteurs visitables.

#### **VI.4 Réhabilitation du réseau :**

Lorsqu'un réseau de drainage devient inutilisable en raison des préjudices qu'il cause à l'environnement ou à la population, deux options s'offrent : le réparer ou le remplacer. Le remplacement d'un réseau d'assainissement est coûteux et les travaux entraînent plus de désagréments que la réparation. Les travaux de réhabilitation entrepris par le gestionnaire peuvent inclure les opérations suivantes :

- Fraisage des obstacles intérieurs.
- Tubage intérieur.
- Graissage intérieur.
- Injection de produits colmatants.

##### **VI.4.1 Fraisage des obstacles :**

Cette opération vise à éliminer les racines d'arbres qui pénètrent par les joints des conduites. Elle est réalisée à l'aide d'une brosse circulaire dure actionnée par un moteur électrique.

##### **VI.4.2 Injection de produits colmatants :**

Cette technique est utilisée pour les conduites de gros diamètres. Elle consiste à projeter une couche de mortier de ciment ou de résine époxyde par centrifugation, créant un gel qui permet d'obturer tout trou ou fissure.

##### **VI.4.3 Tubage intérieur :**

Le tubage intérieur est utilisé pour les conduites d'un diamètre supérieur à 1000 mm. Il implique la pose de tuyaux à l'intérieur de la canalisation, avec des méthodes telles que le collage, l'emboîtement, l'utilisation de joints en caoutchouc ou le thermo-soudage.

##### **VI.4.4 Gainage extérieur :**

Cette technique est appliquée aux canalisations traversant des terrains marécageux ou des sols agressifs. Elle consiste à envelopper la canalisation d'une gaine étanche résistante aux produits chimiques, entourée d'une couche de sable pour faciliter le drainage des eaux stagnantes autour de la conduite.

## **VI.5. Calcul technico-économique :**

Les travaux de terrassement sont essentiels pour la préparation de l'infrastructure des projets de génie civil. Ils consistent à créer la base des niveaux inférieurs d'une structure et à assurer un accès adéquat à ces niveaux. De manière générale, dans le cadre de tout projet de construction, les travaux de terrassement représentent une phase cruciale, pouvant être de grande envergure même pour des projets de taille modeste. Ces travaux nécessitent parfois des ressources substantielles.

### **VI.5.1. Définition d'un terrassement :**

De manière générale, le terme "terrassement" englobe tout processus impliquant la manipulation du sol, que ce soit pour l'excavation (déblai) ou le remplissage (remblai). Cela comprend des activités telles que creuser des tranchées, des rigoles ou, de manière plus générale, altérer la topographie du terrain. Les travaux de terrassement sont souvent liés à la manipulation de grandes quantités de terre, notamment dans des contextes tels que la préparation de sites industriels, de zones résidentielles, ou d'autres projets similaires. En général, les travaux de terrassement sont précédés par des étapes d'implantation et de piquetage visant à définir avec précision les mouvements de terre nécessaires en fonction des niveaux de terrain finaux souhaités.

### **VI.5.2. Types de terrassement :**

Il existe 2 types de terrassement : les terrassements généraux et les terrassements ordinaires.

### **VI.5.3. Les terrassements ordinaires :**

Il s'agit des travaux nécessaires pour préparer le terrain en vue de la réalisation des ouvrages prévus, une étape incontournable même lorsque le relief naturel du terrain demeure inchangé. Ces travaux se divisent en deux catégories : l'excavation (déblais) et le remplissage (remblais).

#### VI.5.4. Calcul du volume de déblai :

Les déblais sont les volumes issus des fouilles **en excavation** : pour tous les canaux de drainage à ciel ouvert.

Le volume du déblai est :  $V = L * H * B$

Avec :

L : la longueur du drain

H : la profondeur du drain

B : largeur du fossé

Les valeurs sont estimées dans le tableau suivant :

**Tableau 26** Calcul du volume de déblai

	<b>L (m)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>)</b>
<b>01</b>	390,97	781.94
<b>02</b>	379,39	758.78
<b>03</b>	371,25	742.5
<b>04</b>	365,75	731.5
<b>05</b>	360,45	720.9
<b>06</b>	355,15	710.3
<b>Collecteur</b>	973.3	2433.25

