

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la terre et de l'univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Intitulé du thème :

Excédent et stress hydrique dans la zone Oued Righ (Touggourt) entre (Problèmes et solutions)

Présenté par : Mr SAHRAOUI Othmane

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury :	Dr AYACHE Abbassia	(MCA/UDL/SBA)
Examinatrice :	Dr BENNABI Faiza	(MCA/UDL/SBA)
Promoteur :	Dr MELIANI Habib	(MCA/UDL/SBA)

Année universitaire 2020 - 2021

Remerciements

J'exprime toute ma gratitude et sincère dévouement à Dieu Le Tout puissant qui grâce à son aide j'ai terminé ce modeste travail.

Je tiens à remercier avec gratitude mon encadreur Mr MELIANI H., de m'avoir guidé et suivi tout au long de ce travail, de m'avoir conseillé, encouragé et aussi, prodigué de précieux conseils et je remercie aussi tous les membres de jury (Melle AYACHE A. et Melle BENNABI F.).

Sans oublier ma famille pour le soutien exemplaire moral et matériel continu tout au long de mon cycle universitaire.

Je remercie vivement l'ensemble du personnel du département des sciences de l'environnement.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à : ma mère source de tendresse et d'amour de soutien tout le long de ma vie scolaire, qui est la raison de notre existence dans cette vie.

Mon père qui il a toujours soutenu et qui a fait tout leur possible pour m'aider.

Mes frères et sœurs.

Mes tantes et oncles.

Toute la famille.

Tous mes amis (LARAKI M, MAKHLOUFI M, MOSTAPHA NECEF, MOSTAPHA SAHRAOUI).

Tous mes collègues qui ont aidés moi à compléter de loin ou de près ce modeste mémoire.

Hydrogéologie 2020/2021.

A tous ceux qui ont aidés moi.

SAHRAOUI OTHMANE

Résumé

La région de l'Oued Righ est située au nord-est du désert algérien. Les eaux usées sont retenues dans le canal d'Oued Righ, qui s'étend sur 150 km, du village de Goug Sud (Touggourt) à Chott Merouane. Et, ce canal se situe entre les palmeraies et les zones agricoles.

Les résultats apparaissent à d'autres moments, et parfois les résultats de cela sont les raisons et l'attractivité de l'environnement.

Mots clés : *Vallée d'Oued Righ, le canal principal, stress hydrique, excédent hydrique*

الملخص

تقع منطقة واد ريغ في الشمال الشرقي من صحراء الجزائر. يتم تصريف مياه الصرف الصحي في قناة وادي ريغ، التي تمتد على طول 150 كم، من قرية قوق جنوب (توقرت) الى شط مروان شمالا. و تمتد هذه القناة بين بساتين النخيل، و المناطق الزراعية.

لقد لوحظ العديد من المشاكل الناتجة عن فائض و نقص في كميات المياه، التي تؤثر على الانسان و البيئة، و لقد قمنا بذكر بعض الحلول و الفرضيات المقترحة، لتجنب المشاكل و النتائج السلبية التي تؤثر على منطقة واد ريغ ككل.

الكلمات المفتاحية: *وادي ريغ، الاجهاد المائي، فائض مائي، القناة الرئيسية.*

Abstract

The region of Oued Righ is located in the northeast of the Algerian desert. Wastewater is retained in the Oued Righ canal, which stretches 150 km from the village of Goug Sud (Touggourt) to Chott Merouane. And, this channel is located between palm groves and agricultural areas.

The results appear at other times, and sometimes the results of this are the reasons and the attractiveness of the environment.

Keywords : *Oued Righ Valley, the main channel, water stress, excess water*

Liste des abréviations

- C.I :** Continental Intercalaire
- C.T :** Complexe Terminale
- e :** la tension de vapeur d'eau
- ew :** la tension de vapeur saturant
- CT1 :** La première nappe de Le Complexe Terminal
- CT2 :** La deuxième nappe de Le Complexe Terminal
- CT3 :** La troisième nappe de Le Complexe Terminal
- A.N.R.H :** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- APS :** algérie presse service
- RWSN :** Rural Water Supply Natwork

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé الملخص Abstract	III
Liste des abréviations	IV
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralité de la zone Etude

I.1. Situation géographique	3
I.2. Historique du canal d'Oued Righ	4
I.2.1. Réalisation du canal, pendant la colonisation	5
I.2.2. Réalisation du canal, après l'indépendance	6
I.2.3. Aperçu socio-économique	6
I.2.4. Occupation de sol dans la région.....	7
I.3. Morphologie.....	8
I.4. Contexte hydro-climatique	9
I.4.1. La précipitation.....	9
I.4.2. La température	9
I.4.3. Le vent	10
I.4.4. L'évaporation	11
I.4.5. L'humidité	12

Chapitre II : Etude Géologie Et Hydrogéologie

II.1. La géologie de la région de l'Oued Righ	13
II.2. Hydrogéologie de la région de l'Oued Right	17
II.2.1. Nappe phréatique.....	17
II.2.2. Continental Intercalaire	18
II.2.3. Le Complexe Terminal	18

Chapitre III : La Majorité des problèmes et leurs causes

III.1. Définitions des termes.....	20
III.1.1. Sécheresse	20
III.1.2. Stress hydrique	20
III.1.3. Déficit hydrique	21
III.1.4. Excédent hydrique	21
III.2. Problèmes rencontrés au niveau de la vallée	21
III.2.1. Salinisation	22
III.2.1.1. Effets la salinité sur la Plante.....	23
III.2.1.2. Effets de la salinité sur le sol	23
III.2.2. La remontée des eaux	24
III.2.3. Les palmeraies se sont noyées	25
III.2.4. Érosion des sols	26
III.3. Les problèmes engendrés du stress hydrique	26
III.3.1. Evaporation.....	27
III.3.2. Problème de pluie	27
III.3.3. La sècheresse	28
III.4. Le problème du grand nombre de forage	28
III.5. Exploitation des nappes	29
III.6. Les principales causes	31
III.6.1. Pollution de l'eau	31
III. 6.2 Gaspillage excessif d'eau	31
III.6.3. Gaspillage de grandes quantités d'eau dans l'agriculture	32
III.6.4. L'évolution de la population.....	32
III.6.5. Température des eaux, Corrosion et entartage	34
III.6.6. Les rejets des eaux usées	34
III.6.7. Le développement agricole	36

III.6.8. Exploitation excessive	37
--	-----------

Chapitre IV : Les solutions et recommandations

IV.1. Les solutions proposées	38
IV.1.1. Bénéficiez du recyclage des déchets	38
IV.1.2. Nettoyage permanent du canal principal	38
IV.1.3. Élargissement du canal principal de la vallée	39
IV.1.4 Entretien des points de collecte des eaux usées (l'évier)	39
IV.1.5. Entretien des canalisations souterraines	40
IV.1.6. Construction de chemins de vallée	40
IV.1.7. Rééquipement des stations de traitement et de pompage des eaux.....	41
IV.1.8. Privilégier toutes méthodes favorables à une économie d'eaux de qualités..	41
IV.1.9 Utilisation des techniques d'irrigation modernes	42
IV.1.10. Boisement (palmeraies).....	42
IV.1.11. Ne pas creuser de puits près du canal des eaux usées.....	43
Conclusion	44
Références bibliographiques	45

Liste de figures

Figure 1 : Situation de la vallée d'Oued Righ (Chenchouni et <i>al.</i> , 2012).....	3
Figure 2 : Situation géographique de la région Touggourt.	4
Figure 3 : Tracé de l'oued Righ [Source ABHS].....	5
Figure 4 : Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2014 (Tarmoune, 2014)	8
Figure 5 : Canal Oued Righ (station Touggourt).....	8
Figure 6 : Précipitations moyennes interannuelle en (mm), (2008-2017).	9
Figure 7 : Répartition de Températures moyennes interannuelle en (C°).	10
Figure 9 : Répartition évaporation moyennes interannuelle (mm).	11
Figure 10 : Répartition de l'humidité moyenne interannuelle (%).	12
Figure 11 : Coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par le Bassin de l'Oued Righ (Cornet, 1961)	13
Figure 12 : Carte géologique du Sahara orientale 1/1 000 000.Extrait de la carte géologique du Nord-Ouest de l'Afrique (1976).	15
Figure 13 : Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique.	23
Figure 14 : La salinité des palmeraies.	23
Figure 15: Formation de croutes blanchâtres.	24
Figure 16 : Asphyxie des palmerais.	26
Figure 17 : Les effets de l'évaporation sur le sol.....	27
Figure 18 : La sécheresse du sol.	28
Figure 19 : schéma récapitulatif des différents problèmes. (Après B et Remin. 2006).	29
Figure 20 : Illustration de l'extraction de l'eau.(RWSN 2014).....	30
Figure 21 : Destruction des berges du canal en sable à cause des turbulent.	31
Figure 22 : Gaspillage de grandes quantités d'eau dans l'agriculture.	32
Figure 23 : Evolution de la population d'Oued Righ par commune.	33
Figure 24 : Vapeur d'eau dégagée par un forage albien.	35

Figure 25 : Rejet d'eaux usées sans traitement directement dans le canal.	35
Figure 26 : Une exploitation inappropriée ou excessive des terres agricoles.	36
Figure 27 : Curage de canal (CANAL-ISLE.FR, 2019).....	38
Figure 28 : Reprofilage des berges du canal (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)....	39
Figure 29 : Réparation de la conduite enterrée. (PLOMBERIE EXPRESS, 2018)....	40
Figure 30 : Ouvrages de passage. GTI-GUYANE.FR, 2009).....	41
Figure 31 : Techniques d'irrigation particulièrement bien adaptées aux climats (PLASTIQUES-AGRICOLES, 2016).....	42
Figure 32 : Verger de palmiers (APS dz , 2019).....	43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Précipitations moyennes interannuelle en (mm), (2008-2017) (O.N.M).....	9
Tableau 2 : Températures moyennes interannuelle en (°C) (2008-2017) (O.N.M).....	9
Tableau 3 : Les vitesses du vent moyen interannuel en (m/s), (2008-2017) (O.N.M). ..	10
Tableau 4 : Evaporation moyennes interannuelles (mm) Période (2008-2017). (O.N.M).....	11
Tableau 5 : Humidité moyenne interannuelle (%) Période (2008-2017(O.N.M).	12
Tableau 6: L'évolution de la population de wilaya Touggourt par commune.(BEN SAHA et MESTOURI, 2020)	33

*Introduction
générale*

INTRODUCTION

La région d'Oued Righ est l'une des régions les plus anciennement cultivées et l'une des mieux connues du Sahara septentrional algérien. Elle est constituée d'une cinquantaine d'oasis qui compte totalement environ 16000 ha cultivés et plus d'un million et demi de palmiers dattiers produisant des dattes d'excellente qualité (SAYAH, 2008).

L'irrigation dans la vallée de l'oued Righ est pratiquée depuis des millénaires. A l'origine, les nappes superficielles représentaient les seules ressources en eau, puis l'exploitation des nappes souterraines par des puits jaillissants permit l'extension des cultures irriguées (BENLAMNOUAR, 2008). L'accroissement des débits fournis s'est traduit par un engorgement des terrains, une salure croissante des sols par remontée capillaire et la présence d'eaux stagnantes dans les bas-fonds. La conséquence a été directe sur les palmeraies. Le Bas Oued Righ dans la région de Mghaïer, initialement favorisé par l'artésianisme, a été le plus touché par ces faits d'hydromorphie. Mais le Haut Oued Righ l'est également à Touggourt, le vieux Ksar de Mestaoua, a vu ses fondements menacés par la nappe qui, sous la ville, était à moins de 2m de profondeur (MARC CÔTE, 1998).

Ces menaces sur la première région dattière du Sahara algérien ont amené les pouvoirs publics à prendre deux mesures à partir des années 70 ; une campagne de rebouchage des vieux puits et la réalisation d'un grand drain de 150 km, déversant les eaux usées dans le chott Marouane. Achevé en 1984 ; il évacue 17 m³/s. Ces deux mesures se sont révélées relativement efficaces mais la prolifération des forages captant le continental intermédiaire et l'apparition des problèmes liés à l'entretien des drains n'a fait qu'accentuer le phénomène de remontée et l'apparition de nouveaux lacs d'eau.

Malheureusement, la richesse en eau dans la vallée d'Oued Righ est accompagnée par différents problèmes entre excédent et stress hydrique.

L'objectif principal de ce mémoire est de mettre l'accent en premier lieu sur les différents problèmes rencontrés dans la zone d'étude et leurs causes Puis suggérer des hypothèses et des solutions pour éviter les graves conséquences.

L'objectif sera discuté par la présentation de la synthèse d'études en dégageant quatre chapitres :

- **Le premier chapitre :** présente les principaux aspects et caractéristiques de la région d'Oued Righ utiles à la compréhension de l'écosystème, à savoir : la situation géographique de la zone d'étude.
- **Le deuxième chapitre :** présente étude géologie et hydrogéologie de la zone oued right
- **Le troisième chapitre :** traite les majeurs problèmes et rencontrés dans la région causée par l'excédent et le stresshydrique.
- **Le quatrième chapitre :** révèle les solutions et le recommandation .

Chapitre I
Généralités de la zone
Etude

Ce premier chapitre rappelle brièvement les différentes phases historiques de la constitution et de la formation climatique du canal Oued Righ.

