

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA**

**FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES  
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**



**Mémoire de Master Académique**

**Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers**

**Filière : Géologie**

**Spécialité : Hydrogéologie**

**THEME**

**L'énergie osmotique et utilisation des eaux dans la production d'énergie électrique  
(Application sur les eaux de la région d'Ouargla)**

Présenté par :

**Saggai Amel**

Soutenu publiquement le--/06/2024

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	BELKSIR MED SALAH	Pr	Univ. Ouargla
<b>Promoteur :</b>	Mme BOUSSAADA NAWEL	M.C.A	Univ. Ouargla
<b>Examineur :</b>	IDIR MENAD HOUARI	M.C.A	Univ. Ouargla

AnnéeUniversitaire : 2023/2024



# Remerciement :

Grâce à Dieu qui m'a aidé et après des efforts soutenus et de longues veillées, j'adresse mes sincères félicitations et remerciements à tous ceux qui ont contribué à mon succès. Mon parcours d'études a été une expérience précieuse et fructueuse grâce au soutien de ma famille, de mes amis fidèles, et des entreprises généreuses (la Direction de l'Énergie et des Mines, l'Algérienne des Eaux, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) qui ont contribué à la réalisation de cette réussite.

Merci à tous ceux qui m'ont apporté leur aide avec sincérité et dévouement, qu'ils soient proches ou éloignés. Je ne saurais exprimer suffisamment ma gratitude pour tout ce que vous avez fait pour moi pendant cette période. Vous êtes un trésor inestimable.

Mes mots ne suffisent pas à exprimer toute ma gratitude et mon appréciation pour vous, cher Dr MABEDI née BOUSSAADA Nawel, enseignant chercheur à l'Université KasdiMerbah-Ouargla, Département des hydrocarbures, des Énergies Renouvelables & des Sciences de la terre et de l'Univers. Mon cœur déborde de reconnaissance pour votre générosité et votre moralité incomparable. Merci du fond du cœur pour chaque moment merveilleux que j'ai passé à vos côtés et pour tous les efforts que vous avez déployés pour moi. Je resterai reconnaissant envers vous pour toujours.

Je prie Dieu de vous récompenser au mieux et de faire de cette réussite le début d'un avenir brillant et réussi. Merci du fond du cœur.

**SaggaiAmel**



*Dédicace:*

**Je dédie ce mémoire avec fierté et honneur à Palestine et à son peuple résilient. Dans l'adversité, la Palestine demeure un symbole de résistance et d'espoir, et ce travail témoigne de mon profond respect et de mon admiration pour son héritage culturel et historique. Rare est le jour où la Palestine ne réside pas dans nos pensées et nos prières. Restons solidaires dans la lutte pour la liberté et la justice, dans un voyage vers la construction d'un avenir plein de vie et d'espoir pour les générations futures. Pour la Palestine, avec tout mon amour et ma solidarité.**

## Résumé :

Ce mémoire vise à démontrer la faisabilité de la production de l'énergie électrique en utilisant l'énergie osmotique après dessalement (déminéralisation) de l'eau dans la région d'Ouargla. On explore le concept de l'énergie osmotique en expliquant les principes fondamentaux, pour une application aux eaux de la région d'Ouargla. Les résultats de l'expérience ont montré un succès malgré les moyens limités. Le travail évalue les avantages et les inconvénients de cette technique, soulignant les perspectives pour des applications futures dans le domaine des énergies renouvelables dans les régions arides.

Mots clés : Dessalement, osmose inverse, énergie électrique, eau saumâtre, eau douce.

## المخلص :

هذا البحث يهدف إلى إثبات جدوى إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الأسموزية بعد تحلية المياه في منطقة ورقلة. يتم استكشاف مفهوم الطاقة الأسموزية من خلال شرح المبادئ الأساسية لتطبيقها على مياه منطقة ورقلة. أظهرت نتائج التجربة نجاحاً رغم الموارد المحدودة. يقيم العمل مزايا وعيوب هذه التقنية، مشيراً إلى الآفاق المستقبلية لتطبيقات الطاقة المتجددة في المناطق القاحلة.

الكلمات المفتاحية: تحلية، التناضح العكسي، الطاقة الكهربائية، المياه المالحة، المياه العذبة.

## Abstract :

This thesis aims to demonstrate the feasibility of producing electrical energy using osmotic energy after desalinating water in the region of Ouargla. The concept of osmotic energy is explored by explaining the fundamental principles for its application to the waters of the Ouargla region. The results of the experiment showed success despite limited resources. The work evaluates the advantages and disadvantages of this technique, highlighting the prospects for future applications in the field of renewable energy in arid regions.

Keywords: Desalination, reverse osmosis, electrical energy, brackish water, fresh water.

## Liste des Figures:

FIGURE 1 ( A,B,C,D) SCHEMA EXPLIQUANT L'OSMOSE ET L'OSMOSE INVERSE	7
FIGURE 2 MODELE DE FONCTIONNEMENT SIMPLIFIE D'UNE CENTRALE OSMOTIQUE STATKRAFT (FUTURA SCIENCES )	9
FIGURE 3 ELECTROLYSE DE DIHYDROGENE (DEMACO)	11
FIGURE 4 STATION DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR GEOTHERMIE (COMPAGNIE FRANCAISE DE GEOTHERMIE <a href="https://www.cfgservices.fr/geothermie/">HTTPS://WWW.CFGSERVICES.FR/GEOTHERMIE/</a>	12
FIGURE 5 CARTE DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE (DJIDEL M. 2014).	15
FIGURE 6 SCHEMA GEOMORPHOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	16
FIGURE 7 CARTE GEOLOGIQUE DE LA CUVETTE D'OUARGLA. (ZEDDOURI AZIEZ&SAMIA HADJ- SAID,2011)	18
FIGURE 8 LA COUPE GEOLOGIQUE DE LA CUVETTE D'OUARGLA ETABLIE SELON LES LOGSSTRATIGRAPHIQUES (HOUARI, 2012)	20
FIGURE 9 UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU BASSIN SAHARIEN	21
FIGURE 10 LA LIMITE DU SASS (LE CI ET LE CT) (KOUZMINE, 2007IN BOUSSAADA. N ;2017).	22
FIGURE 11 COUPE HYDROGEOLOGIQUE A TRAVERS LE SAHARA (UNESCO. 1972)	23
FIGURE 12 LES SELS AUTOUR DE CHOTT AIN BAIDA	23
FIGURE 13 EVOLUTION DE LA POPULATION D'OUARGLA EN 2020-2021	24
FIGURE 14 HISTOGRAMME DE DISTRIBUTION MOYENNE MENSUELLE DES PRECIPITATIONS PERIODE (1991– 2020)	26
FIGURE 15 LA VARIATION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES	27
FIGURE 16 DIAGRAMME PLUVIO- THERMIQUE A LA STATION D'OUARGLA; PERIODE (1991-2020)	28
FIGURE 17 SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA STATION DE IFRI GARA	31
FIGURE 18 UNITE D'OSMOSE INVERSE	33
FIGURE 19 LES DIFFERENT TYPES DES TURBINES	34
FIGURE 20 TURBINE GENERATEUR HYDRAULIQUE (AUTOFABRICATION)	34
FIGURE 21 LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE APRES LE TRAITEMENT PAR L'OSMOSE	38
FIGURE 22 LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE PAR LE PRINCIPE D'ENERGIE OSMOTIQUE	39
FIGURE 23 LOCALISATION DES PUITTS DES EAUX SALEES	41
FIGURE 24: LOCALISATION DES FORAGES DES EAUX DOUCES ET D'EAUX CHAUDES	42

## Liste des tableaux :

TABLEAU 1 POPULATION DE LA CUVETTE D'OUARGLA	24
TABLEAU 2 DISTRIBUTION MOYENNE MENSUELLE DES PRECIPITATIONS A LA STATION D'OUARGLA DE LA PERIODE (1991– 2020)	25
TABLEAU 3 LA VARIATION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES A LA STATION D'OUARGLAPERIODE– 1991-2020	26
TABLEAU 4 LES STATIONS DE DEMINERALISATION DANS LA ZONE D'ETUDE	31
TABLEAU 5 CONDUCTIVITES ELECTRIQUES AVANT MELANGE ET OSMOSE INVERSE.	37

## Liste des Abréviations :

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

**SASS**:Système aquifère du Sahara Septentrional

**CE** : Conductivité Électrique

**CI** : Continentale intercalaire

**Cntrl** : Centre National Des Ressources Textuelles et Lexicales

**CT** : Complexe terminal

**DEM** : Direction de l'Energie et des Mines

**EPFL** : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

**FO** :Forward Osmosis(Osmosedirecte)

**LED** :Light Emitting Diode (Diode Électroluminescente)

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**P** : Précipitations

**PRO** : Pression Rétinienne Osmotique

**RO** : Reverse Osmosis

**T** : Température



# Table des matières:

<b>REMERCIEMENT :</b> .....	<b>I</b>
<i>DEDICACE:</i> .....	<b>II</b>
<b>RESUME :</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES:</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX :</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS :</b> .....	<b>VI</b>
<b>TABLE DES MATIERES:</b> .....	<b>VII</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>I. CHAPITRE1: GENERALITES</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1 Introduction :</b> .....	<b>5</b>
<b>I.2 Définition des termes de base</b> .....	<b>5</b>
<b>I.3 Principes de base de l'énergie osmotique :</b> .....	<b>8</b>
<b>I.4 L'idée et l'origine de l'énergie osmotique :</b> .....	<b>9</b>
<b>I.5 L'eau dans la production d'énergie électrique :</b> .....	<b>10</b>
I.5.1 La luminescence en solution saline : " La réaction d'électrolyse dans l'eau salée" .....	<b>10</b>
I.5.2 L'énergie géothermique : .....	<b>11</b>
<b>I.6 Conclusion :</b> .....	<b>12</b>
<b>II. CHAPITRE 2 : CADRE GENERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>II.1 Introduction :</b> .....	<b>14</b>
<b>II.2 Cadre physique :</b> .....	<b>14</b>
II.2.1 Situation géographique :.....	<b>14</b>
II.2.2 Géomorphologie: .....	<b>15</b>
II.2.3 Topographie :.....	<b>16</b>

II.2.4	La géologie : .....	16
II.2.5	Hydrogéologie : .....	20
II.2.6	Hydrologie : .....	23
<b>II.3</b>	<b>Cadre socio-économique : .....</b>	<b>23</b>
II.3.1	Évolution de la population : .....	23
II.3.2	Le cadre économique : .....	24
<b>II.4</b>	<b>Climat : .....</b>	<b>25</b>
II.4.1	Les précipitations : .....	25
II.4.2	Les températures .....	26
II.4.3	Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN .....	27
<b>II.5</b>	<b>Conclusion : .....</b>	<b>28</b>
<b>III.</b>	<b>CHAPITRE 3 : POTENTIEL DE L'ENERGIE OSMOTIQUE POUR PRODUIRE DE L'ELECTRICITE. APPLICATION AUX EAUX D'OUARGLA .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1</b>	<b>Introduction : .....</b>	<b>30</b>
<b>III.2</b>	<b>Recherche bibliographique: .....</b>	<b>30</b>
<b>III.3</b>	<b>Méthode de travail : Application du procédé de l'énergie osmotique sur les eaux d'Ouargla: .....</b>	<b>30</b>
<b>III.4</b>	<b>Conclusion : .....</b>	<b>34</b>
<b>IV.</b>	<b>CHAPITRE 4: RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>36</b>
<b>IV.1</b>	<b>Introduction : .....</b>	<b>37</b>
<b>IV.2</b>	<b>Résultats et discussion .....</b>	<b>37</b>
<b>IV.3</b>	<b>Évaluation des performances:.....</b>	<b>40</b>
<b>IV.4</b>	<b>Les avantages et les inconvénients: .....</b>	<b>40</b>
<b>IV.5</b>	<b>Puits et forages recommandés:.....</b>	<b>41</b>
<b>IV.6</b>	<b>Conclusion : .....</b>	<b>42</b>
	<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:.....</b>	<b>46</b>

# **Introduction générale**

## Introduction générale:

L'eau est une ressource essentielle à la vie, sans laquelle l'existence ne serait pas possible. Elle est un élément fondamental pour les êtres humains, les plantes, les animaux, ainsi que pour l'alimentation, l'industrie, l'irrigation et bien d'autres domaines. Ces dernières décennies, des conflits se produisent pour l'accès à l'eau potable en raison de divers facteurs tels que la pénurie de l'eau, la pollution, les ressources non renouvelables, les changements climatiques, la mauvaise gestion des ressources hydriques et l'inégalité de la répartition de l'eau.