**Tableau 27** Évaluation du coût de l'excavation.

<b>Désignation des Travaux</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire TTC (DA/m)</b>	<b>Montant TTC DA</b>
<b>Déblai en terrain</b>	m3	6879.17	400	2751 668

### VI.5.5. Estimation de cout total de projet :

La superficie de la palmeraie de Rouissat Beni Thour s'étend sur 600 hectares. Pour estimer le coût du projet en se basant sur le coût de réalisation d'une parcelle de 25 hectares, on peut utiliser la relation suivante :

25 ha       $\longrightarrow$       2751668 DA

600 ha      $\longrightarrow$      ..... DA

Alors le cout total de projet est : 66040032 DA

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

En conclusion générale de cette étude, nous pouvons tirer plusieurs enseignements cruciaux.

Tout d'abord, notre analyse a mis en lumière les défis inhérents à la gestion des ressources hydriques dans une région caractérisée par un climat saharien, marqué par une aridité extrême, des températures élevées, et des précipitations rares voire inexistantes. Ces conditions imposent des contraintes significatives à la mise en valeur des terres agricoles, notamment la salinité élevée des sols, la texture grossière, la faible réserve minérale, et la présence d'encroûtements gypseux.

La prospection pédologique a été essentielle pour comprendre ces contraintes et proposer des solutions adaptées, telles que des pré-irrigations pour lessiver les sels et le drainage interne pour améliorer la qualité des sols.

De plus, l'analyse approfondie des problèmes liés à la remontée de la nappe phréatique dans la localité de Rouissat Benithour a permis de mettre en évidence les paramètres hydrauliques cruciaux pour le fonctionnement optimal du réseau de drainage. Cette démarche visait à garantir l'efficacité et la performance du réseau, en identifiant les moyens par lesquels ces problèmes peuvent être résolus de manière efficace.

Enfin, le projet de drainage par fossé et de collecteur vers le drain principal de l'EST ne se limite pas à la résolution du problème de la nappe phréatique, mais il contribue également au développement de l'agriculture dans la région. Il offre ainsi une perspective positive pour l'exploitation agricole sur une grande superficie, malgré les défis environnementaux.

En somme, cette étude offre une compréhension approfondie des enjeux liés au drainage dans un contexte saharien et propose des solutions pratiques pour surmonter ces défis, ouvrant ainsi la voie à un développement agricole durable dans la palmeraie de Rouissat Benithour.

## REFERENCIBIBLIOGRAPHIQUE

- [1] J Dubief ; le climat du Sahara, tome II fascicule I ; Alger ;1963
- [2] Rouviloise et Brigole, Le pays de Ouargla (Sahara Algérienne) ; Université de Paris Sorbonne ;1975
- [3] (La Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)
- [4] O.N.M : Office nationale de métrologique De la Wilaya de Ouargla
- [5] Google Earth (<https://earth.google.com/web/>)
- [6] J EmbourgerJ ; Géologie Saharienne ; France 1963
- [7] AZIEZ BAHBOUH L., 2023 : cours et td du drainage agricole. Polycopie ENSH Blida.
- [8] (<http://www.oss-online.org/fr/plateforme-et-donnees>)
- [9] Bureau d'étude BG ; Etudes d'assainissement des eaux résiduaires ;2004
- [10]A Cornet ; Données sur l'hydrologie Algérienne ; les eaux du crétacé inférieur, le continental dans le Sahara Algérien ; 1952
- [11]Anonyme ; Etude et gestion des ressources en eau du Sahara septentrional, volume I, FRANLAB, pour UNESCO : mars 1972
- [12]Touil Y. 2003 : étude de possibilité de réutilisation des eaux de drainage dans la cuvette de Ouargla
- [13]Office national d'irrigation-drainage (ONID) « Compte rendu sur la situation de drainage dans la région »
- [14]D. KAHLERRAS.,2018 : Organisation de chantier. Polycopie ENSH Blida.

## Liste des abréviations

A.E.P : Alimentation en Eau Potable.

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydraulique.

C.I : Continental Intercalaire.

C.T : Complexe Terminal.

D.H.W : direction Hydraulique de la Wilaya.

D.S.A : direction de Service Agricole.

O.N.A : Office National d'Assainissement.

O.N.M : Office National de Météorologie.

O.N.S : Office National de Statistique.