I.1. Situation géographique

La zone d'étude « la vallée 'Oued Righ » appartenant au Bas Sahara (à 600 km au Sud de la capitale, Alger), couvre une superficie de 3750 ha. Allongée sur environ 150 km sur un axe Nord Sud, cette vallée est limitée au Nord par le chott Merouane et au Sud par El Goug (Figure 1) Sa topographie est très plane, s'approchant de 1%. Son étendue couvre plus d'une cinquantaine d'oasis où la culture des dattiers reste la seule et unique ressource socio-économique (J FUNDAM appl sci, 2017)

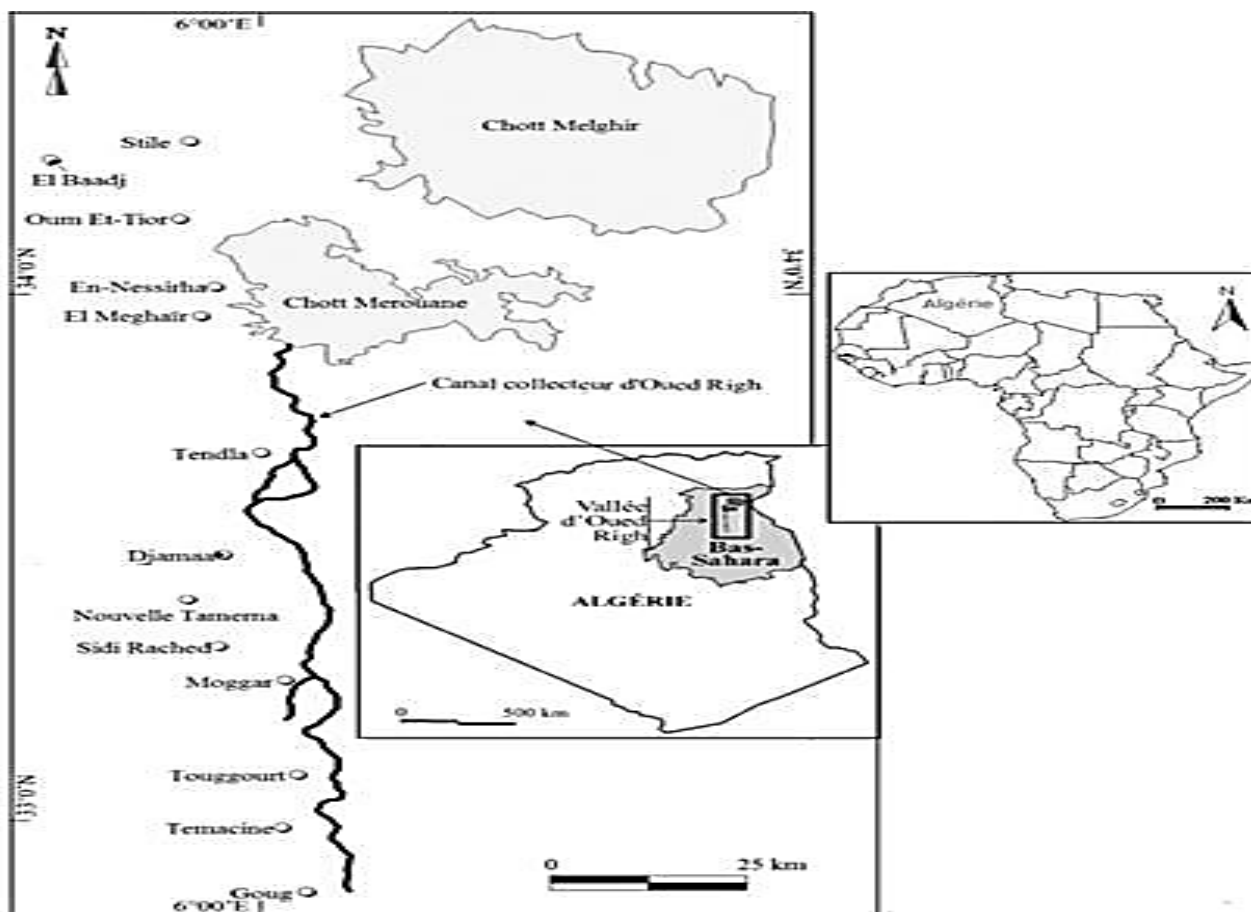


Figure 1 : Situation de la vallée d'Oued Righ (CHENCHOUNI et al., 2012).

La vallée débute au Sud de la ville de Touggourt et se termine au Nord à El Meghair où elle rejette ces eaux dans le chott Melghir (chott Merouane). Administrativement la zone est divisée sur deux wilayas, celle d'El Oued au Nord comprenant les daïras d'El Meghair et Djamaa et celle de la ville de Touggourt même si elle n'a pas le statut de chef-lieu de wilaya, elle constitue la capitale de la région.

La vallée d'Oued Righ est limitée par :

- Au Nord par la wilaya de Biskra et la commune de Tolga.
- Au Sud-Ouest par les oasis d'Ouargla.
- A l'Est la wilaya d'Oued Souf

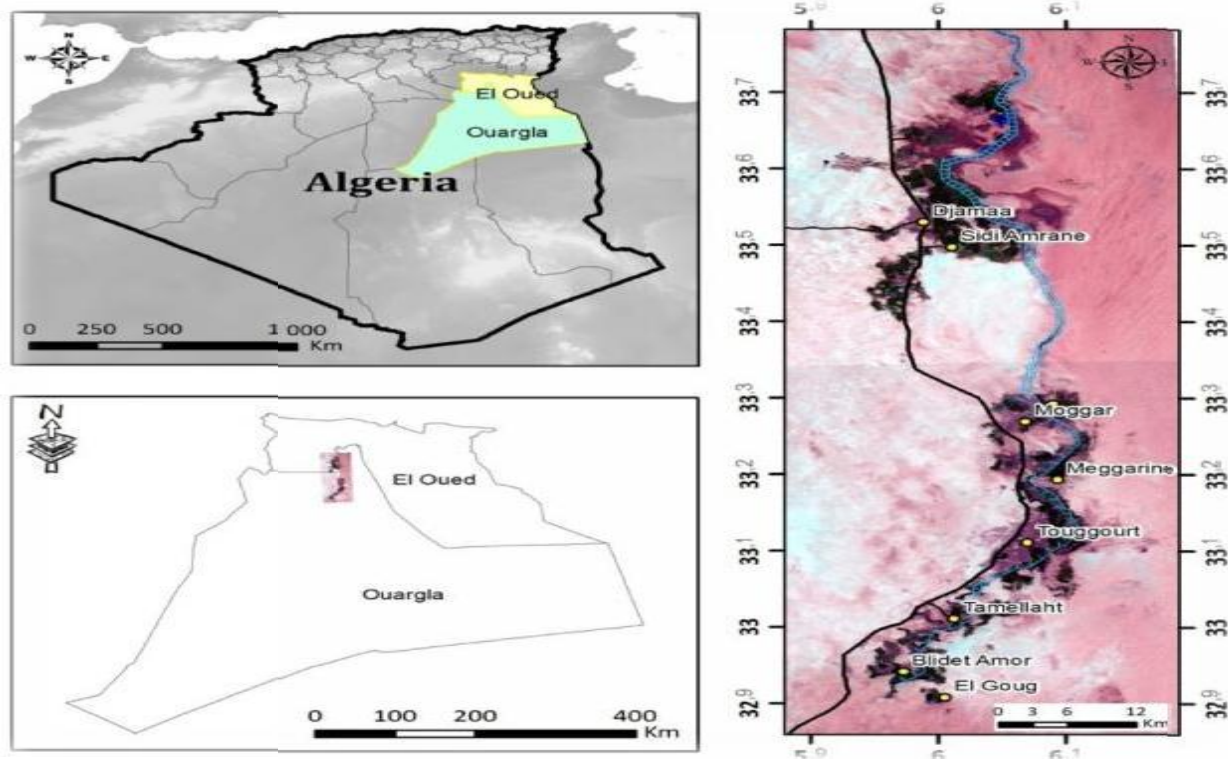


Figure 2 : Situation géographique de la région Touggourt.

I.2. Historique du canal d'Oued Righ

Le système de drainage de la vallée de l'Oued Righ est assuré par un canal à ciel ouvert, à partir de la localité de Goug (daïra de Temacine) jusqu'au chott Mérouane à Mélghir (wilaya d'El Oued) (**Figure 3**), ce canal a été initialement construit en 1924, la pente d'écoulement est de l'ordre de 1‰. Le tiers sud du canal est d'origine naturel ; les deux tiers nord ont été creusés Le canal de l'Oued Righ est caractérisé par:

- Longueur totale 150km.
- Largeur moyenne 10m.
- Profondeur moyenne 4m.
- Vitesse moyenne d'écoulement 0,7m/s.
- Débit moyen max 4m³/s.
- Salinité moyenne 15g/l.

- Pente d'écoulement moyenne 1‰.
- Le débit du canal de l'est de l'ordre 260 l/s au point du dépôt, et augmente progressivement vers l'aval 5000 l/s (SAYAH, 2008).

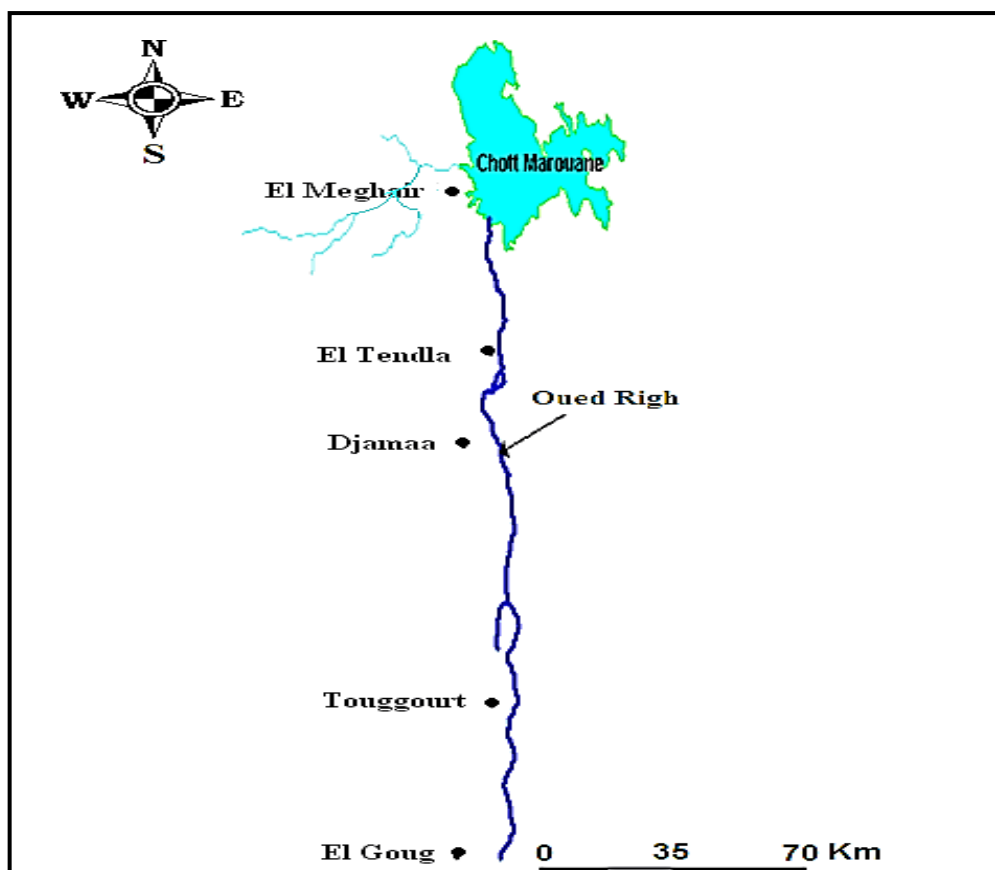


Figure 3 : Tracé de l'oued Righ [Source ABHS].

Le canal d'Oued Righ est passé par deux étapes avant d'aboutir à l'état actuel :

- 1- Réalisation pendant la colonisation.
- 2- Réalisation après l'indépendance. Mghaïer.

I.2.1. Réalisation du canal, pendant la colonisation

Initialement, l'étude du canal collecteur de l'Oued Righ a été lancée avant 1910, après l'apparition de la remontée des eaux de la nappe phréatique. À partir du village de Tamacine, jusqu'à la zone des lacs de Sidi Slimane, le lac a été creusé en tronçon, manuellement par les fellahs.

En 1912 Les eaux de drainage de la région de Djamaa étaient versées vers le Sud, dans la zone des lacs de Sidi Slimane. En outre, les eaux de drainage de la région d'El Meghaïer sont versées au Nord, vers le chott Merouane, et cela à travers l'Oued Khrouf sur une longueur d'environ 12 km avec la multiplication du nombre de forages, pour satisfaire

l'extension des cultures irriguées, les problèmes de drainage commencent à s'aggraver:

- Remontée des eaux de la nappe phréatique à la surface;
- Apparition des eaux stagnantes;
- Apparition des maladies;
- Accumulation des sels nuisibles dans les parcelles irriguées;
- Suffocation des palmiers dattiers.

En 1926, il a été remarqué que la région présente une dénivelée naturelle moyenne de 1‰ à partir de la commune de Blidet Amor (Daïra de Tamacine, wilaya de Ouargla) jusqu'à Dendouga (Daïra d'El Meghaïer, wilaya d'El-Oued) sur une longueur d'environ 136 km. Sur la base de cette dénivelée, des travaux manuels ont été lancés pour le creusement de l'actuel Oued Righ, représentant le début de ce canal collecteur. Une deuxième opération de raccordement des tronçons a été entamée par la population de la région, durant cette même année (1926) avec des méthodes traditionnelles, dans le but de faire drainer les eaux, en excès d'irrigation des palmeraies, vers le Chott Merouane. Le canal est resté dans cet état de bon fonctionnement, grâce au nettoyage périodique assuré par les autorités de cette époque, jusqu'à l'indépendance. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

I.2.2. Réalisation du canal, après l'indépendance

Dans cette étape, l'efficacité du canal était très faible, à cause du manque de nettoyage et curage, avec la croissance du nombre de forages créés dans les nouveaux périmètres irrigués ou même dans les anciennes palmeraies, sans oublier le débit d'assainissement provoqué par les agglomérations urbaines. C'est pour cela que l'Etat proposa plusieurs études d'aménagement dans la région, à savoir: Le projet ERESS (Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional), en 1972 concernant les nappes souterraines. (TESCO en 1980 et l'OSS en 2003)

I.2.3. Aperçu socio-économique

La vallée de l'Oued Righ regroupait jusqu'à 1988 cinquante (50) Oasis couvrant 15000 ha répartis le long de la vallée de part et d'autre, drainées par le canal collecteur. D'après les enquêtes de la (FAO 1988), la vallée de l'Oued Righ comprend près de deux millions de palmiers sur un total de 7,5 millions que compte le pays.