Dans un monde où la recherche de sources d'énergie durables et renouvelables est constante, l'exploitation des ressources naturelles inexploitées revêt une importance cruciale. L'eau, présente partout sur Terre et nécessaire à la vie, s'est révélée être une source d'énergie inestimable, offrant des possibilités de production d'électricité. Parmi les nouvelles technologies émergentes, l'énergie osmotique qui se présente comme une solution prometteuse pour résoudre ces problèmes. Elle contribue à la production d'électricité sans nuire à l'environnement, tout en réduisant la salinité de l'eau, permettant ainsi l'exploitation de réservoirs supplémentaires qui étaient auparavant négligés en raison de leur salinité.

Ce travail explore en profondeur le concept de l'énergie osmotique, en se concentrant sur les principes fondamentaux de cette technologie, les développements récents dans le domaine de la recherche scientifique, ainsi que les défis techniques et environnementaux qui y sont associés. En outre, l'eau a d'autres moyens de produire de l'électricité, qui peuvent ne pas apporter de changements significatifs comme l'énergie osmotique, mais qui peuvent néanmoins être utiles pour résoudre les problèmes énergétiques.

Dans ce contexte, la ville d'Ouargla sera l'objet de cette étude on essayant d'appliquer cette méthode sur ces eaux. Les premiers projets, se basant sur une réaction entre les eaux douces et salées, datent d'ailleurs des années 1950. Aujourd'hui, les recherches se poursuivent pour pouvoir exploiter un jour ce que l'on appelle l'énergie osmotique, ou énergie bleue. (<https://www.lenergiesoutcompris.fr/>)

Le travail est divisé en quatre chapitres, commençant par l'introduction

-Le premier **chapitre** révèle des généralités sur les principes fondamentaux de l'énergie osmotique, en explorant les technologies disponibles pour son exploitation.

- Le second **chapitre** présente les principaux aspects et caractéristiques de la région d'Ouargla utiles à la compréhension de l'écosystème, à savoir : la situation géographique de la zone d'étude, la population, la géologie, l'exploitation des nappes.

-Un troisième **chapitre** là où on démontre le potentiel de l'énergie osmotique pour produire de l'électricité,tout en appliquant la technique sur les eaux d'Ouargla

- Un dernier **chapitre** exprime les différents résultats trouvés et leurs interprétations.

Enfin, cette étude se conclura en exposant les perspectives futures de l'énergie osmotique dans le paysage énergétique mondial, en mettant en évidence son rôle potentiel dans la recherche de solutions aux défis énergétiques du XXIe siècle, et en s'éloignant du concept de guerre de l'eau.

# **I. Chapitre1: Généralités**

## **I.1 Introduction :**

L'énergie osmotique, connue également sous les noms d'énergie salinière ou d'énergie bleue, représente l'une des formes les plus fascinantes des énergies renouvelables. Son fonctionnement repose sur l'exploitation des différences de concentration en sel entre deux sources d'eau, à travers une membrane semi-perméable, dans le but de produire de l'électricité. Cette forme d'énergie offre des perspectives remarquables en tant que source propre et durable, avec des bénéfices potentiels tels que la réduction des émissions de carbone, et une disponibilité inépuisable grâce à la présence omniprésente des eaux salines à travers le globe. Ainsi, ce chapitre se penche sur les principes fondamentaux de l'énergie osmotique, en explorant les technologies disponibles pour son exploitation.

## **I.2 Définition des termes de base**

### **I.2.1. L'énergie osmotique :**

ou encore énergie bleue, est une forme d'énergie renouvelable émergente exploitant le différentiel de concentration en sel entre l'eau douce et l'eau de mer. Ce procédé novateur repose sur le passage naturel des molécules d'eau à travers une membrane semi-perméable, générant ainsi une pression osmotique. Cette dernière est ensuite convertie en énergie mécanique, puis électrique, à l'aide de technologies spécifiques. L'énergie osmotique présente un potentiel considérable en tant que source d'électricité propre et durable, offrant ainsi une alternative prometteuse dans la quête d'une transition énergétique plus respectueuse de l'environnement. ([www.futura-sciences.com/](http://www.futura-sciences.com/), [www.spiegel.de/](http://www.spiegel.de/), WeiwenXin et al, 2019)

### **I.2.2. Osmose:**

Processus naturel qui implique que les molécules d'eau migrent à travers une membrane perméable d'une région à faible teneur en sel vers une région à plus forte teneur en sel (figure 1 (a)), afin d'équilibrer les concentrations de chaque côté de la membrane ([www.cnrtl.fr/](http://www.cnrtl.fr/), [www.actu-environnement.com/](http://www.actu-environnement.com/), [www.larousse.fr/](http://www.larousse.fr/), Manning. G. S & Kay. A. R, 2023)

### **I.2.3. L'osmose inverse :**

La technique de l'osmose inverse (ou RO pour "reverse osmosis" en anglais) a considérablement évolué au cours des dernières décennies, passant d'une technologie

émergente à un procédé consolidé, efficace et compétitif. L'osmose inverse est une méthode de séparation utilisée pour éliminer les ions et les molécules d'une solution en appliquant une pression sur cette solution d'un côté d'une membrane semi-perméable. Cette membrane permet le passage des petites molécules, comme les molécules d'eau, tout en bloquant les molécules plus grandes, telles que les sels et autres impuretés (figure 1(b)). En appliquant une pression, l'eau migre de la zone de haute concentration en soluté vers une zone de basse concentration, à l'encontre du gradient de concentration naturel (J.E. Luebering, 2024 ; Anne Marie Helmenstine, 2019). En revanche, les ions de la solution plus concentrée, incapables de traverser la membrane, restent confinés. Ce transfert de solvant provoque un changement de niveau entre les deux solutions dans les réservoirs, où le niveau de la solution plus diluée diminue et celui de la solution plus concentrée augmente (figure 1(d)). La différence de niveaux de liquide entre les deux réservoirs génère une pression hydrostatique équivalente à la pression osmotique.

Si l'on augmente progressivement la pression exercée, on atteint un point où le flux à travers la membrane est nul, c'est-à-dire que le solvant cesse de traverser la membrane. Cette pression correspond à la pression osmotique. En augmentant encore cette pression, le flux s'inverse, et le solvant traverse la membrane dans le sens contraire, passant de la solution la plus concentrée vers la



solution la plus diluée. Ce processus est l'osmose inversée.

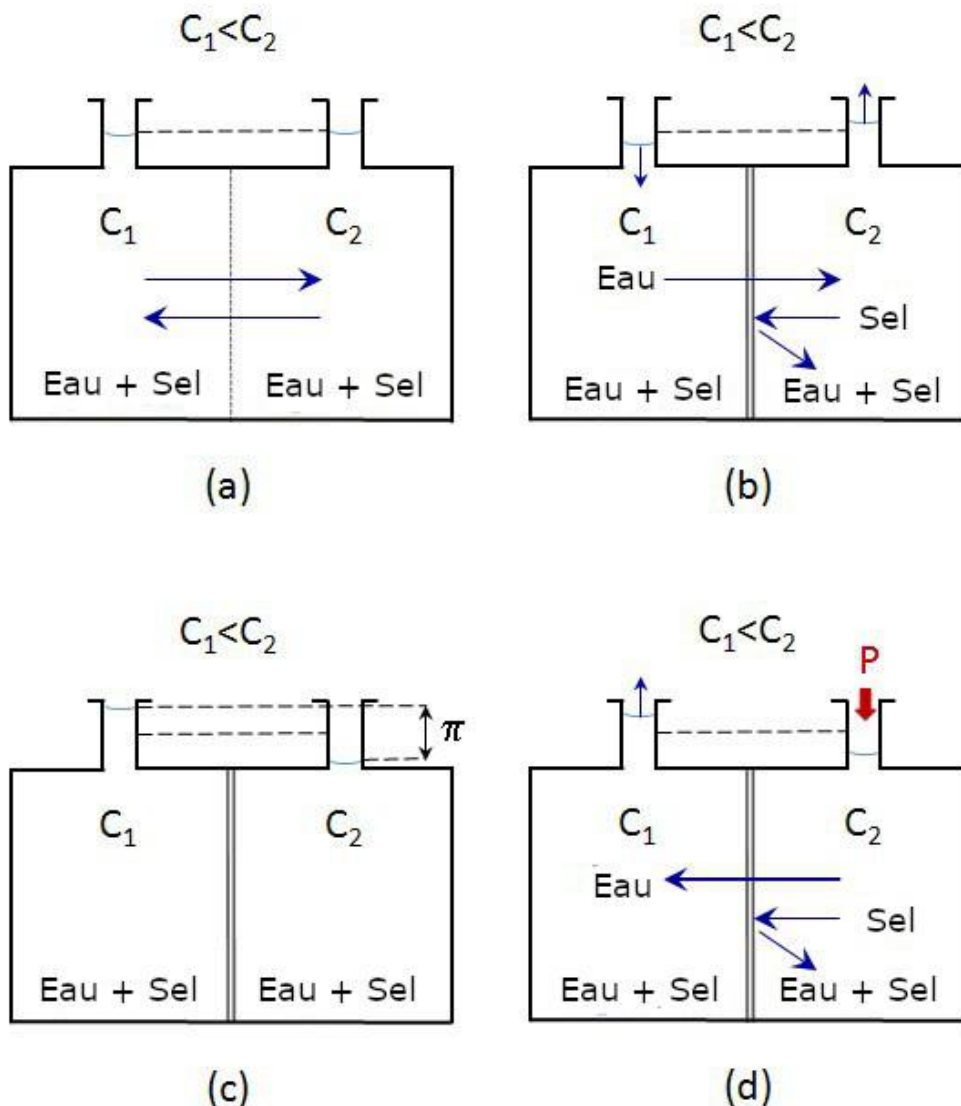


Figure 1 ( a,b,c,d) Schéma expliquant l'osmose et l'osmose inverse

<https://condorchem.com/fr/blog/losmose-inversee-et-ses-differentes-applications>

Afin de produire de l'énergie électrique à partir des eaux d'Ouargla, nous avons opté pour cette technique.