SAR : L'alcalinité d'une eau d'irrigation (sodium adsorption ratio)

USSL: United States Salinity Laboratory

LR: leaching Requiment (dose de lessivage)

Ce : Conductivité électrique

Mmhos/cm : millimhos par centimètre

ESP : Le taux de sodium échangeable

DSA : Direction des services agricole

ETR : Evapotranspiration réel

ETP : Evapotranspiration potentiel

Ha : Hectare

J : Jour

LR : leaching Requiment (dose de lessivage)

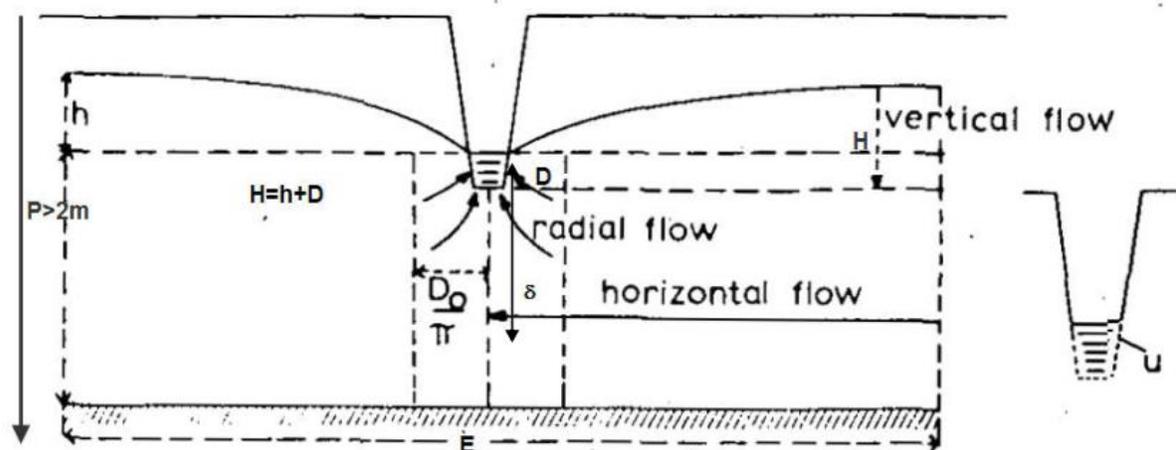
Per : Percolé

PH : Potentiel d'hydrogène

SAR : L'alcalinité d'une eau d'irrigation (sodium adsorption ratio)

## Annexe

## 1-Coupe transversale d'un fossé type trapézoïdal :



## 2-L'évapotranspiration de référence ET0 :

Mois	T moy	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	ET0
	C°	%	m/s	(hours)	MJ/m <sup>2</sup> /j	mm/j
Janvier	11.09	58.73	2.57	7.6	12.5	2.99
Février	13.21	49.25	2.82	7.9	15.1	4.33
Mars	17.45	40	3.13	8.6	18.9	6.35
Avril	23.09	33.34	3.38	9.4	22.5	8.59
Mai	27.85	28.3	3.41	9.3	23.7	9.94
Juin	32.06	22.03	3.5	10.2	25.3	11.22
Juillet	35.55	18.08	3.14	11	26.3	10.85
Août	34.91	21.27	3.04	10.5	24.5	10.23
Septembre	30.85	30.39	3.06	8.5	19.6	8.60
Octobre	24.59	38.89	2.69	8.2	16.4	6.29
Novembre	17.01	49.17	2.58	7.9	13.3	4.17
Décembre	11.68	60.2	2.54	6.9	11.1	2.92
Moyen	23.71	37	2.9	8.8	19.1	7.20

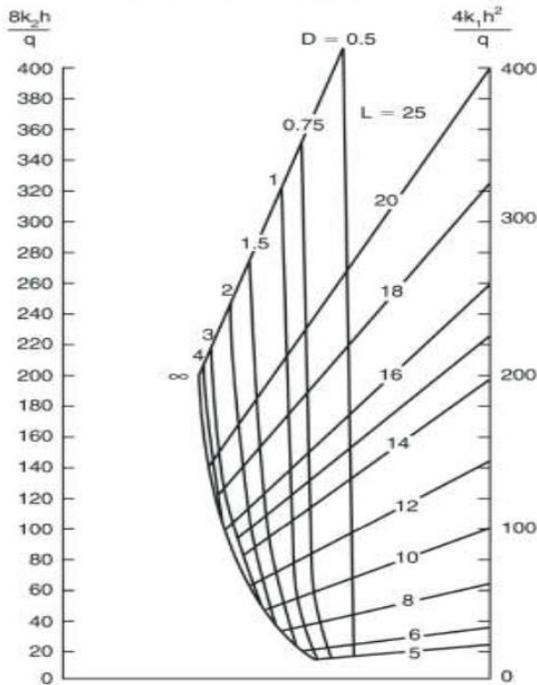
### 3-Profondeur equivalente « d » :