Les statistiques montrent que l'agriculture occupe 23% des travailleurs dans la zone de Touggourt, le palmier dattier est la principale culture dans la région, la variété Degla Nour domine suivie par le « Ghars » et Degla Beida. Les cultures hors palmiers sont peu

développées et occupent 10 à 15 % de la superficie dont l'orge et la luzerne sont les cultures fourragères les plus importantes. Les cultures maraichères surtout l'ail, l'oignon, carottes et navets sont également produits pour une consommation locale. En fin l'arboriculture fruitière est très marginalisée.

Les animaux élevés sont gardés dans les maisons, ils sont alimentés de fourrage, dattes sèches de qualité non marchande. Les chèvres sont élevées pour leur lait, les brebis pour la chair de leurs agneaux consommés lors des fêtes. Le pâturage sous palmier est peu pratiqué à cause bête qui fait du dégât aux niveaux des seguias, drains, tranches cultivés. **IN (DAGHICHE et KHADRAOUI, 2018).**

I.2.4. Occupation de sol dans la région

D'après l'analyse des images satellitaires la vallée Oued Righ (**TARMOUNE et al, 2014**) est occupée par :

- Eau : rassemble les surfaces d'eau et englobe donc les chotts (Chott Mérouane).
- Sol humide : représente des dépressions où le niveau statique de la nappe phréatique est plus proche de la surface du sol.
- Sol salé : rassemble les dépressions éloignées des sources d'alimentations anthropiques (eaux d'irrigation et eaux usées). L'influence des vents de sable couvre partiellement les efflorescences des cristaux de sels formés dans la frange capillaire et en surface.
- Végétation : se situe à proximité des agglomérations, représentées essentiellement par palmeraie et roseau.
- Milieu urbain (agglomérations) : est représentée par les villes, les agglomérations et routes.
- Sol nu (sable) : regroupe les grés rouges et les sables. **IN (DAGHICHE et KHADRAOUI, 2018).**

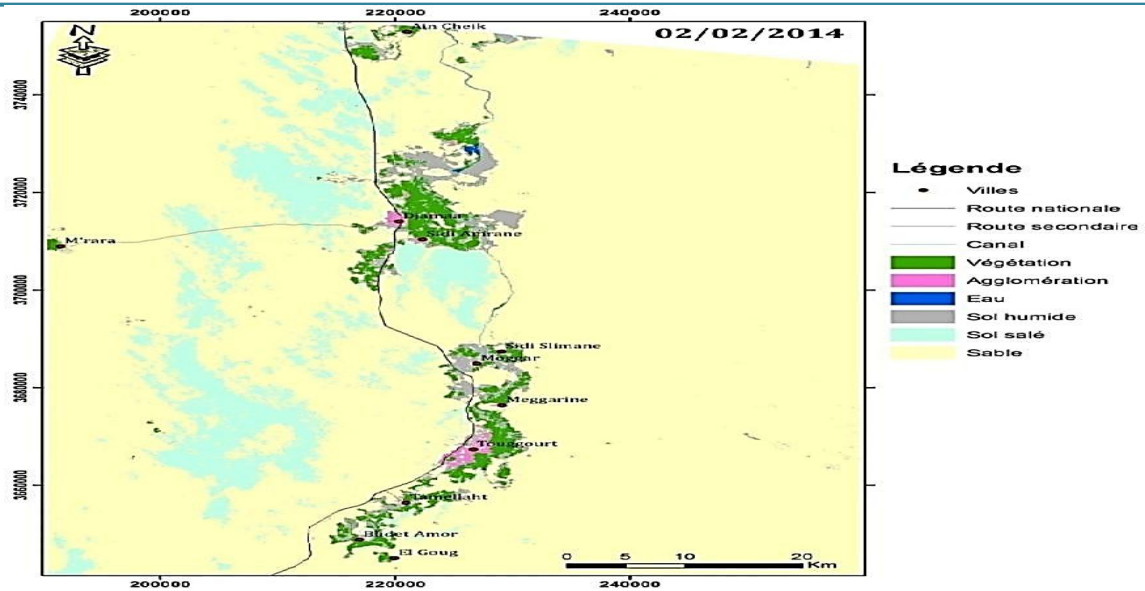


Figure 4 : Cartographie de l'occupation du sol de l'Oued Righ 2014 (Tarmoune, 2014).

I.3. Morphologie

La morphologie de la région est homogène, elle se présente comme une dépression de large fossé orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions Cette région est connue sous le nom de Bas-Sahara, à cause des basse altitude, notamment dans la zone des chotts au Nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer. L'altitude passe très progressivement de +100m à El Gouge à, +70m à Touggourt, +30m à Djamaa ,0 m à Mghaïer, -37 m au milieu du chott Mérouane (HAMMOUDA, 2013).



Figure 5 : Canal Oued Righ (Station Touggourt).

I.4. Contexte hydro-climatique

Les données climatiques sont récoltées a partir de la station de Touggourt, elles couvrent la période entre 2008 et 2017.

I.4.1. La précipitation

Les fluctuations mensuelles montrent une répartition variable de la pluie d'un mois à l'autre comme l'indique le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Précipitations moyennes interannuelle en (mm), (2008-2017) (O.N.M).

Mois	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou
P (mm)	6,02	3,75	6,35	3,41	11,49	5,01	6,79	9,66	1,8	0,47	0,05	1,2

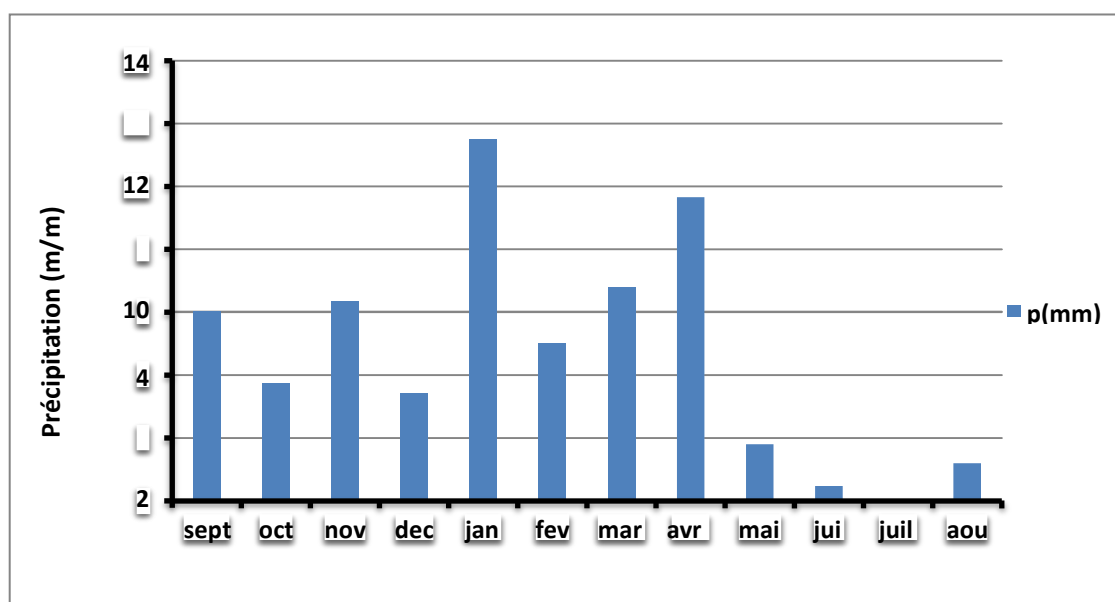


Figure 6 : Précipitations moyennes interannuelle en (mm), (2008-2017).

Dans notre zone d'étude, les précipitations sont très rares et irrégulières à travers les saisons et les années, Cependant la moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de Janvier avec une valeur de 11.49 mm et le minimum au mois de Juillet de l'ordre de 0.05 mm (Figure 06). la moyenne annuelle est de l'ordre de 4.35mm.

I.4.2. La température

C'est le deuxième facteur des conditions climatique qui joue un rôle primordial dans l'évaluation du déficit d'écoulement qui rentre dans l'estimation du bilan hydrique.

Tableau 2 : Températures moyennes interannuelle en (°C) (2008-2017) (O.N.M).

	sept	Oct	Nov	Déc	Jan	fév	ma	Avr	Mai	jui	Juil	aout
T _{min} (C°)	22,7	16,7	9,9	5,4	5,6	6,3	10,0 4	14,6	19,1	23,7	26,9	26,3
T _{max} (C°)	36,2	30,4	23,3	18,5	18,2	19,9	24,4	29,3	33,7	38,5	42,2	41,1
T _{moy} (C°)	29,45	23,55	16,6	11,95	11,9	13,1	17,2 2	21,95	26,4	31,1	34,55	33,7

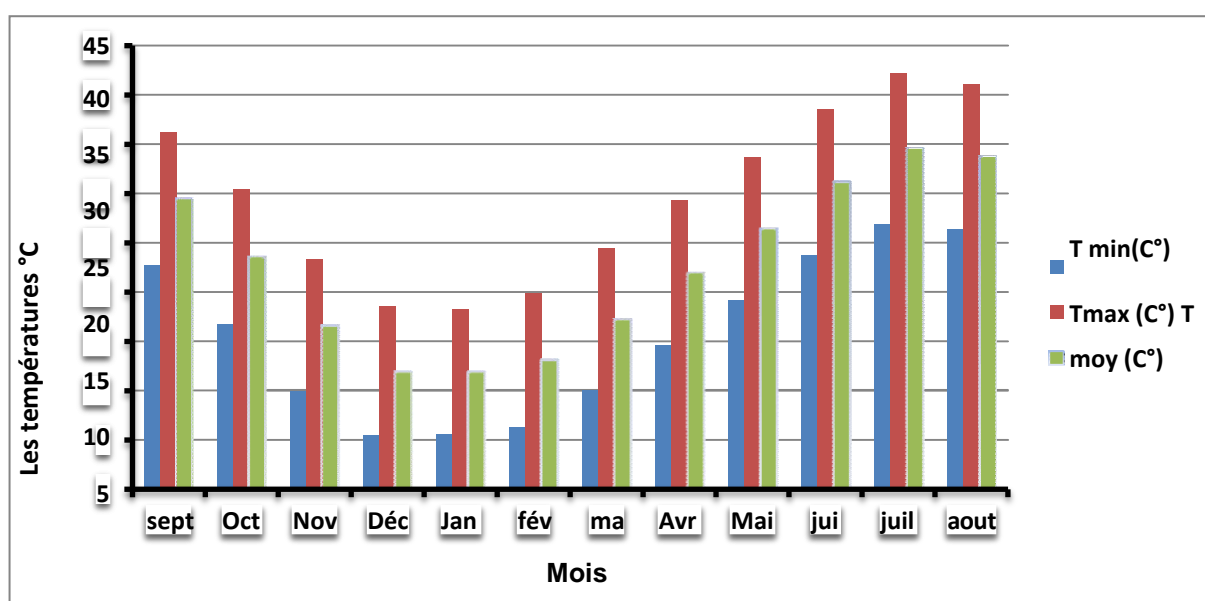


Figure 7 : Répartition de Températures moyennes interannuelle en (C°).

Les températures, dans la région d'Oued Righ sont très élevées, et la température moyenne annuelle est de 22.8°C, avec 34.5°C en mois de juillet (le mois le plus chaud) et 11.9 C° en Janvier (le mois le plus froid).

I.4.3. Le vent

Dans la zone d'étude, les vents soufflent du sud-ouest au nord-est presque toute l'année, avec des intensités relativement différentes.

Tableau 3 : Les vitesses du vent moyen interannuel en (m/s), (2008-2017) (O.N.M).

mois	sep	oct	nov	Déc	jan	fev	mar	avr	Mai	jui	juil	aou	moy
Vent (m/s)	9,26	7,99	8,13	7,29	8,39	9,39	9,98	10,71	10,48	9,73	9,29	9,11	9.14

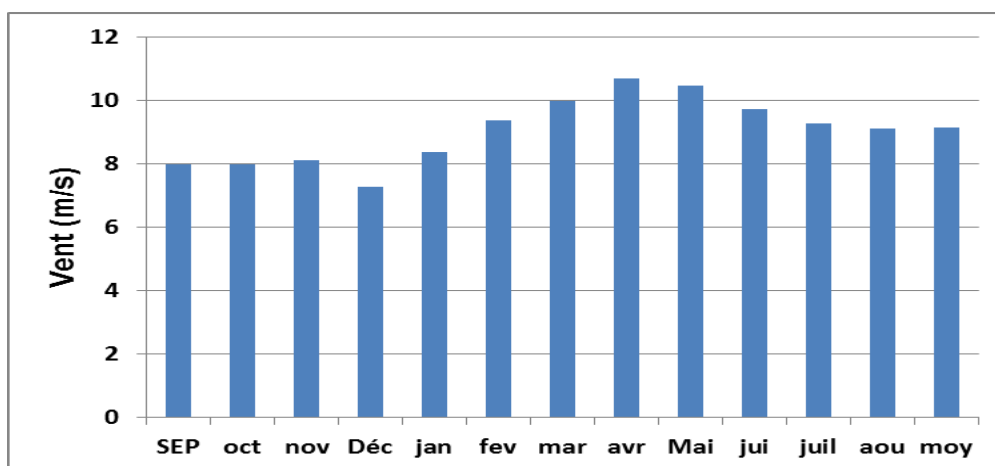


Figure 8: Répartition des vitesses des vents moyens interannuels (m/s).