#### I.2.4. Pression osmotique:

La force exercée par le mouvement net des molécules d'eau à travers une membrane semi-perméable en réponse à une différence de concentration en soluté entre deux solutions ([www.larousse.fr/](http://www.larousse.fr/)). Cette pression peut être utilisée pour la génération d'électricité. ([www.discoverthegreentech.com/](http://www.discoverthegreentech.com/))

**I.2.5. Membrane semi-perméable:**

Une membrane qui permet le passage sélectif de certaines substances, telles que l'eau, tout en empêchant le passage d'autres substances, comme les ions de sel. Elle est essentielle dans le processus d'osmose pour séparer les solutions de différentes concentrations.  
(<https://biologydictionary.net/> , [www.futura-sciences.com/](http://www.futura-sciences.com/))

**I.2.6. Turbine:**

Un dispositif rotatif équipé de pales, utilisé pour convertir l'énergie mécanique en électricité. Dans le contexte de l'énergie osmotique, les turbines sont utilisées pour exploiter la pression osmotique et générer de l'électricité à partir du mouvement de l'eau.  
([www.scribd.com/home](http://www.scribd.com/home); Pierre Bezbakh, 2011)

**I.3 Principes de base de l'énergie osmotique :**

Le principe de base de l'énergie osmotique repose sur l'utilisation des différences de concentration en sel entre deux solutions pour générer de l'électricité. Ce processus exploite l'osmose, un phénomène naturel où l'eau se déplace à travers une membrane semi-perméable des régions de faible concentration en sel vers celles de concentration plus élevée. Lorsque cet écoulement d'eau se produit, il crée une pression osmotique entre les deux solutions. Cette pression peut être exploitée pour faire tourner des turbines et ainsi convertir l'énergie osmotique en énergie mécanique, qui est ensuite transformée en électricité par un générateur(<https://biologiea.com/>)

Pour exploiter efficacement l'énergie osmotique, il est nécessaire de disposer de membranes semi-perméables capables de permettre le passage de l'eau tout en empêchant le passage du sel. Des technologies avancées sont également utilisées pour optimiser le processus et maximiser la production d'électricité (figure2) ([www.futura-sciences.com/](http://www.futura-sciences.com/))

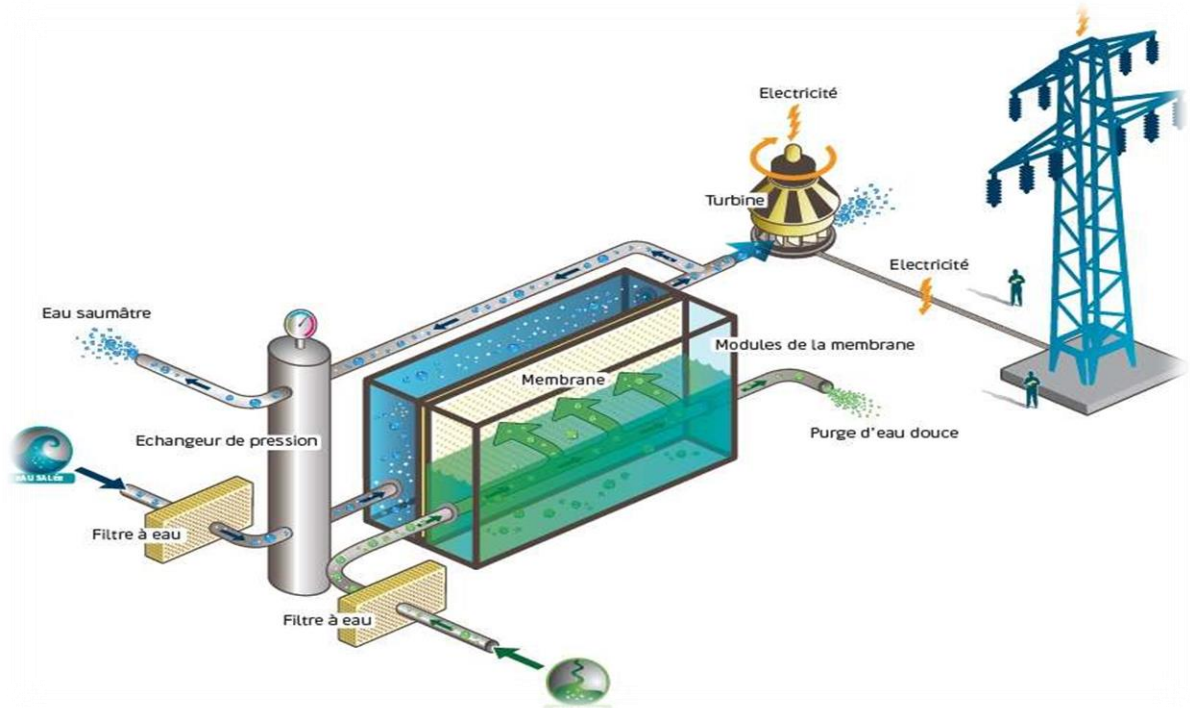


Figure 2 Modèle de fonctionnement simplifié d'une centrale osmotique Statkraft (futura sciences )

url : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-osmotique-11984/>

#### I.4 L'idée et l'origine de l'énergie osmotique :

Les informations sur l'origine et la genèse de l'énergie osmotique révèlent qu'elle a débuté en Norvège après l'ouverture de la première centrale électrique exploitant cette technologie le 25 novembre 2009. Le concept de l'énergie osmotique a germé dès les années cinquante du siècle dernier, mais seulement à un niveau théorique. Les chercheurs ont rencontré des difficultés pour trouver une membrane semi-perméable capable de supporter cette pression osmotique. Cependant, en 1997, les chercheurs de la société norvégienne Statkraft, spécialisée dans les énergies alternatives, se sont penchés sur le développement d'une technologie permettant de produire de l'électricité à partir du phénomène d'osmose. Ils ont considéré les eaux des rivières comme des eaux douces dans cette expérience, et après une étude sur le nombre de rivières dans le monde, en collaboration avec des chercheurs européens, ils ont confirmé qu'il serait possible de produire annuellement environ 1700 térawattheures d'énergie à l'échelle mondiale. ([www.aljazeera.net/](http://www.aljazeera.net/)) Ceci, sans même prendre en compte les réservoirs d'eau douce souterrains.

Quelques exemples des projets utilisant l'énergie osmotique :

- Statkraft Osmotic Power Prototype (Norvège): La société norvégienne d'énergie renouvelable Statkrafta développé le premier prototype d'énergie osmotique au monde. Lancé en 2009, le projet pilote est situé à Toft, en Norvège et a une capacité de 2 à 4kW. Bien que le projet ait été démantelé en 2013, il a fourni des informations précieuses pour le développement futur de la technologie d'infiltration.
- PRODesalination(Pays-Bas): Le projet PRO Desalination, mené par l'Université de Twente aux Pays-Bas, vise à combiner la production d'énergie osmotique et le dessalement. Le projet utilise la technologie d'osmose sous pression rétinienne(PRO) pour produire de l'électricité tout en purifiant l'eau de mer en eau douce. Le projet est encore en recherche et développement.
- Laboratoire d'énergie osmotique (Suisse) : Le Laboratoire d'énergie osmotique de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) en Suisse se concentre sur la recherche et le développement de technologies d'énergie osmotique, notamment l'osmose par pression rétinienne (PRO) et l'osmose directe (FO). Le laboratoire travaille à concevoir des membranes et des systèmes osmotiques plus efficaces et à explorer de nouvelles applications pour l'énergie osmotique. ([www.discoverthegreentech.com/](http://www.discoverthegreentech.com/))

## **I.5 L'eau dans la production d'énergie électrique :**

Malgré que l'énergie osmotique représente un défi majeur dans le domaine des énergies renouvelables en raison de son caractère protecteur de l'environnement et de sa capacité à réduire la salinité de l'eau et à la régénérer, elle n'est pas la seule méthode pour obtenir de l'électricité à partir de l'eau. Nous mettons l'accent sur quelques méthodes dans ce qui suit :

### **I.5.1 La luminescence en solution saline : " La réaction d'électrolyse dans l'eau salée"**

Le Colombien Miguel Mojica, de l'Université Cardinal Herrera à Valence, en Espagne, a développé une lampe qui produit de la lumière pendant 45 jours avec seulement un demi-litre d'eau salée. Le projet "Waterlight" vise à apporter de la lumière à la vie de la communauté d'El Oyo en Colombie, ainsi qu'à toute personne dans le besoin de lumière là où l'électricité ne peut pas atteindre. ([www.alkhaleej.ae/](http://www.alkhaleej.ae/)) .

Une entreprise japonaise a développé une lampe à LED fonctionnant à l'eau et au sel, produisant une lumière de 55 lumens et capable de charger des appareils électroniques via USB ([www.aljazeera.net/](http://www.aljazeera.net/)), L'idée de la lampe est venue après la catastrophe de Fukushima au Japon et les difficultés à fournir de la lumière et de l'électricité pour l'utilisation des

téléphones portables en cas d'urgence. La société "Green House" a développé cette lampe, appelée GH-LED 10WBW. ([www.aljazeera.net/](http://www.aljazeera.net/)).

Une start-up appelée "SALt" a réussi à inventer une lampe qui éclaire plus de 8 heures à chaque utilisation avec seulement un verre d'eau et deux cuillères à soupe de sel de table. Elle peut également charger un téléphone portable via un port USB tout en éclairant ([www.arab48.com/](http://www.arab48.com/))

Le fonctionnement de cette lumière en utilisant de l'eau et du sel est dû au fait que l'eau salée est un conducteur d'électricité. Lorsque l'eau salée est connectée à une source d'énergie, cela contribue à l'électrolyse de l'eau, isolant ainsi l'oxygène du dihydrogène (figure 3), qui recharge ensuite la batterie. ([www.accelerazero.com/ar/](http://www.accelerazero.com/ar/), [www.frontiersin.org/](http://www.frontiersin.org/) )

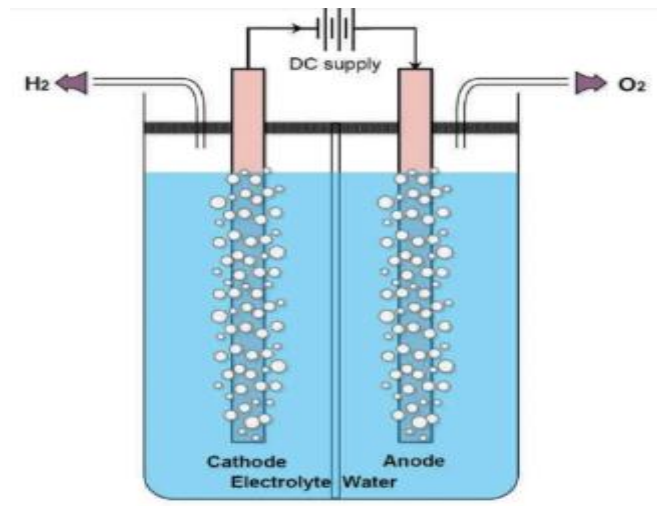


Figure 3 électrolyse de dihydrogène (demaco)

<https://demaco-cryogenics.com/fr/blog/tout-sur-lelectrolyseur-dhydrogene/>

### I.5.2 L'énergie géothermique :

La production d'électricité à partir de l'énergie géothermique se déroule en plusieurs étapes clés. Tout d'abord, la phase d'exploration géologique utilise des méthodes géophysiques et géochimiques pour identifier les sites potentiels de réservoirs de chaleur sous la surface terrestre. Une fois localisés, des puits d'exploration sont forés pour confirmer la présence de ressources adéquates, suivis par le forage de puits de production. Ensuite, la vapeur ou l'eau chaude est extraite des réservoirs souterrains. Cette vapeur est ensuite acheminée à travers des tuyaux jusqu'à la centrale électrique où elle fait tourner des turbines connectées à des générateurs électriques. L'électricité produite est acheminée vers le réseau électrique et

distribuée aux consommateurs. Cette méthode de production est renouvelable et émet très peu de gaz à effet de serre comparée aux combustibles fossiles, offrant ainsi une source d'énergie fiable et durable (figure 4) (John W. Lund, 2024).