TABLE 7.1 Equivalent depth 'd' for commonly used pipe drains (r<sub>0</sub> = 4–10 cm; u ≥ 0.3 m)

D(m)	L (m) →																				
	5	7.5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	85	90	100	150	200	250		
0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50														
0.75	0.60	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75										
1.00	0.65	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
1.25	0.70	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15										
1.50		0.90	0.95	1.10	1.20	1.25	1.30	1.30	1.35	1.35	1.35										
1.75		0.90	1.00	1.20	1.30	1.40	1.45	1.50	1.50	1.55	1.55										
2.00			1.10	1.30	1.40	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.70	1.80	1.80	1.80	1.85	1.90	1.90	1.90	1.90	1.95	
2.25			1.15	1.35	1.50	1.70	1.70	1.75	1.80	1.85	1.85										
2.50				1.40	1.55	1.70	1.80	1.85	1.95	2.00	2.00										
2.75				1.40	1.65	1.75	1.90	2.00	2.05	2.10	2.20										
3.00				1.45	1.65	1.85	1.95	2.10	2.15	2.25	2.30	2.50	2.50	2.55	2.55	2.60	2.70	2.80	2.80	2.85	
3.25				1.50	1.70	1.90	2.05	2.15	2.25	2.35	2.40										
3.50				1.50	1.75	1.95	2.10	2.25	2.35	2.45	2.55										
3.75				1.50	1.80	1.95	2.15	2.30	2.45	2.55	2.65										
4.00					1.80	2.00	2.20	2.35	2.50	2.60	2.70	3.05	3.10	3.10	3.15	3.25	3.45	3.60	3.60	3.65	
4.50					1.85	2.10	2.30	2.50	2.65	2.75	2.85										
5.00					1.90	2.15	2.40	2.60	2.75	2.90	3.00	3.50	3.55	3.60	3.65	3.80	4.10	4.30	4.40	4.45	
5.50						2.20	2.45	2.65	2.85	3.00	3.15										
6.00							2.50	2.70	2.90	3.10	3.25	3.85	3.95	4.00	4.10	4.25	4.70	4.95	5.15	5.15	
7.00							2.55	2.80	3.05	3.25	3.45	4.15	4.25	4.35	4.40	4.60	5.20	5.55	5.80	5.80	
8.00							2.55	2.85	3.15	3.35	3.55	4.40	4.50	4.60	4.70	4.95	5.70	6.15	6.45	6.45	
9.00								2.90	3.20	3.45	3.65	4.55	4.70	4.80	4.95	5.25	6.10	6.65	7.00	7.00	
10.00									3.25	3.50	3.75	4.75	4.90	5.05	5.20	5.45	6.45	7.10	7.55	7.55	
12.50												5.00	5.20	5.40	5.55	5.90	7.20	8.05	8.70	8.70	
15.00												5.20	5.40	5.60	5.80	6.25	7.75	8.85	9.65	9.65	
17.50												5.30	5.55	5.75	6.00	6.45	8.20	9.45	10.40	10.40	
20.00													5.60	5.85	6.10	6.60	8.55	9.95	11.10	11.10	
25.00														5.75	5.95	6.20	6.80	9.00	10.70	12.10	12.10
30.00																	9.25	11.30	12.90	12.90	
35.00																	9.45	11.60	13.40	13.40	
40.00																		11.80	13.80	13.80	13.80
45.00																			12.00	13.80	13.80
50.00																			12.10	14.30	14.30
60.00																				14.60	14.60
~	0.70	0.95	1.15	1.55	1.90	2.25	2.60	2.90	3.25	3.55	3.90	5.40	5.75	6.00	6.25	6.80	9.55	12.20	14.70	14.70	

Roughly  
d = constant for D > 1/3 L

Graph A (L = 5–25 m)



Graph B (L = 10–100 m)