La moyenne annuelle est de 9,14 m/s. La valeur la plus élevée a été enregistrée au mois d'avril à 10,71 m/s et le minimum en décembre à 7,29 m/s. Le vent souffle dans différentes directions.

I.4.4. L'évaporation

L'évaporation est définie comme le passage d'une phase liquide à une phase gazeuse, c'est-à-dire l'évaporation physique. Les plans d'eau et la végétation sont les principales sources d'évaporation. La lumière du soleil est le principal facteur du phénomène d'évaporation dans la région.

Tableau 4 : Evaporation moyennes interannuelles (mm) Période (2008-2017). (O.N.M).

mois	sep	oct	nov	Dec	jan	fev	mar	avr	Mai	jui	juil	aou
Eva (mm)	222,9	169,8	122,9	82,3	90,7	117,83	157,3	202,3	241,3	289,2	331,1	292,6

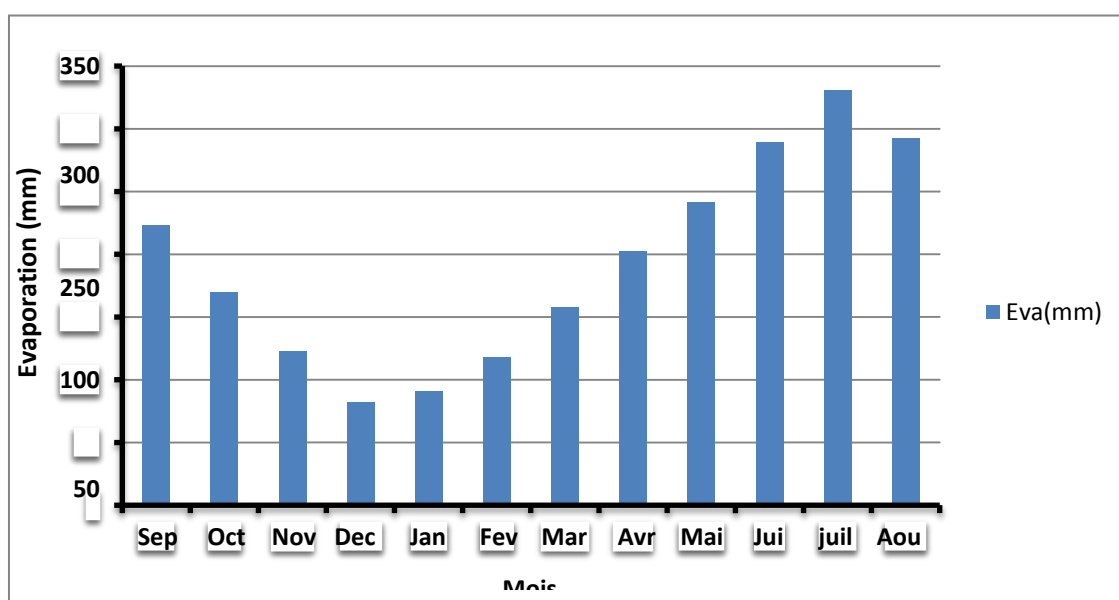


Figure 9 : Répartition évaporation moyennes interannuelle (mm).

La valeur maximale d'évaporation a atteint 331,1 mm en juillet et la valeur minimale en janvier était de 90,7 mm. La moyenne annuelle était de 232,9 mm.

I.4.5. L'humidité

L'humidité relative est le rapport entre la tension de vapeur d'eau « e » et la tension de vapeur saturant « ew » a la même température exprimée en % « $U = e / ew * 100$ ».

Tableau 5 : Humidité moyenne interannuelle (%) Période (2008-2017(O.N.M)).

	sep	oct.	nov.	déc.	jan	fév.	mar	avr	mai	jui	juil	aout
H. min %	26,7	29,5	34,3	39,9	38,7	30,5	27	23,4	21,9	19,7	17,1	19,7
H. max %	65,7	71,3	79	84,8	81,7	75,9	71,9	66,6	59,3	53,2	48,9	53,4
H. moy %	46,2	50,4	56,65	62,35	60,2	53,2	49,45	45	40,6	36,45	33	36,55

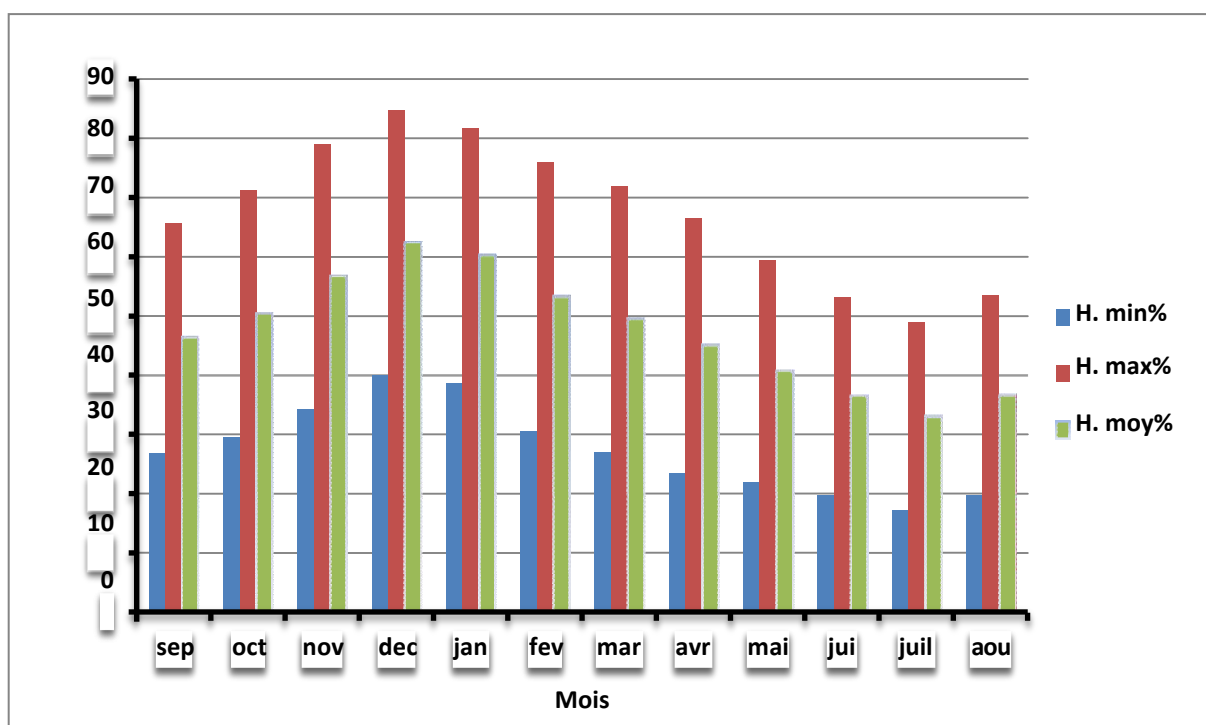


Figure 10 : Répartition de l'humidité moyenne interannuelle (%).

Les valeurs d'humidité relative pour la région Oued Righ sont relativement homogènes. Les pourcentages oscillent entre 27,3 % et 67,6 %, sachant que le taux annuel est de l'ordre de 47,5 %. Juillet est le mois le plus sec, tandis que décembre est le plus humide.

Chapitre II
Etude Géologie Et
Hydrogéologie

II.1. La géologie de la région de l'Oued Righ

Du point de vue géologique, la région de l'Oued Righ appartient à la plateforme saharienne, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplatés au début de l'Ere secondaire; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable.

La région de l'Oued Righ apparaît comme un vaste fossé synclinal dissymétrique (**Figure 11**), qui est limité :

- Au Nord: par l'accident Sud Atlasique ; et les premiers contreforts des monts des Aurès.
- Au Sud, par la falaise méridionale du TINHERT.
- A l'est par les affleurements crétacés du DAHAR.
- A l'Ouest par la dorsale du Mزاب.

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara, dont la région d'étude fait partie (**BOUAICHI et al. 2018**).

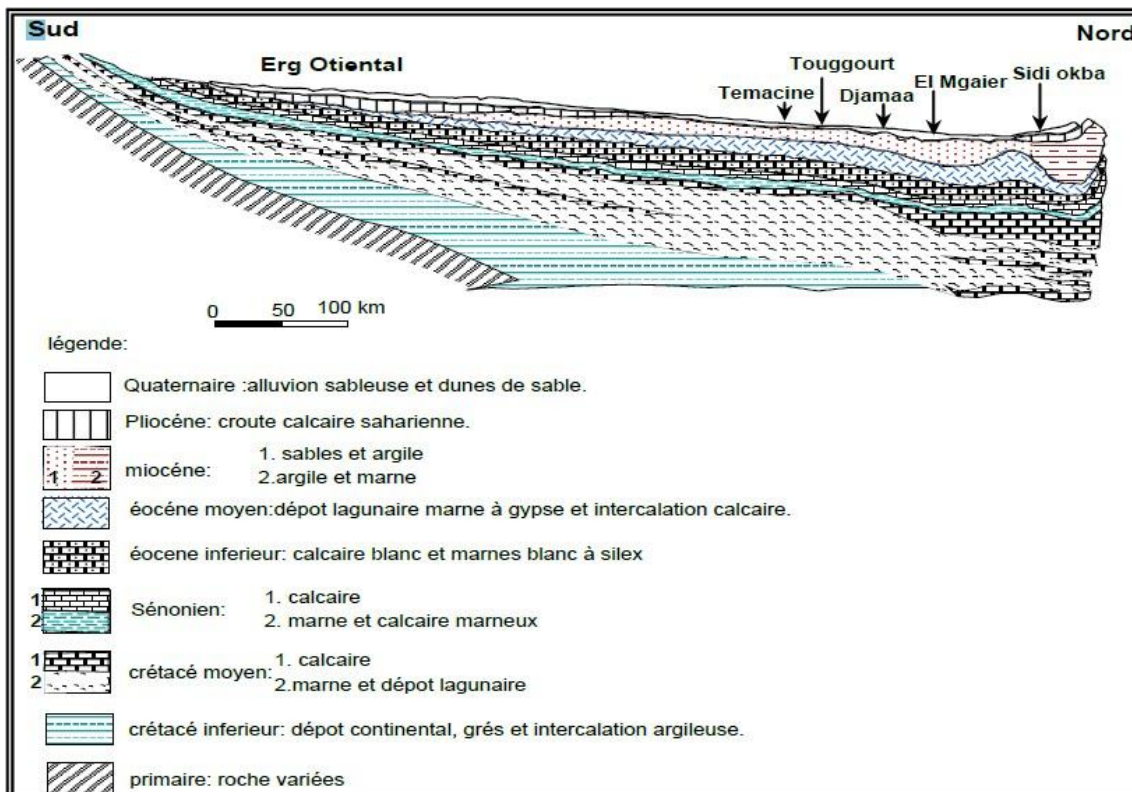


Figure 11 : Coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par le Bassin de l'Oued Righ (Cornet, 1961).

Pour connaître la structure géologique de la région (**Figure 12**), qui comprend tout le bas désert, en raison de l'étendue des phénomènes géologiques, stratigraphiques et tectoniques qui le caractérisent.