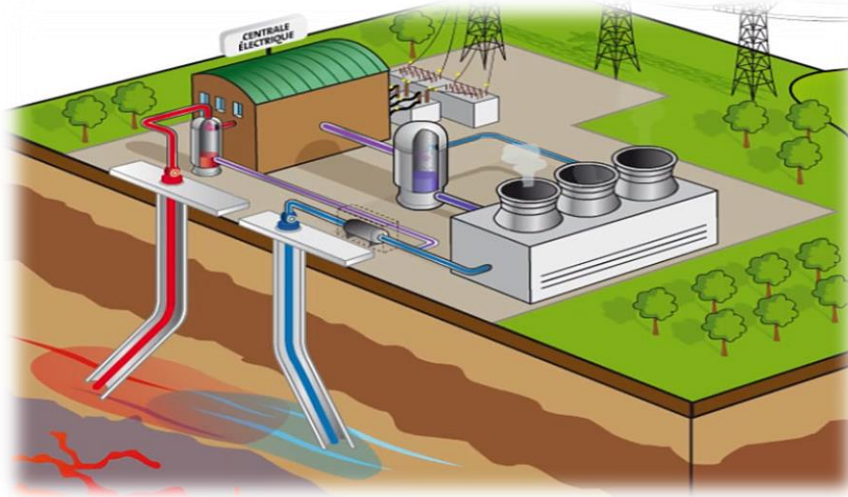


Figure 4 Station de production d'électricité par géothermie (compagnie française de géothermie <https://www.cfgservices.fr/geothermie/>)

Le vapeur d'eau est directement utilisée pour faire tourner les turbines afin de produire de l'électricité, et ce lorsque la température de l'eau géothermale dépasse 150 degrés Celsius. Si elle est inférieure, il est nécessaire de recourir à différentes techniques pour obtenir de la vapeur sèche. La géothermie à haute énergie a été utilisée pour la première fois en 1913 à Larderello, en Italie ([www.planete-energies.com/fr](http://www.planete-energies.com/fr)).

## I.6 Conclusion :

Ce premier chapitre a fourni une introduction essentielle à l'énergie osmotique en abordant plusieurs aspects fondamentaux. Nous avons d'abord défini les termes de base pour établir une compréhension commune des concepts clés. Ensuite, nous avons exploré les principes de base de l'énergie osmotique, en détaillant les mécanismes par lesquels cette forme d'énergie est générée. Nous avons également retracé l'origine et l'idée de l'énergie osmotique, mettant en lumière son développement historique et scientifique. Enfin, nous avons examiné le rôle de l'eau dans la production d'énergie électrique à travers diverses autres techniques, fournissant ainsi un contexte plus large pour situer l'énergie osmotique parmi les technologies existantes. Cette base théorique solide nous permet de mieux comprendre le mécanisme de production de l'énergie électrique, où nous approfondirons les applications pratiques et les perspectives de cette technologie prometteuse.

## **II. chapitre 2 : cadre général**

## II.1 Introduction :

Ce chapitre vise à offrir une compréhension détaillée du cadre physique et socio-économique de la région d'Ouargla. Tout en examinant ses caractéristiques géographiques, géomorphologiques, topographiques, géologiques, hydrogéologiques et hydrologiques, nous établirons un profil complet de son environnement naturel. Parallèlement, nous analyserons l'évolution de la population et le contexte économique de la région, afin de mettre en lumière les dynamiques socio-économiques qui influencent son développement. Cette approche intégrée permettra de comprendre les caractéristiques de la région afin de réaliser notre étude et notre application sur place.

## II.2 Cadre physique :

### II.2.1 Situation géographique :

La wilaya d'Ouargla est située au sud-est de l'Algérie, à 850 km de la capitale Alger (Figure 5). Elle est bordée par Tamanrasset et Illizi au sud, par les wilayas d'El Oued et Touggourt au nord, Ghardaïa à l'ouest, et par la Tunisie à l'est. La cuvette d'Ouargla fait partie du grand bassin versant du Sahara Septentrional, et se situe dans le lit d'Oued M'ya (Bas-Sahara, Algérie) (Kharroubi et al. 2022 ; Kharroubi et al. 2023). La région investiguée est une dépression alluvionnaire occupant une superficie de 25 289 km<sup>2</sup>.

Elle est composée de six communes selon le nouveau concept administratif : N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida, Sidi Khouiled, Hassi Ben Abdellah, et la ville d'Ouargla. Ses coordonnées géographiques sont :

- $X = 710000/730000$  ;
- $Y = 3530000/3600000$  ;
- $Z = 164$  mètres.

(en UTM, Clarke 1880).



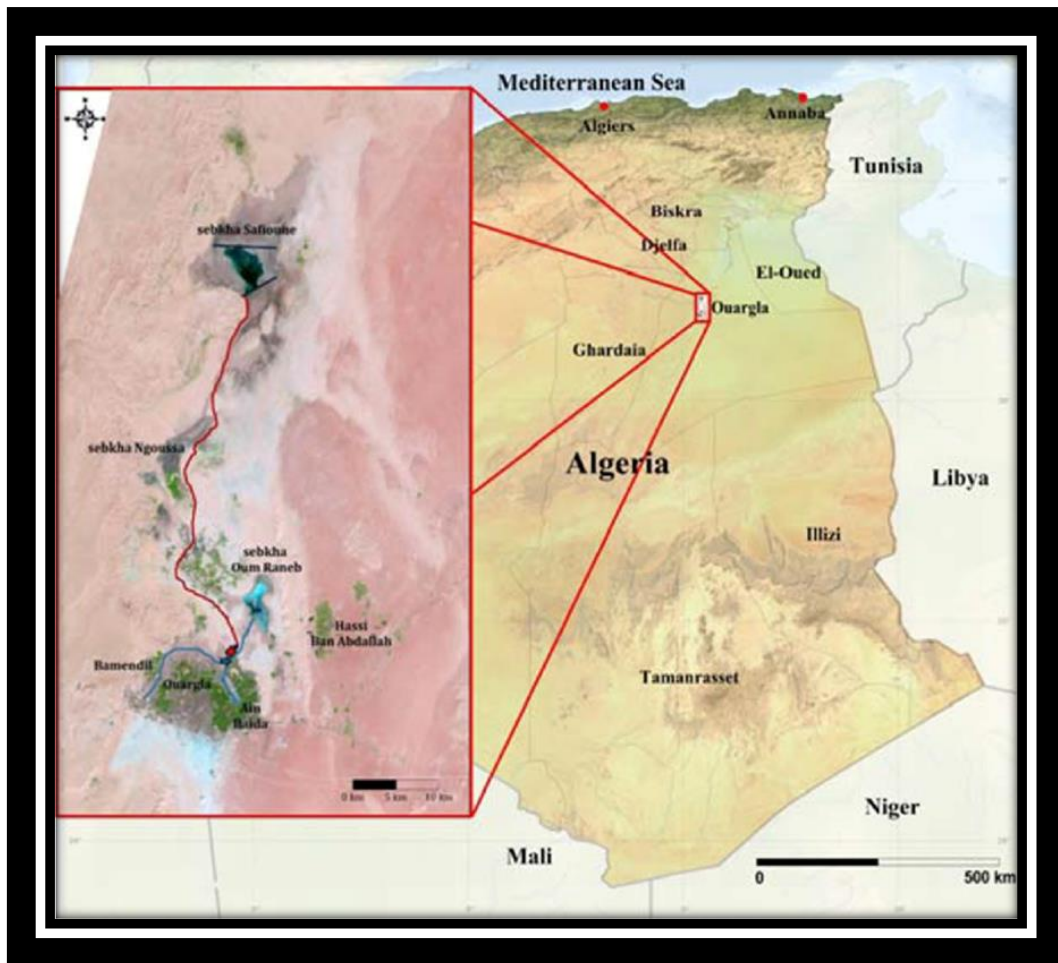


Figure 5 Carte de localisation de la zone d'étude (Djidel M. 2014).

## II.2.2 Géomorphologie:

L'aperçugéomorphologique(zerroukiabdellah, 2013) de la région met en évidence les éléments suivants (Figure 6) :

- **Hamadas mio-pliocatriens** : Ces plateaux, caractérisés par de grandes dalles rocheuses, sont des formations continentales détritiques avec une altitude moyenne d'environ 200 m. Ce plateau s'incline légèrement d'ouest en est, subissant une érosion importante, ne laissant que quelques collines isolées appelées "goure".
- **Les glacis** : Les pentes occidentales du bassin présentent une succession de niveaux d'altitude allant de 200 à 140 mètres au-dessus du niveau de la mer, du plus ancien au plus récent, d'ouest en est. Les glacis situés à des altitudes de 180 et 160 mètres sont marqués par des affleurements de grès du mio-pliocène. À l'est du bassin, un large glacis argileux avec des sables grossiers se situe à environ 150 mètres d'altitude.

- **Les Sebkhass :** Ces marais salants, souvent secs, occupent le fond de la dépression. Le chott (ou sebkha) représente le point le plus bas de la région. Il est composé de sable siliceux et/ou de gypse, avec une croûte de gypse en surface et en sous-surface. Les eaux peu profondes présentent un niveau d'eau permanent très faible, variant entre 1 et 5 mètres de profondeur. En aval d'Ouargla, plusieurs sebkhas alternent avec des dunes de sable jusqu'à la sebkha Sfioun, qui se trouve à une altitude de 103 mètres, constituant ainsi le point le plus bas de la région.

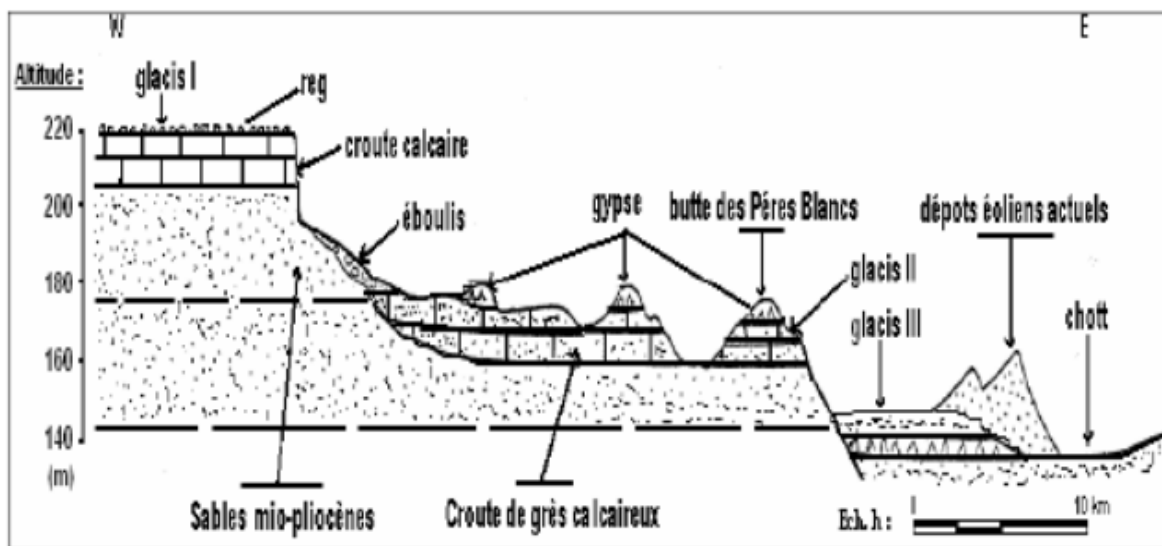


Figure 6 schéma géomorphologique de la zone d'étude

### II.2.3 Topographie :

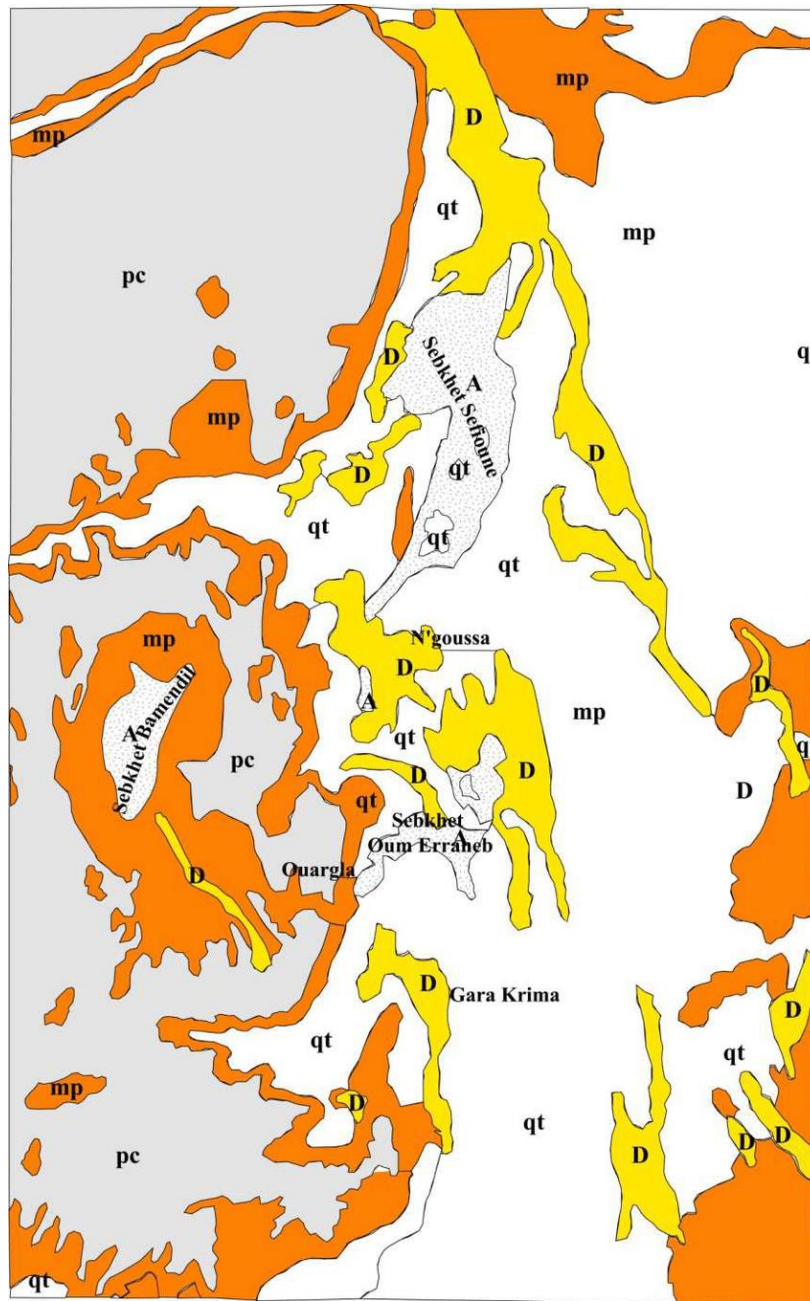
Le domaine d'étude fait partie de la cuvette du Bas Sahara il offre une topographie basse comme son nom l'indique et constitue un vaste bassin sédimentaire. On note la présence de trois paliers de pentes principales :

- Les pentes de 2 ‰, se localisent des pieds du Djebel Abbad à la rive de la Sebkhass d'Ouargla ;
- Les pentes de 1,8 ‰, sont situées au nord de la Sebkhass d'Ouargla, jusqu'à la palmeraie de N'goussa ;
- La topographie devient pratiquement plane de N'goussa jusqu'aux rives de Sebkhass Safioune, à une pente de 0,6 ‰ (Nader, A ; 2014).

### II.2.4 La géologie :

Dans la région d'Ouargla, les terrains datant des époques du Miocène-Pliocène se manifestent, recouverts de manière légère par des dépôts quaternaires tels que les ergs et les dunes de

sable. Le bassin géographique est centré sur des formations continentales de l'époque du Miocène-Pliocène, composées de sables rouges et de roches sédimentaires tendres présentant des intersections complexes, ainsi que la présence d'agrégats de calcaire. Ces formations se superposent à des niveaux de calcaire ou de gypse, visibles sur les bordures Est et Ouest (figure 7).



Echelle : 1/500 000

- A. Current alluvia (chotts, sebkha and gypsum and salt crust)
- D. Recent dunes
- qt. Quaternary continental: alluvia, regs, terraces)
- pc. Continental pliocene: conglomerates, lacustrine limestones)
- mp. Pontian (locally equivalent to the miocene continental)

**Figure 7** Carte géologique de la cuvette d'Ouargla. (Zeddouri Aziez & Samia Hadj-Said, 2011)

La stratification présente une disposition quasiment horizontale. En ce qui concerne la composition lithologique de chaque strate, elle se présente comme suit (figure 8) :

- ❖ L'Albien se distingue par son importante épaisseur (>400 m) dans la plupart des forages, caractérisé principalement par des formations détritiques telles que des grès, des sables, parfois des argiles et des marnes, et très rarement des calcaires.
- ❖ Le Cénomaniens est principalement caractérisé par des formations argileuses dolomitiques, avec parfois la présence de calcaires, d'anhydrite et rarement de sels, avec une épaisseur qui oscille autour de 200 mètres.
- ❖ Le Turonien se présente sous forme de bancs calcaires, dont l'épaisseur ne dépasse généralement pas 100 mètres dans la plupart des cas, parfois associés à des marnes.
- ❖ Le Sénonien est subdivisé en trois sous-étages, du bas vers le haut : le Sénonien salifère, le Sénonien anhydritique et le Sénonien carbonaté (majoritairement calcaire dolomitique), avec une épaisseur d'environ 200 mètres.  
Le Sénonien anhydritique, parfois accompagné de calcaires, d'argiles et de dolomies, présente une épaisseur moyenne d'environ 240 mètres. Quant au Sénonien salifère, il se caractérise par la présence de masses de sel, parfois associées à des argiles, des calcaires et de l'anhydrite, avec une épaisseur moyenne d'environ 200 mètres.
- ❖ La transition entre l'Albien et le Sénonien est notablement marquée par la présence du Cénomaniens (environ 180 mètres), une formation imperméable constituée d'argiles et de marnes, ce qui confirme l'absence de communication entre les eaux des deux aquifères.
- ❖ L'Eocène, absent dans la partie sud (Berkaoui), se caractérise par des marnes, de l'anhydrite et parfois des sables à son sommet, désigné sous le nom d'Eocène évaporitique (Lutétien), ainsi que des calcaires et des dolomies à sa base, connu sous le nom d'Eocène carbonaté (Yprésien), avec une épaisseur relativement faible au centre (environ 50 mètres) et plus épaisse au nord de Ouargla (environ 200 mètres).
- ❖ Le Mio-Pliocène de la région d'Ouargla est constitué de sables et de grès, parfois accompagnés de calcaires et d'argiles, avec une épaisseur moyenne d'environ 75 mètres dans le sud (Berkaoui) et pouvant atteindre 250 mètres au nord (KhechemErrih). Des contacts entre les deux nappes supérieures, le Mio-Pliocène et le Sénonien/Sénono-Eocène, peuvent se produire en raison de l'absence d'une limite imperméable claire, ce qui pourrait entraîner des changements dans la composition des eaux et des éléments chimiques.



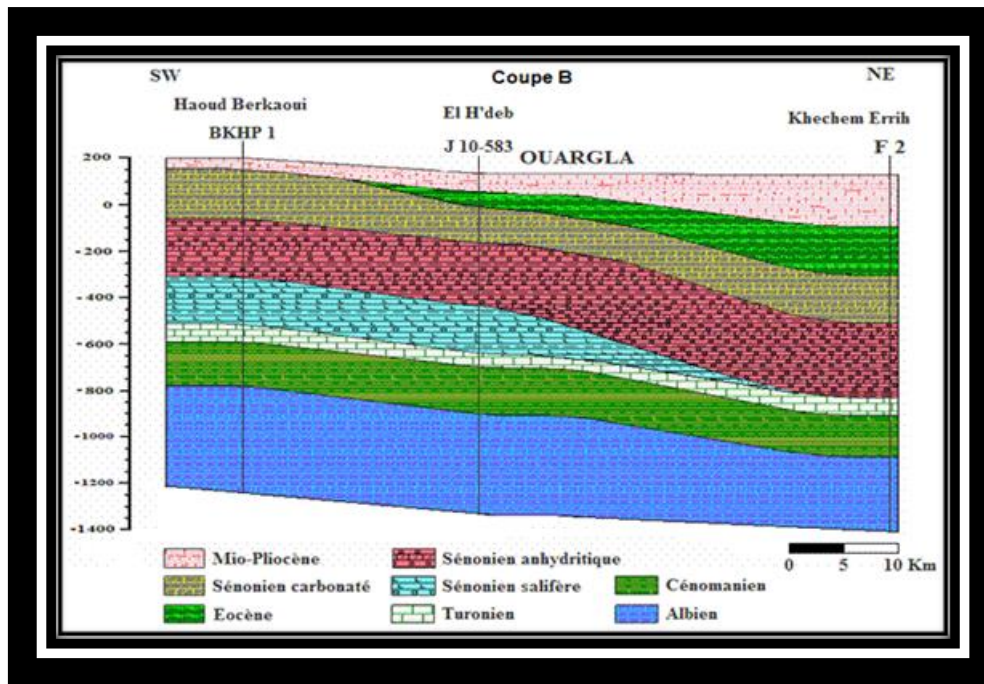


Figure 8 la Coupe géologique de la cuvette d'Ouargla établie selon les logs stratigraphiques (HOUARI, 2012)

### II.2.5 Hydrogéologie :

Le Sahara algérien est subdivisée en quatre unités hydrogéologiques qui sont (figure 9) :

- L'unité du Chott Melhir ;
- L'unité de Saoura-Tindouf ;
- L'unité du Sahara septentrional ;
- L'unité du Hoggar-Tassili.

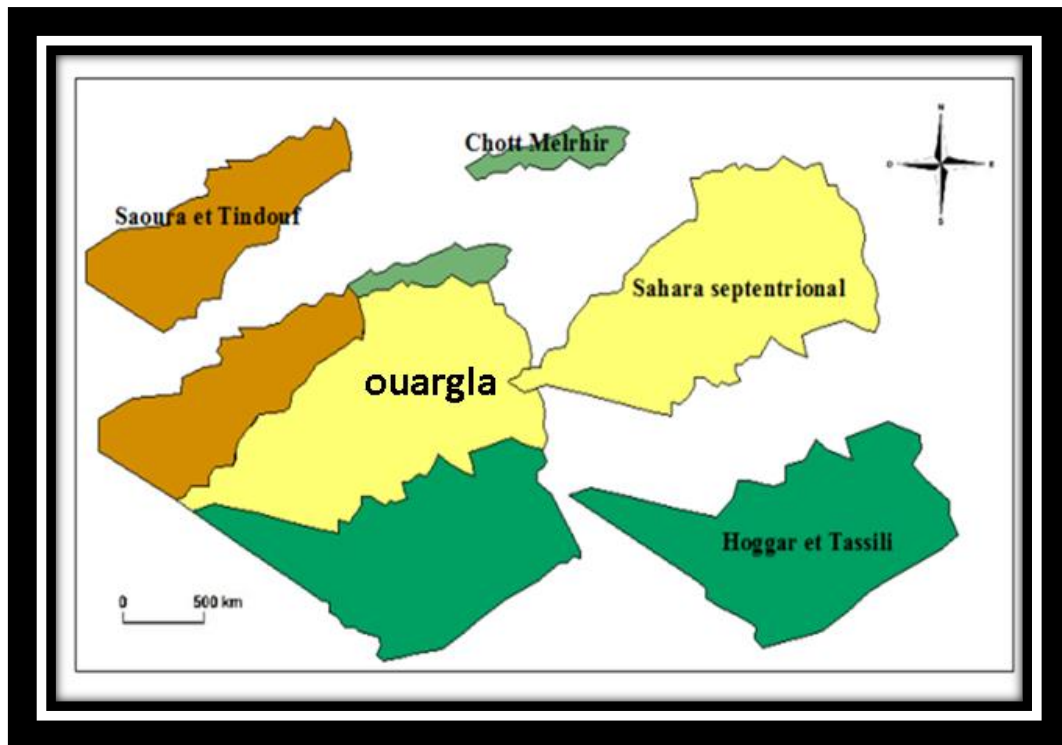


Figure 9 Unités hydrogéologiques du bassin saharien

La région d'étude fait partie de l'unité hydrogéologique du Sahara septentrional; caractérisée par la présence d'un système aquifère connu sous le nom du système d'aquifères du Sahara septentrional (SASS) est un ensemble de réservoirs souterrains d'eau situés dans les régions désertiques du Sahara septentrional. Ces aquifères sont formés par des couches de roches poreuses et perméables qui retiennent et stockent l'eau de pluie et des précipitations passées. Le SASS est l'une des plus grandes réserves d'eau souterraine au monde et fournit une source vitale d'eau potable pour les populations locales, ainsi que pour l'irrigation des terres agricoles dans la région (figure 10).