Nous distinguons trois ensembles (**Figure 13**) :

Les terrains paléozoïques affleurent au sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghert et le massif du Hoggar

- Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du bas Sahara.,
- Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaires, occupent le centre

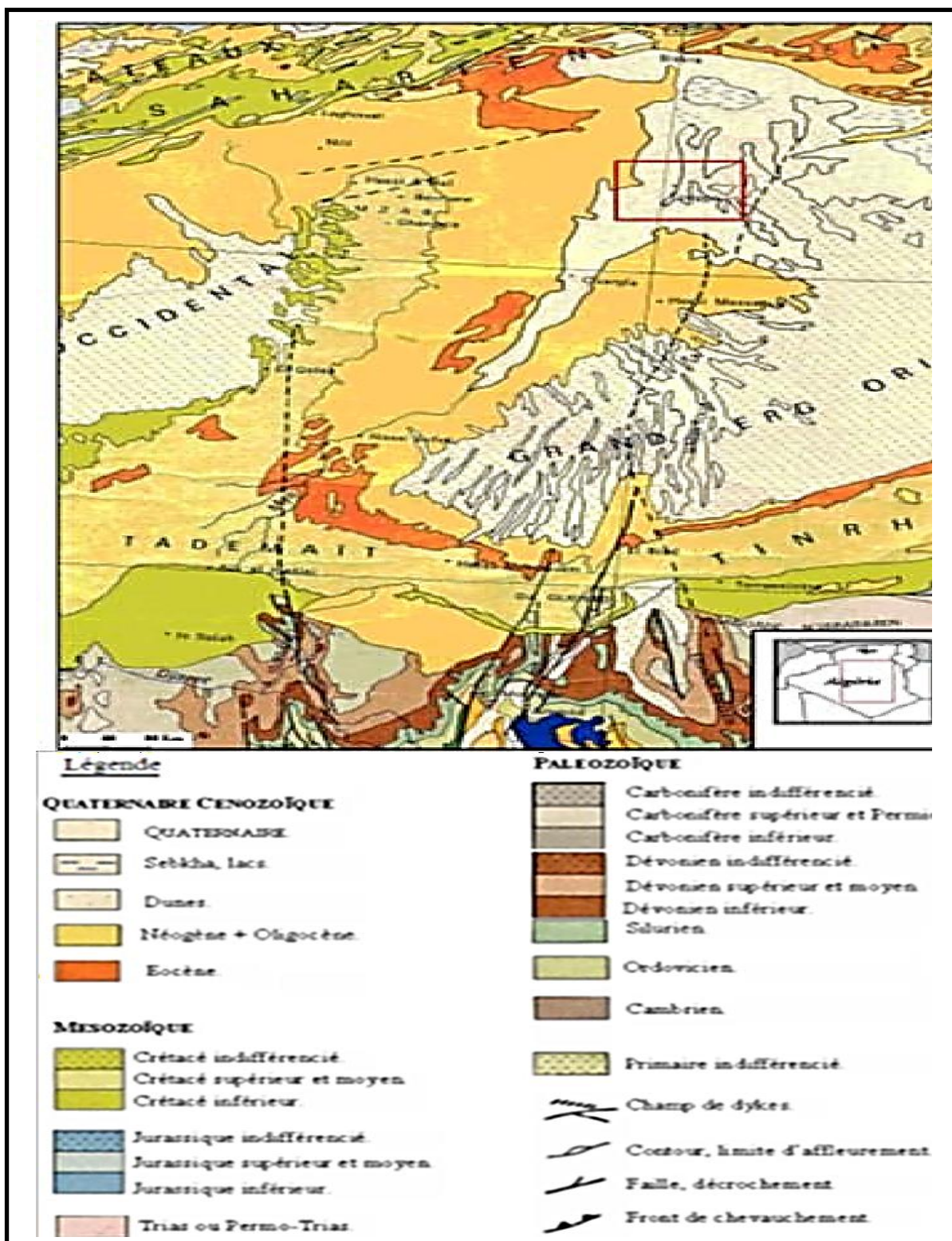
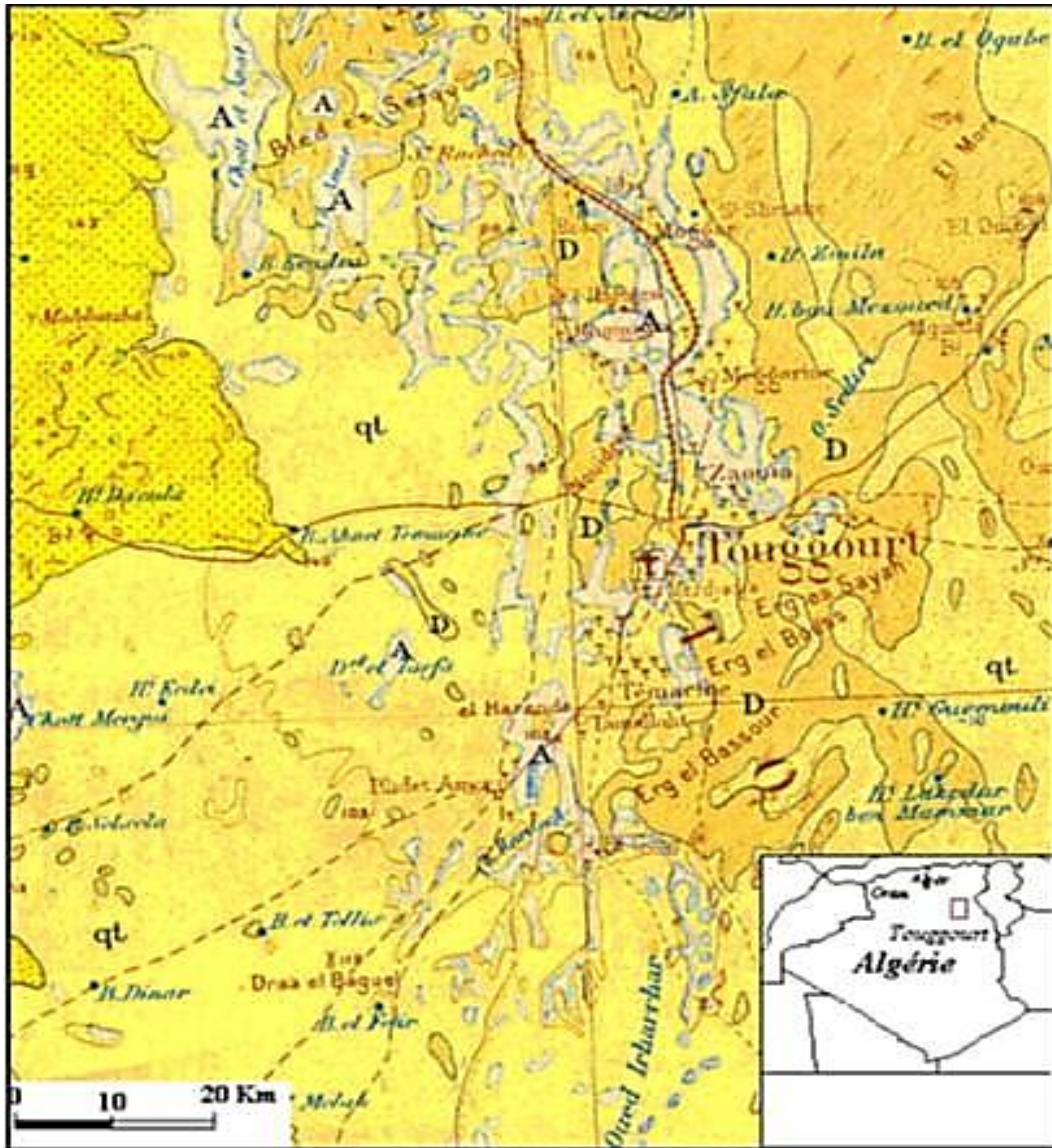


Figure 12 : Carte géologique du Sahara orientale 1/1 000 000. Extrait de la carte géologique du Nord-Ouest de l'Afrique (1976).



Légende :

<p>A Alluvions actuelles, lacs, marécages, Dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-Salines.</p> <p>D Dunes récentes.</p> <p>qt Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses.</p> <p>qm Quaternaire marin : plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent.</p> <p>qC Calabrien : grès marins formations dunaires associées.</p> <p>qV Villafranchien : calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges.</p> <p>pV Pliocène continental et Villafranchien non séparés.</p> <p>pc Pliocène continental poudingues, calcaires lacustres.</p>	<p>p Pliocène marin (Conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées)</p> <p>mp Pontien (localement équivalent du mc)</p> <p>ms Miocène terminal marin et lagunaire : couche à tripoli, marnes à gypse.</p> <p>mm Miocène supérieure marin : calcaire, grès ; argiles</p> <p>mc Miocène continental anté Pontien</p> <p>mi Miocène inférieur marin (burdigalien)</p>
--	---

Figure 13 : Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique.

IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

II.2. Hydrogéologie de la région de l'Oued Righ

Les études antérieures ont montré que la région d'étude regroupe trois formations géologiques multicouches, réputées perméables et alternées par d'autres formations hétérogènes et imperméables, On distingue de haut en bas :

- Nappe phréatique,
- Nappe ou système aquifère du Complexe Terminal (CT)
- Nappe ou système aquifère du Continental Intercalaire (CI).

II.2.1. Nappe phréatique

1. Elle est continue dans les niveaux sableux et argilo évaporitiques du Quaternaire. Elle se présente sous forme pelliculaire par apport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur et dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Mio-Pliocène. La nappe phréatique est présentée dans toutes les oasis de la vallée. Elle est contenue dans les sables fin à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du Sud vers le Nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres. Elle est caractérisée par des eaux.
2. De fortes salinités ; les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées, la conductivité électrique est de l'ordre de 4.91ms/cm à 13.44 ms/cm. La nappe phréatique est gonflée par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompages du CI et du CT. C'est pour drainer cet excès que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ. Elle est principalement alimentée par l'infiltration des eaux d'excès d'irrigation et des eaux d'assainissement, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés, par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du complexe terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation (**BOUZNAD, 2009**).

II.2.2. Continental Intercalaire

Le Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du trias et du sommet de l'Albien. C'est un réservoir considérable dû à l'extension (60000 Km²) et son épaisseur qui peut atteindre les 1000 m au Nord-Ouest du Sahara.

Le Continental Intercalaire est un réservoir à eau plus au moins douce rempli dans sa majorité pendant les périodes pluvieuses du quaternaire. Ces eaux sont caractérisées par :

- Une température qui dépasse les 50C° sauf les hauts endroits où l'aquifère est proche de la Surface dusol.
- La minéralisation de l'eau oscille entre 1 et 2 g/l de résidusec.
- L'alimentation se fait par ruissellement à la périphérie du réservoir tout en long età l'extrémité des oueds qui descendent des montagnes de l'Atlas saharien, de Dahra tunisien, du plateau de Tadmait et Tinhert, et les pluies exceptionnelles.
- L'écoulement des eaux de cette nappe, se fait dans la partie occidentale du Nord vers les Sud et dans la partie orientale de l'Ouest vers l'Est et du sud vers le Nord (SAYAH, 2008).

II.2.3. Le Complexe Terminal

Le Complexe Terminal contient plus d'une nappe (Mio-pliocène, sénonien carbonates et l'Eocène) d'extension considérable de 350 000 Km, une puissance moyenne de 50 à 100 m et une profondeur varient entre 200 à 500. Il est Composé de trois aquifères principaux, on distingue de haut en bas la nappe des sables, la nappe des sables et grès et la nappe des calcaires.

Il est Composé de trois aquifères principaux suivants :

- **La première nappe (CT1):** dans les sables et argiles du pliocène, qui est en fait un réseau de petites nappes en communication.
- **La deuxième nappe (CT2) :** dans les sables grossiers à graviers du Miocènesupérieurs.
- **La troisième nappe (CT3) :** dans les calcaires fissurés et karstiques de l'Eocèneinférieur.

Historiquement, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la région de l'Oued Righ; mais l'exploitation croissante de ces nappes a conduit à l'utilisation de pompes visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation (**SAYAH, 2008**).

Le canal ou la vallée d'Oued Righ semble être particulièrement dépourvu de toute source d'eau, mais l'étude hydrogéologique montre que la vallée contient d'énormes réserves d'eau souterraine. Les eaux souterraines appartiennent à un bassin hydrogéologique complexe, dont les principaux éléments sont constitués de trois aquifères superposés.

Chapitre III

*La Majorité des problèmes
et leurs causes*

L'eau est une ressource naturelle limitée qui n'est pas renouvelable et nous ne pouvons pas nous en passer, et sur cette base nous devons la conserver et la gérer de manière rationnelle. La qualité de l'eau sont importantes, affectant tous les aspects de la vie, en particulier l'écosystème.

Oued Righ souffre de nombreux problèmes, dont le plus important est l'élévation du niveau de l'eau salée, qui est principalement liée à l'intervention humaine. Dans ce chapitre, nous aborderons les problèmes, les plus importants auxquels la région est confrontée.

III.1. Définitions des termes

Les termes de sécheresse, stress hydrique, déficits hydriques, excédent hydrique sont largement utilisées dans la littérature avec plusieurs significations possibles.

III.1.1. Sécheresse

Ce phénomène climatique, est défini comme le manque d'eau de pluie pendant une longue période, qui est exclusivement lié aux plantes trouvées dans les champs pleins, notamment les palmeraies.

La sécheresse, va interférer négativement dans le travail des écosystèmes, et la diversité agricole. La sécheresse est le manque d'eau dans le sol et cela n'est pas suffisant pour répondre aux besoins de la culture existante.

III.1.2. Stress hydrique

La différence entre les termes contraintes, et stress vient de l'utilisation du vocabulaire physique et technique des systèmes biologiques, et définit le concept de « stress » comme un facteur environnemental affectant la biodiversité d'une zone, et le concept de résistance, comme la capacité de cet organisme pour subsister de ce facteur environnemental.

Outre la survie de la végétation et son adaptation, il faut prendre en compte le maintien du niveau de productivité des plantes cultivées, ceci permet donc de différencier ce qu'on appelle la résistance au stress et l'adaptation, ce qui est l'objectif de la sélection des cultures à usage agricole. **IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)**

Pour résumer, le terme stress semble être, utilisé pour décrire un facteur qui initie une réaction, et une réponse de la plante qui peut servir d'indication de l'état des réponses physiologiques. **IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)**

III.1.3. Déficit hydrique

C'est le résultat d'une diminution temporaire de la disponibilité en eau pour les plantes, décrit trois phases se déroulant au cours de la diminution de l'eau disponible. Au cours d'une première phase, la transpiration et photosynthèse se maintiennent comme pour les plantes irriguées à la capacité au champ jusqu'à ce que la teneur en eau soit réduite au point où l'absorption de l'eau ne permet plus de satisfaire l'évapotranspiration.

Puis, à partir de ce seuil, environ 50% de l'eau disponible, la transpiration et la photosynthèse sont réduites en dessous du niveau potentiel. Pour finir, les plantes entrent dans la troisième phase lorsque les stomates sont complètement fermés. Les plantes sont en état de survie pour une période variable en fonction de leur degré de tolérance, de la vitesse de la diminution de l'eau disponible. Au cours de la deuxième phase, les réponses physiologiques de la plante sont variables et sont fonction de facteurs de l'environnement et de la plante elle-même. Ainsi, le signal du "déficit hydrique" est perçu par les plantes en fonction de leur capacité à y faire face. **IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020).**

III.1.4. Excédent hydrique

La notion "excédent " comme un facteur de l'environnement potentiellement, L'idée de "excédent" comme facteur environnemental suffocant pouvant entraîner la mort d'un organisme vivant, et face à ce surplus environnemental d'eau, l'organisme peut résister. C'est un facteur qui provoque des perturbations de l'écosystème. **IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020).**

III.2. Problèmes rencontrés au niveau de la vallée

Les oasis ont toujours été symboles de gestion d'une eau rare et précieuse en milieu aride. Plus qu'ailleurs, dans les oasis, systèmes fermés par excellence, la gestion de l'eau doit être appréhendée dans sa globalité. Irriguer, drainer, pomper, évacuer ; l'un doit faire écho à l'autre, or la tendance est trop souvent d'oublier les contraintes de drainage et d'évacuation des

eaux usées. Profiter d'une eau que les échanges modernes rendent plus "faciles" en laissant le soin à la nature de boucler le cycle ne peut conduire qu'à une infamie et à des oasis malades de trop d'eau.