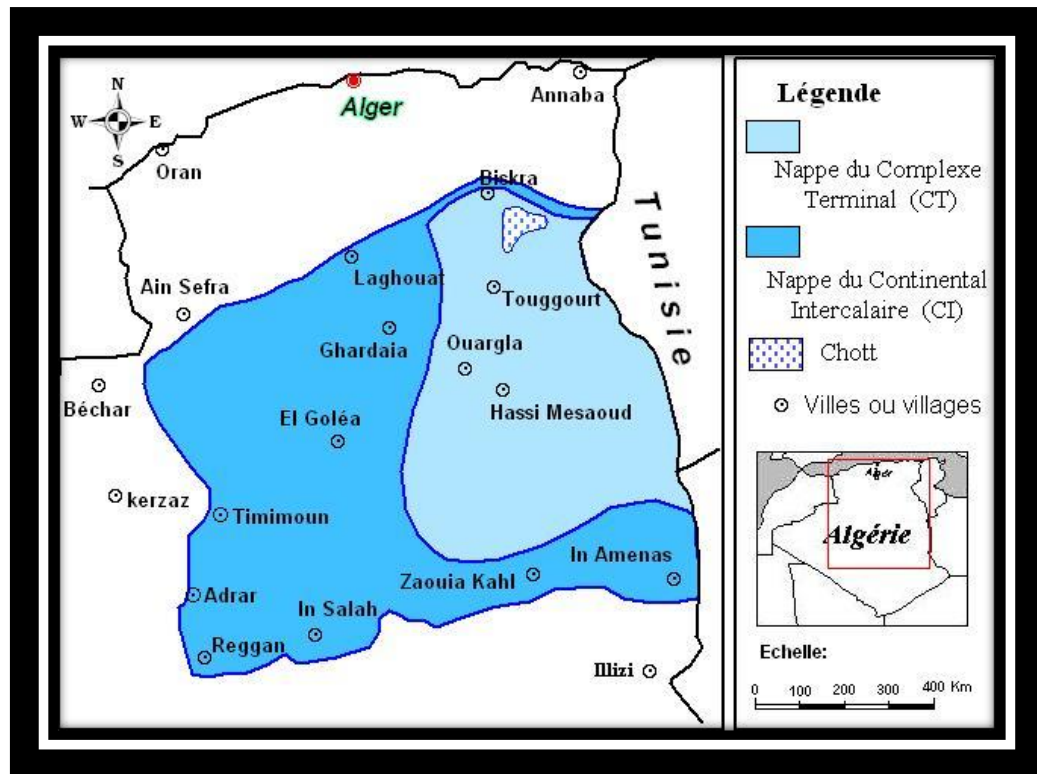


Figure 10 la limite du sass (Le CI et Le CT) (Kouzmine, 2007in Boussaada. N ;2017).

Sur le plan hydrogéologique la zone d'étude est composé de(figure 11) :

- Une nappe phréatique d'importance plus modeste s'ajoute aux deux ensembles précédents.
- La nappe du Complexe Terminal (C.T) : regroupant les aquifères du Mio-Pliocène, de l'Eocène et du Sénonien carbonaté ;
- La nappe du Continental Intercalaire (C.I) : se présente comme un aquifère multicouche de l'Albien, Barrémien et Néocomien.



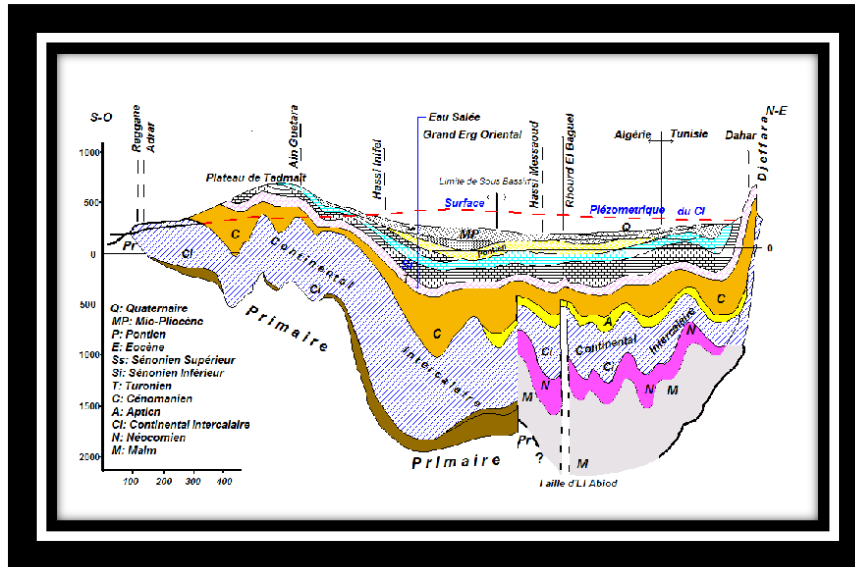


Figure 11 Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1972)

## II.2.6 Hydrologie :

La région d'Ouargla se caractérise par la rareté des eaux de surface, qui se résument principalement à des sebkhas et des chotts, ainsi qu'aux restes des eaux d'irrigation, les drains. Ces eaux sont réputées pour leur forte salinité, à tel point qu'on observe de nombreux dépôts de sel autour d'elles .(figure12 )

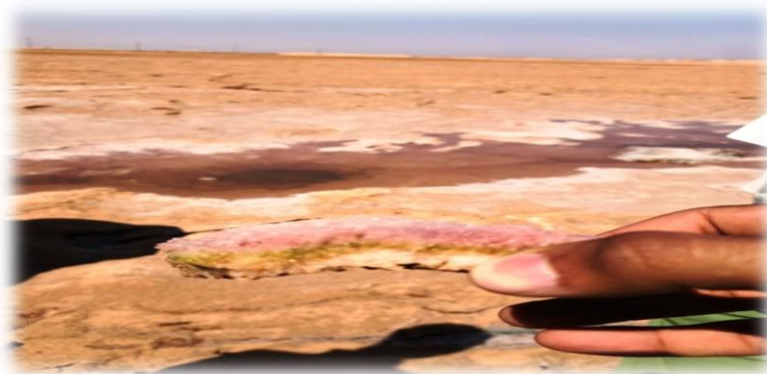


Figure 12 les sels autour de chott Ain baida

## II.3 Cadre socio-économique :

### II.3.1 Évolution de la population :

Le tableau montre les variations du taux de la population dans la région étudiée pour les années 2020/2021 (Khattache Loubna & Hamia Manal, 2021):

Tableau 1 Population de la cuvette d'Ouargla

Commune	Ouargla	Ainbeida	N'goussa	Rouissat	Sidikhouiled	Hassi ben abdella	total
pop2020	169870	27562	22460	100973	21561	7347	349773
pop2021	172799	28340	22962	105406	23170	7570	360247

La population de l'échantillon est en augmentation cette augmentation de la population à pour conséquent, une hausse de la consommation d'eau et un besoin en électricité des habitants, en particulier dans la commune de Ouargla, qui est la zone la plus peuplée, comme indiqué (figure 13).

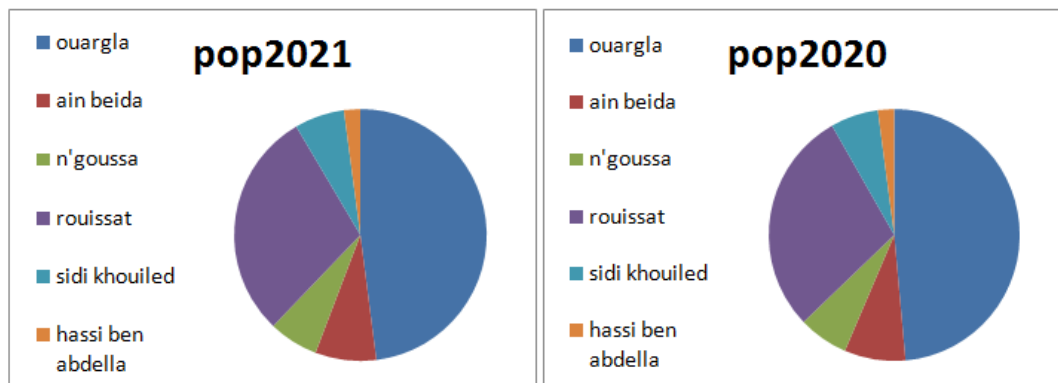


Figure 13 Evolution de la population d'Ouargla en 2020-2021

### II.3.2 Le cadre économique :

Comme mentionné précédemment, nous avons constaté une augmentation de la densité de population et selon les statistiques futures, cette tendance devrait se poursuivre année après année. Jusqu'à présent, certaines régions continuent de souffrir de difficultés d'accès à l'eau, qui est essentielle à la vie, sans parler de la disponibilité de l'électricité pour elles et des conséquences des nuits sans éclairage et de la pénurie d'eau. En tant que résident de la région, je témoigne de ces problèmes parfois rencontrés. En exploitant les eaux souterraines dans un projet d'énergie osmotique, nous pouvons bénéficier de l'eau salée pour une utilisation dans divers domaines de la vie quotidienne (consommation personnelle, agriculture, industrie, etc.) et en tirer également une quantité d'énergie électrique. Ceci afin de constituer une réserve d'électricité et de valoriser les ressources en eau inexploitées, dans le but d'atteindre l'autosuffisance. Sur cette base, commençons par notre petite unité, la wilaya de Ouargla, qui dispose d'un système aquifère aux différentes propriétés hydrochimiques et qui est capable de contribuer à ce changement.

## II.4 Climat :

L'étude des paramètres du climat a pour objet de ressortir les caractéristiques climatiques en se basant sur des données mesurées et qui sont représentatives du climat régnant sur notre aire d'étude.

La zone d'étude fait partie du grand bassin saharien (Boussaada.N ; 2017). Le climat est typiquement saharien caractérisé par des précipitations très peu abondantes et aléatoires, par de fortes amplitudes thermiques

### II.4.1 Les précipitations :

Pour caractériser le climat de la zone d'étude, nous disposons des relevés fournis par la station d'Ouargla. Les renseignements que nous donnerons dans ce chapitre se rapportent à la période de 1991-2020.

La faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien. Les fluctuations mensuelles sont montrées dans le tableau qui suit (Tableau2)

**Tableau 2 Distribution moyenne mensuelle des précipitations à la station d'Ouargla de la période (1991–2020)**

Mois	Quantité (mm)	Jours
Janvier	8	2
Février	2	2
Mars	5	1
Avril	15	1
Mai	11	1
Juin	0	0
Juillet	0	0
Août	0	1
Septembre	5	2
Octobre	4	2
Novembre	6	1
Décembre	5	1

An	65	15
----	----	----

Nous remarquons que la valeur la plus basse des précipitations est en juin, juillet et Aout (moins de 1 mm) (figure 14), tandis que la valeur la plus élevée des précipitations est en Avril (15 mm).

Les précipitations annuelles totalisent les 65 millimètres par an.

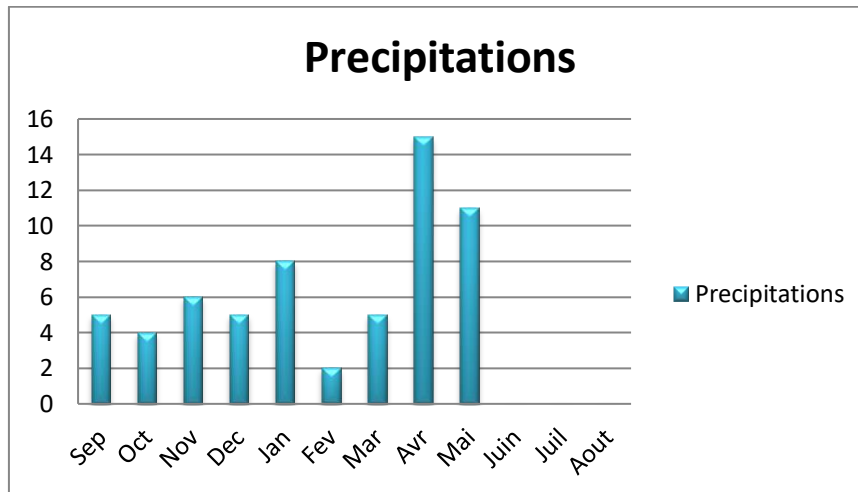


Figure 14Histogramme de distribution moyenne mensuelle des précipitations période (1991– 2020)

### II.4.2 Les températures

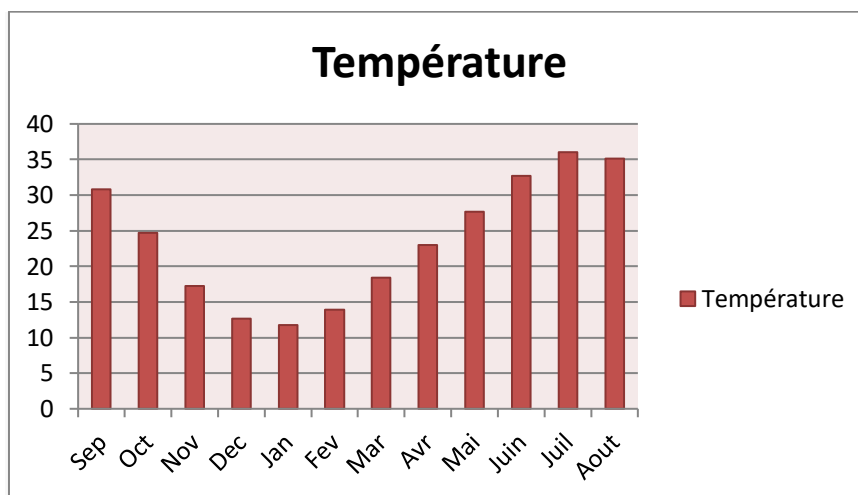
La température est le second facteur après les précipitations qui conditionne le climat d’une région et joue un rôle primordial dans l’évaluation du déficit d’écoulement. Dans notre zone d’étude, elle a plus d’ampleur et influe grandement sur les autres paramètres météorologiques tels que l’évaporation, le taux d’humidité de l’atmosphère, ainsi que la salinité des eaux et la salinisation des sols (Boussaada.N ;2017).

Tableau 3 La variation des températures moyennes mensuelles à la station d’Ouargla période– 1991-2020

Mois	Min (°C)	Max (°C)	Moyenne (°C)
Janvier	5	18,7	11,8
Février	6,8	21	13,9
Mars	10,9	25,9	18,4
Avril	15,5	30,5	23
Mai	20,2	35,2	27,7

<b>Juin</b>	25	40,4	32,7
<b>Juillet</b>	28,3	43,7	36
<b>Août</b>	27,7	42,6	35,1
<b>Septembre</b>	23,7	37,8	30,8
<b>Octobre</b>	17,6	31,8	24,7
<b>Novembre</b>	10,3	24	17,2
<b>Décembre</b>	6,1	19,3	12,7
<b>An</b>	16,5	31	23,65

Les données observées du *Tableau 3* montrent que le mois le plus froid et le mois de Janvier avec une valeur de 11.8C° et le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec 36C°.



**Figure 15** La variation des températures moyennes mensuelles

### II.4.3 Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN

La combinaison des facteurs thermiques et pluviométriques permet l'établissement des diagrammes pluvio- thermique de Gausсен, qui met en évidence une période sèche (Figure16).

Le diagramme Ombrothermique ci-dessous montre que, la période sèche s'étale sur toute l'année, ce qui nécessite la pratique de l'irrigation toute l'année.

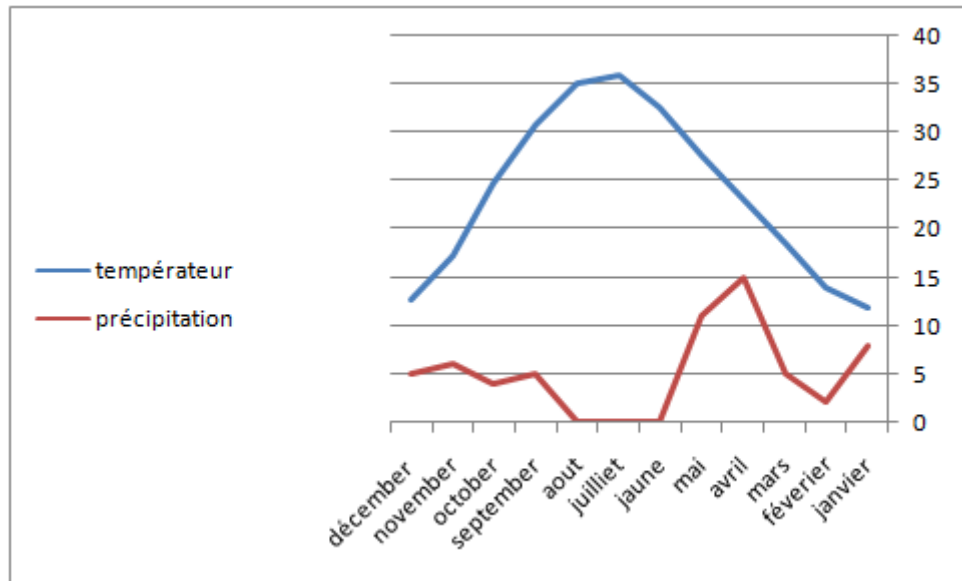


Figure 16 Diagramme pluvio- thermique à la station d'Ouargla; période (1991-2020)

L'analyse des volumes de précipitations connaît une décroissance annuelle qui ne s'interrompt pas, aggravant davantage les contraintes liées à l'aridité du milieu.

## II.5 Conclusion :

Ce chapitre présente une description de la région sous différents aspects. Avec l'augmentation de la population et compte tenu des conditions climatiques de la région, qui montrent que son climat est aride et que ses températures sont élevées, le renouvellement de ses nappes phréatiques est rare. Par conséquent, il est nécessaire de prendre cela en compte pour une exploitation rationnelle de chaque goutte d'eau et de la traiter par osmose inverse pour répondre aux besoins des habitants. Ce principe permet également de générer de l'électricité pour les habitants, ce qui peut contribuer au développement des infrastructures économiques et à l'amélioration du niveau de vie des habitants de cette région.

**III. Chapitre 3 : potentiel de l'énergie osmotique pour produire de l'électricité. Application aux eaux d'Ouargla**

### **III.1 Introduction :**

L'énergie osmotique, une source d'énergie renouvelable émergente, exploite la différence de salinité entre deux solutions pour générer de l'électricité. La région d'Ouargla, avec ses abondantes ressources en eaux souterraines salines, offre un cadre idéal pour l'application de cette technologie innovante. Ce chapitre explore le potentiel de l'énergie osmotique dans ce contexte spécifique, en examinant les principes de base, les technologies disponibles et les conditions locales nécessaires à sa mise en œuvre efficace.

### **III.2 Recherche bibliographique:**

Notre recherche bibliographique s'est principalement appuyée sur les travaux des grands géologues et hydrogéologues de la région, tels que Busson, Dubief, etc., ainsi que sur les travaux des sociétés et entreprises économiques telles que l'Agence nationale des ressources en eau (ANRH), direction de l'énergie et des mines (DEM), Algérienne des eaux (ADE), la station de déminéralisation Ifri - gara dont on a effectué l'osmose inverse des eaux . Nous avons également consulté les mémoires de maîtrise et les thèses de doctorat de plusieurs chercheurs sur la région, ainsi que des livres et des articles de certains professeurs dans le domaine des énergies renouvelables. En se basant sur toutes ces références, nous avons pu élaborer une synthèse bibliographique contenant des informations sur les analyses de laboratoire de la conductivité électrique et la salinité des eaux de la région ainsi qu'une compréhension approfondie du principe de fonctionnement de l'énergie osmotique, avec les moyens possibles et disponibles pour utiliser l'eau comme ressource pour la production d'énergie électrique.

### **III.3 Méthode de travail : Application du procédé de l'énergie osmotique sur les eaux d'Ouargla:**

La région d'étude dispose de 9 stations de déminéralisations dont leurs capacités sont mentionnées dans le tableau ci-dessous:

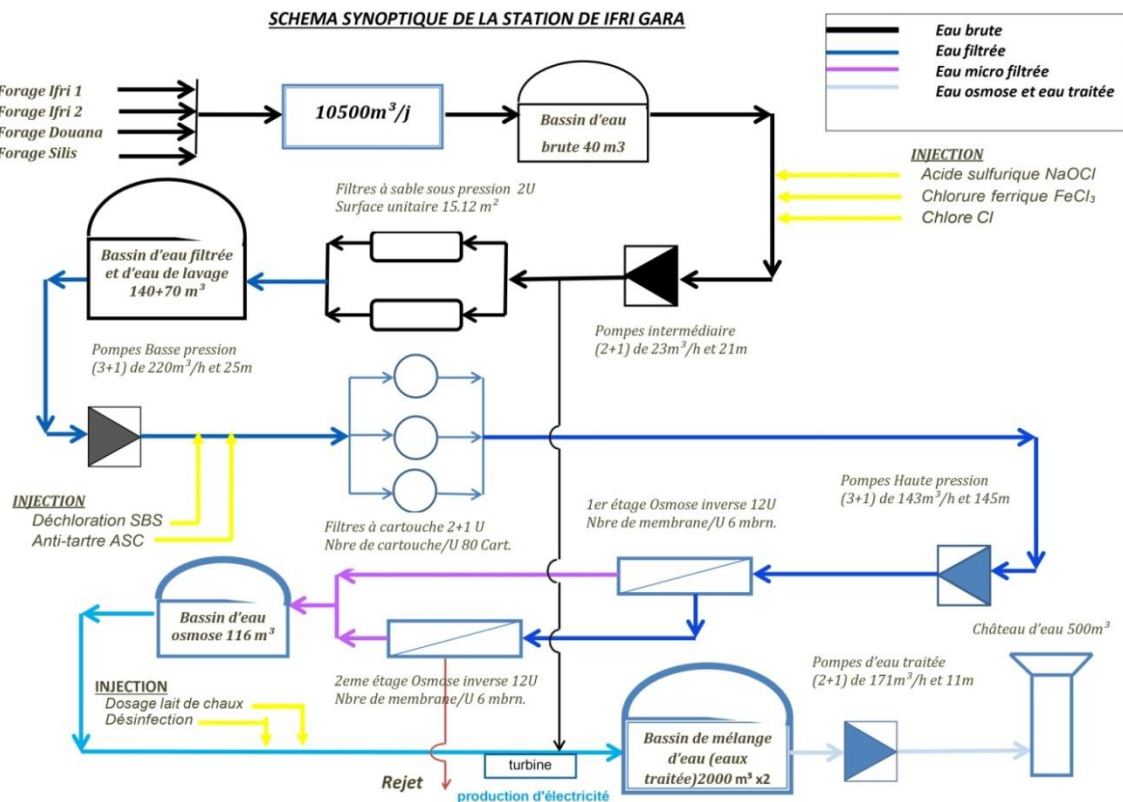


## Chapitre 03 : potentiel de l'énergie osmotique pour produire de l'électricité. Application aux eaux d'Ouargla

**Tableau 4 Les stations de déminéralisation dans la zone d'étude**

Nom de la station	Capacité eaux brutes(m3/j)	Capacité eaux traitées (m3/j)
Gharbouz	3000	2250
Ain el khir	9000	6750
Haibouzid	4500	3375
M'khadma	3000	2250
Ifri-gara	10500	7850
Zyayna	3000	2250
El khafdji	7500	5625
Bamendil village	3000	2250
El hadeb	27000	20250
<b>Total</b>	<b>70500</b>	<b>52875</b>