1. À cause de l'impact des changements climatiques, mais aussi de l'action humaine inadaptée à la situation de pénurie, leur situation est aujourd'hui dramatique.
2. L'accroissement des débits fournis s'est traduit par un engorgement des terrains, Une salure croissante des sols par remontée capillaire et la présence d'eaux stagnantes dans les bas-fonds .D après (**I'A.N.R.H. 2010**) actuellement, les zones de palmeraies connaissent d'énormes problèmes liés directement aux conditions naturelles de la région (morphologie du terrain, forte évaporation, salinité des eaux et des sols) et la mauvaise exploitation hydro agricole (travaux culturaux et entretien, mode d'irrigation). Ces contraintes conjuguées à une utilisation abusive des eaux profondes pour l'irrigation (submersion) se sont traduites par la remontée de la nappe phréatique.

III.2.1.Salinisation

Il s'agit d'un phénomène négatif qui affecte principalement les plaines agricoles et les palmeraies le long de la vallée.

Elle peut être définie comme une augmentation de la concentration de sels dissous dans le sol. La salinisation des sols résulte de la qualité de l'eau et de la concentration en sel, qui ont été atténuées par la topographie des parcelles, les textures de lessivage du sol et l'intervention humaine.

La salinisation peut être :

- Salinisation primaire : On considère une salinisation primaire, lorsque les sels qui se trouvent dans le sol proviennent de l'altération des roches salifères primaires.
- Salinisation secondaire (invasion marine ou biseau salé) : Dans cette cassie une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation est secondaire. Le même pour un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée. **IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)**

III.2.1.1. Effets la salinité sur la Plante

L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement. Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale. (CHAMEKH. 2004).



Figure 14 : la salinité des palmeraies. De (Google . 2020)

III.2.1.2. Effets de la salinité sur le sol

La concentration saline des solutions du sol augmente le sel qui se dépose en surface des terres en fin d'été. Il se forme de minces couches grisâtres ou blanchâtres (**Figure 15**).

La modification du réservoir renfermant la nappe phréatique, les fluctuations hiver / été de la nappe, provoquent des concrétionnèrent gypseux qui gênent la circulation de l'eau et aussi selon impose que la croûte gypseuse limite l'épaisseur utilisable des sols.

La concentration en sel entraîne une augmentation de la pression osmotique et conduit à une réduction de la disponibilité en eau. Leurs présences en excès diminuent la valeur du pH du sol, La salinité réduit la biomasse microbienne et le dégagement de CO₂ et inhibe la nitrification.

La salinité globale du sol peut être exprimée de différentes manières, soit :

- En gramme par litre (g/l) de Na Cl.
- Ou le pourcentage (%) de sel dans le sol.

En terme de conductivité électrique (CE) déterminée sur l'extrait de pâte saturée à 25 C°, l'unité d'expression est le milli ho (mmhos/cm) ou le milli siemens (ms/cm). Dans les sols salins, les sels solubles se trouvent soit à l'état cristallisé, soit sous forme dissoute. Dans le premier cas, il s'agit de cristaux ou efflorescences de sels qui se forment à la surface des sols halomorphes ou bien se développent en profondeur du profil et qui sont des sels peu solubles tels que le gypse; dans le second cas, il s'agit des cations ou des anions présents dans la solution du sol, laquelle constitue la dissolution aqueuse renfermant divers éléments provenant des phénomènes de solubilisation directe ou indirecte quand le sol se trouve imbibé par une certaine quantité d'eau. (CHAMEKH. 2004).



Figure 15 : Formation de croutes blanchâtres. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020).

III.2.2. La remontée des eaux

La multiplication des forages, les pompages intensifs à débit de 20 à 300 l/s, les drainages insuffisants et les rejets des eaux usées engendrent certains problèmes particuliers telle que, la remontée du niveau hydrostatique de la nappe phréatique.

Le problème de la remontée d'eau dans l'aquifère phréatique est un déséquilibre entre le volume d'eau apporté et celui évacué (**ABBA et al., 2019**).

La nappe phréatique de la vallée d'Oued Righ subit une remontée progressive de son niveau piézométrique et qui semble s'aggraver avec les années. Les premiers signes de la remontée de la nappe phréatique sont visibles dans certaine région telle que la région de Marjaja et Megarine où la profondeur de l'eau est faible.

D'après les gens de Touggourt ce phénomène a été observé aussi au niveau des cimetières où l'eau a empêché les gens de creuser dans certaines zones de ces cimetières (**BOUZNAD, 2009**).

C'est vrai que la situation actuelle de cette nappe n'a pas encore arrivée à celles des régions limitrophes, tel qu'Oued Souf et Ouargla où ces villes vivent une situation dramatique, mais une remontée de la nappe phréatique dans ces localités n'est pas exclue.

III.2.3. Les palmeraies se sont noyées

Le niveau d'eau dans la vallée de l'Oued Righ, en raison de la montée progressive du niveau barométrique, qui semble augmenter au fil des années, l'approvisionnement en eau devient plus important (irrigation, assainissement, creusement, etc.) et peut affecter les zones agricoles et les oasis de palmiers, Du ça rendement puis la mort pure et simple par asphyxie.

La zone des palmerais connaissent d'énormes problèmes dont la plupart sont liées directement aux conditions naturelles de la région tel que : morphologie du terrain, fort évaporation, salinité des eaux et des sols.



Figure 16 : Asphyxie des palmerais. De(Google, 2021)

III.2.4. Érosion des sols C'est la détérioration de la qualité du sol et l'altération de ses propriétés physiques et chimiques, qui peuvent contribuer à l'érosion, la pollution, le drainage, l'acidification, l'altération et la perte de structure du sol, ou une combinaison de ces facteurs.

III.3. Les problèmes engendrés du stress hydrique

Le stress hydrique, est un impact sur la végétation, le stress hydrique a un effet négatif sur la végétation. Face à une telle situation, la station met en place des mécanismes d'adaptation pour rétablir l'équilibre de sa situation aquatique.

Le stress hydrique dégrade également les ressources en eau douce, d'une surexploitation des eaux souterraines. IN (**BEN SAHA et MESTOURI, 2020**).

- détruit aux rivières asséchées.

La qualité de cette même eau douce est alors dégradée en raison :

- de la pollution par des matières organiques.
- d'une possible pollution de l'écosystème aquatique qui est asphyxié, notamment par la présence d'algues.
- d'intrusions salines

III.3.1. Evaporation :

La température élevée dans notre zone d'étude, entraînera une augmentation et évaporation significative de la salinité, Former des couches de sel. Pores moléculaires du sol et à leur destruction, les rendant incapables de respirer, d'absorber et de modifier leurs propriétés. Pores moléculaires du sol et à leur destruction, les rendant incapables de respirer, d'absorber et de modifier leurs propriétés



Figure 17 : les effets de l'évaporation sur le sol. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

III.3.2. Problème de pluie

La rareté des pluies est l'un des problèmes, les plus importants affectant, les cultures agricoles dans la région de l'Oued Righ, pendant la saison sèche. Cela dépend de la nature et de l'humidité du sol, mais aussi du type de plantes concernées.

Le stress hydrique, se produit quant à elle quand les réserves en eau des sols et les cours d'eau, descendent en dessous de la moyenne. Elle peut être la conséquence d'une rareté de précipitation et l'augmentation de la température, mais aussi celle d'une surexploitation des ressources en eau.

III.3.3. La sécheresse

C'est un épisode de stress hydrique dans La longueur du canal d'ouedRigh, est plus ou moins grande, et elle augmente progressivement de sorte qu'elle affecte le sol et la végétation. Ce phénomène peut être périodique ou exceptionnel.

Il existe plusieurs types de sécheresses :

- la sécheresse météorologique elle survient lorsqu'il ne pleut pas durant une longue période. Cette sécheresse météorologique est relative
- la sécheresse des sols est un déficit hydrique superficiel, sur 1 à 2 mètres de profondeur. Ce type de sécheresse est lié à l'absence de pluies mais aussi à la végétation : en hiver, lorsque la végétation est au repos, un manque de pluie n'entraîne pas forcément une sécheresse du sol, puisque les racines n'absorbent que très peu d'eau. En revanche, au printemps ou en été, lorsque la végétation est active et puise l'eau du sol pour la rejeter dans l'atmosphère par évapo-transpiration , le sol s'assèche plus rapidement.
- la sécheresse hydrologique lorsque les nappes phréatiques, les lacs, les rivières et les fleuves présentent un niveau bas. Ce type de sécheresse peut intervenir sous l'effet de plusieurs facteurs : pas de précipitations et/ou une absence d'infiltration en profondeur dans le sol jusqu'aux nappes phréatiques..etc. (GERBEAUD, 2018).



Figure 18 La sécheresse du sol (APS . 2017)

III.4. Le problème du grand nombre de forage

Forage : Selon le rapport de l'ANRH (2008), le nombre total des forages recensés dans la région d'Oued Righ est de l'ordre de 425. Parmi ces 425 forages, 339 forages (CT, CI) sont exploités, En se basant sur des critères d'expertise, on constate que sur les 86 forages CT

inexploités, 62 forages peuvent être exploitables. Dans cette zone, la nappe du Complexe Terminal (Mio-pliocène et Eocène) est exploitée par 333 forages parmi lesquels 2 sont destinés pour l'alimentation en eau potable et les autres servant essentiellement à l'irrigation de plus d'un million de palmiers répartis dans toute la zone d'étude.

La vallée d'Oued Righ correspond à la zone où la nappe du Complexe Terminal est la plus exploitée. Elle est captée à une profondeur variant entre 30 et 240 m et le débit fourni par forage est compris entre 10 et 40 l/s. Le volume soutiré est 263.76 hm³ /an. Quant à la nappe du Continental Intercalaire, elle est captée par 06 forages fournissant chacun un débit moyen de l'ordre de 130 l/s pour un débit annuel total de 25 Hm³. Les 06 forages du CI sont destinés à l'AEP (ANRH, 2008).

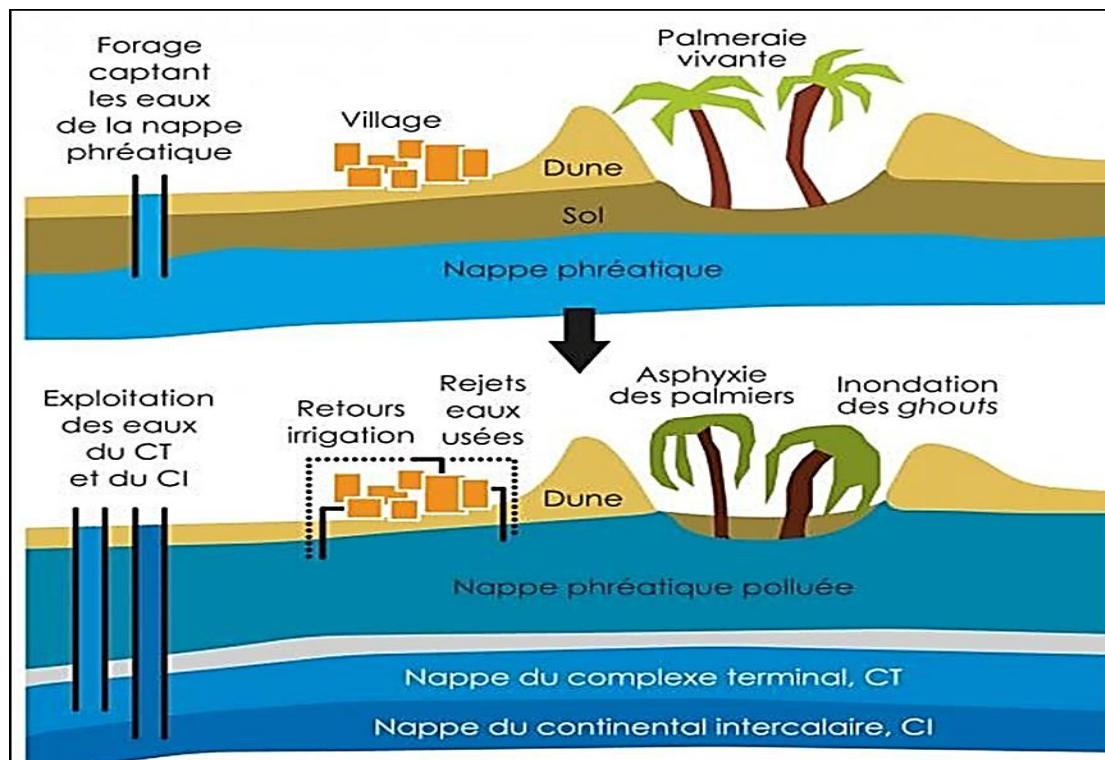


Figure 19 : schéma récapitulatif des différents problèmes. (Après B et Remini 2006)

III.5. Exploitation des nappes

Dans un contexte d'aridité constante, En raison du manque de précipitations, l'exploitation des aquifères est un véritable pari pour l'avenir. Par conséquent, il doit être préservé. L'eau du fait de sa rareté, « prend le pas sur la terre dans la hiérarchie des facteurs de production » Dans la région de la vallée de l'Oued Righ, le bilan des eaux de surface est très

mauvais, du fait de l'exploitation irrationnelle du forage croissant de puits et de puits artésiens, qui est d'une grande importance critique.

L'immensité du continental intercalaire est un fait bien réel, mais le problème de leur exploitation et de leur traitement se pose avec acuité. En effet, comme nous l'avons vu, il s'agit d'eau très chaude et à forte salinité, ce qui crée de nombreuses difficultés pour leur usage à titre agricole ou pour la consommation humaine.

Pendant très longtemps, l'implantation humaine au Sahara a été limitée par la difficulté d'accéder aux réserves souterraines et d'élever cette eau au-delà de quelques mètres pour irriguer. Les oasis dans ces conditions n'ont jamais représenté que quelques dizaines de km². C'est seulement après la découverte de l'Albien, vers 1950 et l'arrivée des matériels de forages pétroliers que l'accès aux eaux souterraines a été complètement modifié et que de nouvelles oasis ont pu être créés.

L'eau du forage est amenée à la parcelle par un réseau d'adduction pouvant être constitué par des seguias en terre ; des conduites enterrées avec des bornes californiennes, des petits canaux enciment ou en amiante-ciment et souvent par les trois systèmes. Le très mauvais état des réseaux d'adduction entraîne des pertes pouvant aller jusqu'à 50% de l'eau fournie par les forages. **IN (BEN SAHA et MESTOURI ,2020)**

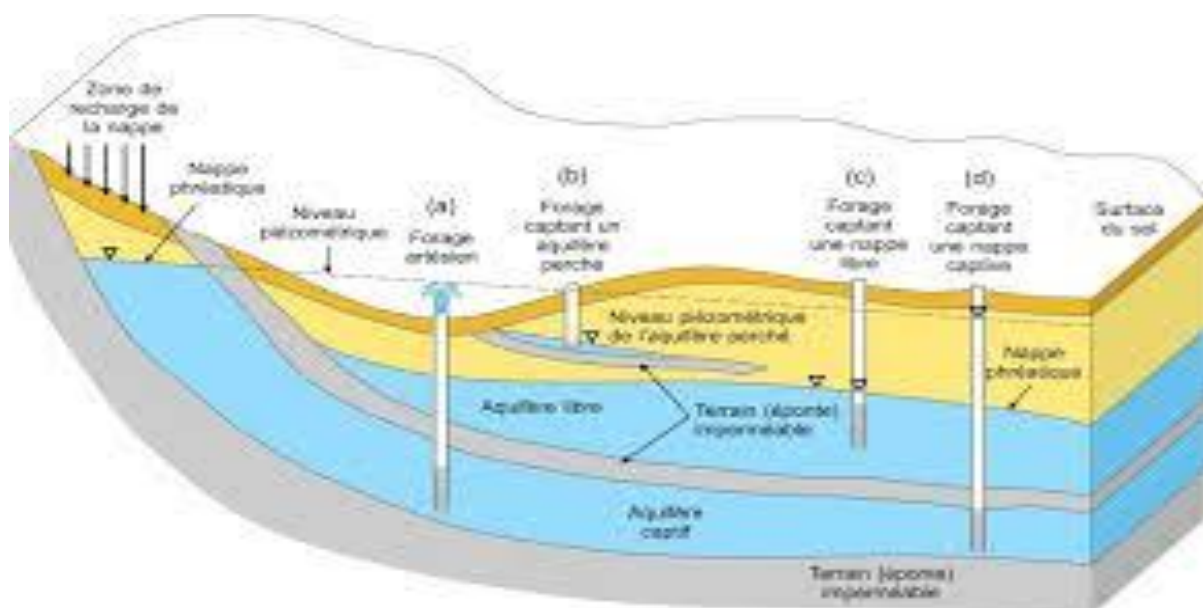


Figure 20 : Illustration de l'extraction de l'eau.(RWSN 2014)

III.6. Les principales causes

III.6.1. Pollution de l'eau

Les sources d'eau sont exposées à la pollution causée par les pesticides, les engrais et les eaux usées, et les déchets d'usine sont éliminés en les déversant dans des sources d'eau. Bien que les eaux souterraines soient situées à de grandes profondeurs dans le sol, elles sont menacées. Les résultats de la pollution de l'eau peuvent ne pas apparaître directement car certains déchets mettent longtemps à s'accumuler dans l'environnement et ont un impact sur la qualité de l'eau.

III. 6.2. Gaspillage excessif d'eau

Malgré le grand réservoir d'eau souterraine dans cette région, il n'y a pas de ruisseaux ou de rivières qui nous aident à nous débarrasser des eaux usées et des eaux usées. C'est pour ça que les habitants de cette vallée ont creusés ce canal artificiel. Vu la nature sableuse du sol de la région et sa richesse en sel ainsi que la pente élevée dans certain tronçon du canal collecteur on observe un phénomène de démolition et d'érosion sur les berges et cela à son tour provoque d'autres problèmes de bouchage et d'ensablement. Le passage de ce canal dans les zones Chotteuses ou sableuses provoque la destruction des berges notamment à Temacine, Kerdache, Sidi Slimane, Bourkhis et Boufeggoussa. **IN (BEN SAHA et MESTOURI ,2020)**



Figure 21 : Destruction des berges du canal en sable à cause des turbulents.

III.6.3. Gaspillage d'eau (irrigation agricole) :

La région d'oued Righ consomme 70 % de l'eau accessible pour les opérations agricoles et la production agricole, mais environ 60 % de cette eau n'est pas utilisée en raison des systèmes d'irrigation et de leurs méthodes inefficaces, en plus des cultures qui consomment beaucoup d'eau dans un environnement sec. **IN (BEN SAHA et MESTOURI ,2020)**



Figure 22 : Gaspillage de grandes quantités d'eau dans l'agriculture. (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

III.6.4. L'évolution de la population

La population, constitue à la fois, l'objet et le but de toute action de gestion des eaux. Sa répartition, sa densité et son évolution déterminent et guident l'action de celle-ci. Tenir compte de ses éléments, c'est mettre de son côté toutes les chances de réussite. La vallée de l'Oued-Righ comptait 239623 habitants en 2008 pour arriver à 305611 personnes en 2019 (tableau 6).

Tableau 6 : L'évolution de la population de wilaya Touggourt par commune. IN (BEN SAHA et MESTOURI ,2020)

Commune	Population 2008	Population 2019
Temacine	20067	25743
Blidet Omer	14540	17718
Touggourt	40378	50228
Nezla	51674	66974
Tebesbest	35032	41387
Zaouiaabidia	19993	26447
Megarine	13751	17460
Taibate	20648	29937
Ben nacer	10330	13949
Mnagare	13210	15768
Totale	239623	305611

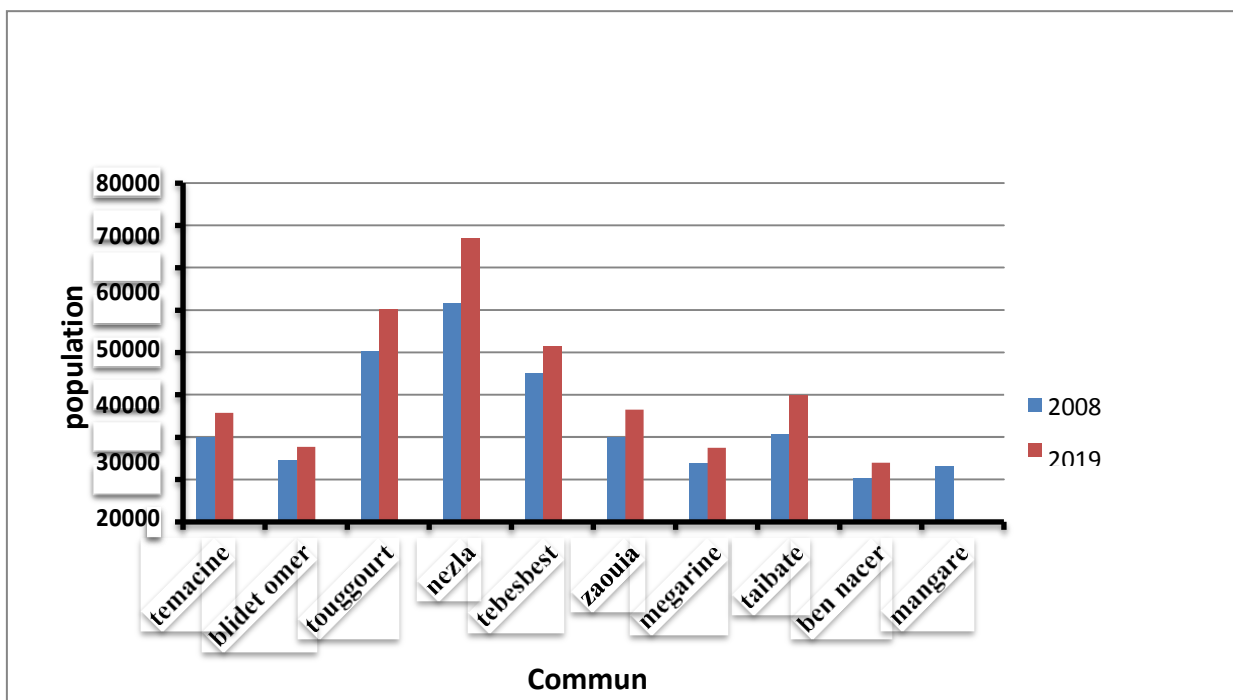


Figure 23 : Evolution de la population de wilaya Touggourt par commune.

III.6.5. Température des eaux, Corrosion et entartage

La température joue le rôle d'un agent accélérant les réactions chimiques soit pendant le transfert des eaux (tubage, refroidisseur et canalisations), où elle facilite la corrosion du tubage et des annexes : (vannes, débitmètre...etc.), et en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre; ce qui pose un grand problème dans les canalisations de cette région.

L'augmentation de la température des formations est simultanée à la profondeur. Si la profondeur augmente de 35 mètres la température s'accroît de 1°C. Avec une profondeur avoisinant les 2000 mètres, la température de l'eau peut atteindre les 65°C.

Les forages albiens dégagent des températures aux alentours de 60°C à l'atmosphère ce qui les rend inutilisables directement. Cette température d'eau va augmenter les contraintes physico- chimiques et donner des conséquences dramatiques, par l'accélération des réactions chimiques, surtout celles qui donc L'équilibre chimique relatif au carbonate de calcium, dit équilibre calco- carbonique, peut se déplacer sous l'action du CO₂ : c'est ainsi qu'il peut y avoir des réactions de dissolution du carbonate de calcium l'eau est dite agressive, ou de précipitation du carbonate de calcium l'eau est ainsi dite incrustante , Parmi les problèmes les plus souvent évoqués sont ceux relatifs à des réseaux de distributions. A cause de la corrosivité des eaux, les tubages des forages présentent fréquemment des perforations, surtout au niveau des couches aquifères, favorisant la communication entre les nappes du CT et du CI. Ce problème est d'autant plus grave quand il touche le niveau« salifère ». Il représente alors un danger pour l'environnement et la qualité chimique des eaux des différentes nappes. Les forages abandonnés (débitant des eaux salées) et non bouchés, posent également un problème de pollution de l'environnement et contaminent les autres nappes.

L'ANRH se propose de les reconvertir en piézomètres et les eaux de la première et la deuxième nappe du Complexe Terminal (nappes des sables) sont caractérisées par le caractère corrosif, quant à l'eau de la troisième nappe elle a la propriété incrustante ceci s'explique par le contact eau – roche. (BOUSSAADA, 2017)



Figure 24 : Vapeur d'eau dégagée par un forage albien. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

III.6.6. Les rejets des eaux usées

La vallée d'Oued Righ Déversé le plus grand débit d'assainissement directement dans le canal sans passer par l'unique station d'épuration cette station épurée 25% des eaux d'assainissement de Touggourt 'il existe une seul station d'épuration dans la région de d'Oued Righ a Touggourt et son capacité d'épuration et 25% des eaux usées (photo n°31).

Toutes les eaux d'assainissement de la région de d'Oued Righ rejeté directement dans le canal cette situation été provoquée des problèmes sur l'environnement et la qualité des eaux du canal, et chott Marouane par les présences des algues et des matières organique et minérales et Léa sels (BELKSIER, 2017).



Figure 25 : Rejet d'eaux usées sans traitement directement dans le canal. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

III.6.7. Le développement agricole

Une véritable révolution agricole s'est développée au cours de ces dernières années encouragées par les aides et les appuis de l'état, par des aides financières, directes à travers des dons, ou indirectes par une fourniture du matériel et équipements agricoles, des engrais...

La culture des palmiers est fondamentale dans la région d'Oued Righ et représente la part du lion. Elle est particulièrement adaptée au climat comme tout le bas Sahara, et correspond à des oasis de palmeraies utilisant seulement les eaux souterraines, donc les palmeraies ont sans doute, un rôle dans le maintien des groupes humaines au sein de cette zone aride. Montre clairement l'évolution du nombre des palmiers de 1998 à 2008 et les résultats obtenus par l'équation de la régression linéaire entre les années et le nombre des palmiers a montré que le nombre des palmiers sera le double en 2050 et atteint 2.131 millions palmiers.

III.6.8. Exploitation excessive terres agricoles :

Pour une exploitation inappropriée ou excessive des terres agricoles, qui a conduit à l'épuisement des sols.



Figure 26 : Une exploitation inappropriée ou excessive des terres agricoles.
IN . (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

- Mauvaises techniques d'irrigation qui ne convient pas à de grandes surfaces dans la vallée oued Righ.
- Augmentation de la température due aux sécheresses fréquentes.
- Dans le cas d'une sécheresse agricole elle peut impacter les productions agricoles d'une région, favoriser les risques d'incendie de prairies ou de forêts.
- Dans le cas d'une sécheresse hydrologique, réduire la production hydroélectrique, et aussi perturber les approvisionnement n eau potable.IN.(BEN SAHA et MESTOURI ,2020).

Les problèmes sont incarnés par les impacts directs sur l'eau et l'écosystème, dont la plupart sont principalement liés à l'intervention humaine, et les conditions naturelles de la zone telles que les températures élevées, la forte évaporation, la salinité élevée de l'eau, et le déclin et la mort de palmiers.

- Mauvaises techniques d'irrigation qui ne convient pas à de grandes surfaces dans la vallée oued Righ.

Chapitre IV
Les solutions et
recommandations

Dans la zone séparée de la vallée d'Oued Righ pour répondre à la très forte demande, due à la croissance démographique, et à l'exploitation croissante des espaces agricoles, les problèmes quantitatifs et qualitatifs liés à ces ressources en eau doivent être résolus. Commencer dans un premier temps, par la mise en œuvre de certaines mesures de réduction de la consommation d'eau souterraine permettant au sol d'augmenter sa capacité et sa fertilité, ainsi que la réutilisation des eaux usées.

Du point de vue écologique, une telle stratégie contribue à optimiser les effets des rejets sur l'environnement.

IV.1. Les solutions proposées :

IV.1.1. Bénéficiez du recyclage des déchets

Ce processus est considéré comme une technique rentable, et en même temps, certains déchets tels que le plastique, le papier et autres peuvent être utilisés. Ce qui peut affecter positivement l'environnement dans son ensemble.

IV.1.2. Nettoyage permanent du canal principal

Comme nous l'avons dit plus tôt, le canal Oued Righ est le seul canal de la région, il doit donc être nettoyé au moins une fois par an des sédiments, du sol et des déchets en suspension, pour éviter le blocage et le débordement des eaux usées. (**Figure 27**).



Figure 27 : Curage de canal (CANAL-ISLE.FR, 2019).

IV.1.3. Élargissement du canal principal de la vallée

Le principal canal d'égout de la région est sujet à l'effondrement, à l'inondation des eaux usées et à l'érosion des sols. Par conséquent, il doit :

Agrandissement du couloir de vallée du canal.

Excavation et nivellement des zones surélevées le long du canal.

Ce processus empêchera l'inondation de la vallée et augmentera la capacité du canal à utiliser de grandes quantités d'eaux usées (**photo28**).



Figure 28 : Reprofilage des berges du canal. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

IV.1.4 Entretien des points de collecte des eaux usées (l'évier)

Cette méthode proposée aide à gérer la collecte et le traitement des eaux usées. La gestion du système d'égouts doit intégrer à la fois les problématiques liées à la station d'épuration ainsi que le canal de collecte.

Il existe principalement deux types de systèmes de collecte et de traitement des eaux usées :

- Les systèmes de traitement hors site, dans lesquels les déchets sont transportés par l'intermédiaire d'un réseau d'assainissement vers une usine de traitement ou un site d'élimination.

- Les systèmes de traitement sur place, dans lesquels les déchets sont accumulés dans une fosse.
- Enfin, la bonne exploitation du système d'assainissement (épuration des eaux et gestion des produits) est nécessaire au maintien de la performance des ouvrages. **IN (BEN SAHA et MESTOURI ,2020)**

IV.1.5. Entretien des canalisations souterraines

Ce processus, en remplaçant les morceaux visibles et cassés du tuyau, par de nouveaux morceaux pour éviter les fuites qui peuvent atteindre les eaux souterraines. **(Figure 29).**



Figure 29 : Réparation de la conduite enterrée (PLOMBERIE EXPRESS, 2018).

IV.1.6. Construction de chemins de vallée

De De tous les ouvrages hydrauliques susceptibles d'être utilisés sur la route de vallée, sont les plus petits (Fig. 30), car ils sont faciles à installer et moins coûteux que les grands ouvrages de passerelle. C'est l'une des solutions réussies.



Figure 30 : Ouvrages de passage (GTI-GUYANE.FR, 2009).

IV.1.7. Rééquipement des stations de traitement et de pompage des eaux

Les stations de relevage collectives conçues pour une application spécifique pour un réseau d'assainissement collectif, se distinguent des stations de relevage domestiques par les pompes de refoulement et les cuves qui les composent. En effet, les postes de relevage collectifs sont généralement dotés de cuves d'eau de grande capacité et d'au moins deux pompes de refoulement qui relèvent les eaux qui ne peuvent être évacuées vers le réseau d'égout parce qu'il est situé sur un plan plus élevé. Les stations de relevage d'eau collectives conviennent aux applications pour stations de traitement des eaux, agglomérations et lotissements. IN (BEN SAHA et MESTOURI, 2020)

IV.1.8. Privilégier toutes méthodes favorables à une économie d'eaux de qualités

Les possibilités d'amélioration de la gestion de l'eau par la demande reposent sur le principe d'orienter l'eau vers une utilisation optimale, Il existe principalement deux moyens d'y parvenir : inciter les utilisateurs à faire un usage plus efficace de l'eau ; Encourager le transfert de ressources d'utilisations moins bénéfiques vers des ressources avec des bénéfices « de retour » plus élevés.

Privilégier toutes les méthodes propices à l'économie de la qualité de l'eau Les possibilités d'amélioration de la gestion de l'eau à la demande reposent sur le principe de canalisation de l'eau vers une utilisation optimale, Les fuites dans les réseaux de canalisations d'eau doivent être réduites, et en minimisant les pertes résultant d'une mauvaise utilisation de

la ressource dans les opérations agricoles ou industrielles. En plus de l'augmentation de l'agriculture grâce à une meilleure utilisation de l'eau, ainsi qu'à la réduction du phénomène d'évaporation et à la création de variétés plus résistantes à la pénurie d'eau.

IV.1.9 Utilisation des techniques d'irrigation modernes

La technique d'irrigation localisée par goutte à goutte ou par aspersion, est l'une des techniques les plus économisant de grandes quantités d'eau, surtout dans un environnement désertique tel que la zone étudiée (Fig. 31), en plus d'adoucir le climat et d'augmenter la proportion d'humidité.



Figure 31 : Techniques d'irrigation particulièrement bien adaptées aux climats (PLASTIQUES-AGRICOLES, 2016).

IV.1.10. Boisement (palmeraies)

Pour lutter contre la sécheresse et la désertification, le couvert végétal doit être préservé, notamment les palmeraies et les vergers, qui résistent à la désertification et à la sécheresse, en plus d'une agriculture durable qui n'épuise pas les composants du sol et de l'eau.

IV.1.11. Ne pas creuser de puits près du canal des eaux usées

Creuser des puits d'eau à proximité d'un canal augmentera les risques de contamination des eaux souterraines potables par les eaux usées, ce qui affectera à la fois les humains et les animaux.

Par conséquent, il est nécessaire de fermer tous les puits qui se trouvent à côté d'un canal, en particulier les puits profonds, et de creuser des puits loin des émissaires d'égout.(**Figure 32**)



Figure 32 : Verger de palmiers (APS dz , 2019)

Dans ce chapitre, nous proposons un ensemble de solutions et d'hypothèses pour résoudre Les problèmes rencontrés par la région de l'Oued Righ entre excédent et stress hydrique.

*Conclusion
Générale*

Conclusion générale

La région de l'Oued Right est située dans le désert nord-est du pays (Algérie). La vallée (Oued Right) s'étend du sud près du village Goug (Touggourt), et s'étend au nord sur une distance de 150 km vers un village Oum Tiour.

La région est caractérisée par un climat très sec et désertique, souffrant de la rareté des précipitations, ne dépassant pas 70 mm/an, et elle est rapidement absorbée par une forte évaporation résultant de températures très élevées, notamment en été, atteignant 50°C.

L'étude géologique montre que la région de l'Oued Right se présente comme une cuvette Synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction (N-S) . La région renferme deux systèmes aquifères profonds séparés par d'épaisses séries argileuses et évaporatiques, représentés par le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI), et surmontés par une nappe libre superficielle et un sens d'écoulement général du sud vers le Nord.

La région d'étude est exposée à une multitude problèmes entre excédent et stress hydrique, et l'une des causes les plus importantes en est les problèmes dont souffre le principal canal d'égout dans la région de Touggourt. un exemple en est la remontée des eaux à la surface, qui a entraîné la mort des palmeraies par suffocation et salinisation du sol suite à une forte évaporation.

Après avoir mentionné tous les problèmes et leurs causes liés à la zone d'étude, nous avons proposé des hypothèses et des solutions pour résoudre ces problèmes tels que (rééquipement de la relevage et ...etc.) éviter les dangers et problèmes futurs et préserver l'écosystème.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A.N.R.H (2010). Agence nationale des ressources hydrauliques (secteur de Touggourt). Inventaire des forages de la vallée d'oued righ. Les données de canal et les problèmes liés directement aux conditions naturelles de la région.

ABBA ALIA BASMA, ABBAS SAME, BACHI OUM ELKHEIR, SAGGAÏ SOFIANE;(2019): La remontée de nappe phréatique : Cause conséquences et remèdes; Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement (15 au 17 Octobre 2019), Ouargla (Algérie).

APS dz (2019) algérie presse service ; Al-Oued : La nécessité d'utiliser des centres de recherche technique pour développer la division Palm dans le sud . horoscope du mercredi 01/05/2019

Après B et Remini E (2006) . Les cahiers d EMEM : La remontée des eaux dans la région du Souf : une menace sur un écosystème oasien. <https://journals.openedition.org/emam/1554>

BELKSIER MOHAMED SALAH ;(2017): Caractéristiques hydrogéologiques de la nappe superficielle dans la région de l'oued righ et évaluation de l'impact de la pollution et de la salinité sur la qualité de ses eaux ; thèse de doctorat en sciences, université Annaba, 102, p.

BOUAICHI NAIMA ET BEN ABDALLAH YAMINA ;(2018): Contribution à l'étude morphologique et dégradation du canal oued righ parti sud; mémoire de master en hydraulique, université el oued, p73.

BOUSSAADA NAWEL (2017). La télédétection au service des ressources en eaux. application à la gestion des ressources en eaux dans la vallée d'oued righ ; thèse de doctorat en sciences, université Annaba, 190 p.

BOUZNAD IMAD EDDINE ;(2009):Ressources en eau et essai de la gestion intégrée dans la vallée sud d'oued righ (w. ouargla) (sahara septentrional algérien) ; mémoire de master, université Annaba, 47 p et 128p.

CHAMEKHZOUBIER ;(2004) : Ressources hydraulique. article scientifique université tunisie.

CANAL-ISLE.FR. (2019). Les ouvrages gravitaires : entretien | Canal de l'Isle-sur-la-Sorgue. Disponible en : <<http://www.canal-isle.fr/les-ouvrages-gravitaires-entretien/>> [la date d'accès : 8 June 2021].

CORNET, A (1961): Initiation à l'hydrogéologie Saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires Sahariennes. Service des études scientifiques. Birman reis, Alger, 1961.

DEGHICHE Salim et KHADRAOUI Laid. (2018). ETUDE DES RESSOURCES HYDRIQUES DE LA REGION D'OUED RIGH. UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA - FACULTE DESHYDROCARBURES, DES ENERGIES RENOUVELABLES ET DES SCIENCES LA TERRE ET DE L'UNIVERS, OUARGLA, ALGERIE.

GERBEAUD. (2018). Les différents types de sécheresse.

<https://www.gerbeaud.com/jardin/decouverte/differents-types-de-secheresse,1350.html>. La date d'accès : 06-Juin-2021.

GTI-GUYANE.FR. (2009). GTI. Disponible en : <http://gti-guyane.fr/realisations_detail.php?id=40> [la date d'accès : 9 June 2021].

HAMMOUDA NADJIA ;(2013) : contribution à l'étude de l'effet de l'action anthropique sur les zones humides du sud-est du sahara (cas de l'oued righ); mémoire de master académique, université Ouargla, 61p.

HUNTER LORI, M ; (2001) : Population et environnement Un rapport complexe ; Environmental and Natural Resource Management ; EnvironmentalSustainability Populations, 4p ; DOI: <https://doi.org/10.7249/RB5045.1>

J FUNDAMAPPLSCI ; 2017 ,9(2),696-712.

O.N.M ;(2019) : Office Nationale de la Météorologie données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique de touggourt (2008-2017).

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL, OSS; (2003) : système aquifère du sahara septentrional- une conscience de bassin- modèle mathématique, volume IV, 245p.

RWSN .(2014) ;Rural Water Supply Natwork ; Impluitation des forage cuide à l utention des chefs de projet ;

OSS (OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL), (2003) : Système Aquifère du Sahara Septentrional, volume 2: Hydrogéologie.284p.

PLASTIQUES-AGRICOLES. (2016). Plasticulture l'irrigation. Elle participe à la défense de la ressource "Eau".. Disponible en : <<https://www.plastiques-agricoles.com/les-plastiques-pour-la-culture/plasticulture-lirrigation/>> [la date d'accès : 13 June 2021].

PLOMBERIE EXPRESS. (2018). Remplacement canalisation eau & gaz Plomberie - à pd 59€ -. Disponible en : <<https://plomberie-express.be/depannage-plombier/remplacement-canalisation>> [la date d'accès : 10 June 2021].

SAYAH LEMBAREK MOHAMED; (2008) : Etude hydraulique du canal oued righ, détermination des caractéristiques hydrauliques soutenu publiquement); thèse de magister, université ouargla.82,p.

TESCO; (1980): Etude de réaménagement et de l'extension des palmeraies de l'oued righ , 74p.