Cependant, avant de procéder à l'osmose inverse, un prétraitement est nécessaire, comportant les étapes suivantes(Figure 17) :



**Figure 17 Schéma synoptique de la station de ifri gara**

## Chapitre 03 :potentiel de l'énergie osmotique pour produire de l'électricité. Application aux eaux d'Ouargla

---

- Préparation et dosage de l'hypochlorite de calcium : Utilisé pour la désinfection de l'eau brute afin de tuer les micro-organismes nocifs, assurant ainsi que l'eau est conforme aux normes sanitaires.
- Préparation de l'eau pour la filtration sur sable (réduction du pH, floculation) : Cette étape ajuste le pH de l'eau brute pour des conditions optimales de traitement et facilite la floculation, où les particules fines se regroupent pour être plus facilement retirées par les filtres.
- Pompes d'alimentation des filtres à sable et filtres à sable : Les filtres à sable retiennent les particules en suspension et améliorent la clarté de l'eau en éliminant les solides en suspension.
- Bassin d'eau filtrée : Ce bassin stocke temporairement l'eau filtrée avant le traitement ultérieur.
- Pompes d'alimentation basse pression : Elles assurent l'alimentation continue de l'eau à travers le processus de traitement.
- Déchloration de l'eau filtrée : Cette étape élimine le chlore résiduel de l'eau filtrée, préparant ainsi l'eau pour les étapes suivantes sans risque de réaction avec les membranes d'osmose inverse.
- Filtres à cartouches : Utilisés pour filtrer les particules fines restantes avant l'osmose inverse, protégeant ainsi les membranes contre les obstructions.
- Ensuite, l'eau passe dans l'unité d'osmose inverse où une pression osmotique est appliquée.

L'unité d'osmose inverse se compose de deux compartiments (figure18) :

- ❖ Premier étage : Composé de 12 tubes contenant des membranes semi-perméables parallèles, séparant 50 % des sels dissous de l'eau initiale, qui passent dans le bassin d'eau osmosée. Les 50 % restants passent au deuxième étage.
- ❖ Deuxième étage : Composé de 6 tubes où le processus d'osmose inverse est répété. 50 % de l'eau est dessalée et ajoutée aux 50 % précédents, tandis que les 25 % restants, étant très salins, sont rejetés.



**Figure 18** Unité d'osmose inverse

Pendant le passage de l'eau dessalée à travers les tubes, la pression osmotique génère une force qui actionne une turbine génératrice, convertissant l'énergie cinétique en courant électrique. La turbine doit être en acier inoxydable pour ne pas altérer la composition de l'eau. Il existe trois conceptions de turbines hydrauliques (générateur) couramment utilisées dans les expériences d'énergie osmotique : Kaplan, Francis et pelton(figure19).



turbine de pelton

Turbine de Kaplan

turbine de francis

**Figure 19 les different types des turbines**

Malheureusement, comme nous disposant pas d'aucune de ces turbines on essaye de fabriquer notre propre turbine pour réaliser l'expérience (figure20), en installant une hélice métallique capable de supporter la pression de l'eau avec une dynamo de 3 volts.



**Figure 20 turbine générateur hydraulique (autofabrication)**

- La désinfection finale assure que l'eau purifiée est potable, tandis que le dosage de lait de chaux aide à stabiliser le pH et à lutter contre la corrosion des canalisations.

### **III.4 Conclusion :**

Ce chapitre a présenté une analyse complète de l'application du procédé de l'énergie osmotique sur les eaux d'Ouargla. À partir de la recherche bibliographique, nous avons exploré les concepts théoriques (précédemment décrit dans le chapitre 1) liées à cette technologie innovante. La méthode de travail décrite a démontré comment les principes de l'énergie osmotique peuvent être appliqués spécifiquement aux ressources en eau d'Ouargla,

## Chapitre 03 :potentiel de l'énergie osmotique pour produire de l'électricité. Application aux eaux d'Ouargla

---

en mettant en lumière les procédures et les techniques employées pour réussir cette application les résultats seront présentés dans le chapitre suivant.



## **IV. Chapitre 4: Résultats et discussions**

### IV.1 Introduction :

Ce chapitre se concentre sur l'analyse des résultats obtenus à partir de l'application du procédé de l'énergie osmotique sur les eaux d'Ouargla. Nous commencerons par présenter les résultats expérimentaux en détail, suivie d'une analyse approfondie de ces résultats pour en comprendre les implications. Ensuite, nous évaluerons les performances du procédé en termes d'efficacité et de faisabilité.

### IV.2 Résultats et discussion

La mesure de conductivité est un procédé simple à mettre en œuvre pour déterminer et surveiller la concentration totale en sels dans les eaux.

La conductivité exprime la propriété d'un matériau de conduire le courant électrique. C'est le mouvement des électrons qui assure le passage du courant. Les ions résultent de la dissolution de sels, acides et bases. Plus le liquide contient d'ions, mieux il conduit le courant.

Dans notre cas, avant de mélanger les eaux sur lesquelles on va appliquer l'osmose, on a effectué des mesures de conductivité.

Les résultats de la mesure des conductivités de nos eaux sont exprimés dans le tableau suivant (tableau5)

**Tableau 5** conductivités électriques avant mélange et osmose inverse.

puits	Douane	Silis	Ifri 1	Ifri 2
Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	3410	3880	2640	4450

Nous avons mélangés les eaux des quatre puits dans un bassin d'eau brute. Le conductivimètre nous a indiqué une valeur de 3575  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Une conductivité électrique élevée indique une forte salinité de l'eau, car il existe une relation directe entre la conductivité et la salinité. Pour dessaler l'eau, l'osmose inverse s'est avérée être la solution optimale.

Le niveau guide de la conductivité à 20°C d'une eau destinée à la consommation humaine est (<https://energieplus-lesite.be/techniques/sterilisation5/osmoseur-inverse/>)

- < 15 : qualité de l'eau de stérilisation;
- 50 à 400 : qualité excellente;
- 400 à 750 : bonne qualité;
- 750 à 1500 : qualité médiocre mais eau utilisable;
- > 1500 : minéralisation excessive

Après le processus d'osmose inverse, la valeur trouvée est de 285  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (figure21), une eau de qualité excellente parfaite pour la santé, pratiquement identiques à celles des eaux de sources les plus naturelles (Ben aissa, 2013).

Donc le résultat obtenu est une preuve de l'efficacité du processus d'osmose inverse dans la désalinisation de l'eau.



Figure 21 la conductivité électrique après le traitement par l'osmose



-Pour confirmer la production d'électricité, nous avons effectué une série de tests en connectant un voltmètre à la sortie de la turbine. Cette installation nous a permis de mesurer directement le courant électrique généré par la turbine lorsqu'elle était actionnée par la pression de l'eau osmotique.

La technique produit un flux constant d'électricité.

Les mesures relevées par le voltmètre ont indiqué une tension significative, confirmant ainsi non seulement la génération d'un courant électrique, mais aussi l'efficacité de notre système. Ce succès démontre que la pression osmotique de l'eau, exploitée par la turbine, peut être une source fiable pour la production d'énergie électrique. Les résultats obtenus, bien qu'accomplis avec des ressources limitées, ouvrent la voie à des applications futures dans la région de Ouargla, où l'optimisation de la production énergétique et la gestion de l'eau sont des enjeux cruciaux(figure22).



Figure 22 la production d'énergie électrique par le principe d'énergie osmotique

### IV.3 Évaluation des performances:

Bien que nous avons obtenu des résultats acceptables, le rendement de notre expérience aurait été meilleure si un alternateur hydraulique avait été utilisé, ce qui aurait été plus efficace surtout que la turbine utilisée dans l'expérience était auto-fabriquée..

Des possibilités de développement du processus et la production d'électricité dans la région en raison de la présence de 9 stations de dessalement fonctionnant par osmose. Cela a un impact économique par l'ouverture des projets et la création des postes de travail. Dans notre zone d'étude, beaucoup de zones souffrent de coupures d'électricité à titre d'exemple : Hay El Achwal, Hay Bamghar Nord, Oum El Ranab, Gress Bougafala, etc..... Ces zones pourraient être alimentées en électricité et pourquoi pas même de stocker l'énergie dans des batteries pour une commercialisation internationale.

En utilisant les eaux salines disponibles en Algérie, la production de cette énergie serait abondante et renouvelable, permettant à l'État de compter sur elle comme source de revenus aux côtés du pétrole et du gaz. De nombreuses régions souffrent de salinité de l'eau, ce qui peut causer divers problèmes de santé. L'utilisation de l'osmose pour une déminéralisation de l'eau contribue à fournir de l'eau potable pour la consommation humaine.

### IV.4 Les avantages et les inconvénients:

#### Avantages:

1. Fourniture d'eau pure: L'osmose inverse peut être utilisée pour dessaler l'eau contaminée et la transformer en eau pure et potable.
2. Production d'énergie électrique: Le processus d'osmose inverse peut être utilisé pour produire de l'énergie électrique en convertissant la pression résultant du processus de dessalement en énergie électrique.
3. La bonne gestion des ressources, car le dessalement nous permet d'économiser les eaux douces.

#### Inconvénients:

1. Coût élevé: Le processus d'osmose inverse nécessite une technologie avancée et des matériaux spéciaux, ce qui augmente le coût de construction et de maintenance des installations (Issaadi. M & Khebat A, 2015).

2. Consommation d'énergie: Le processus d'osmose inverse nécessite une quantité importante d'énergie pour fonctionner, ce qui entraîne une consommation élevée d'énergie pour produire de l'énergie.

#### IV.5 Puits et forages recommandés:

Dans les figures ci-dessous la localisation des puits d'eaux salées et des forages d'eaux douces dans la région d'étude recommandés où toutes les méthodes utilisées dans la production d'électricité à partir de l'eau peuvent être appliquées, que ce soit la géothermie, l'osmose, l'osmose inverse, ou l'analyse électrolytique de l'eau divisée entre l'eau chaude et moins salée et l'eau de la couche superficielle très salée( figures 23-24).

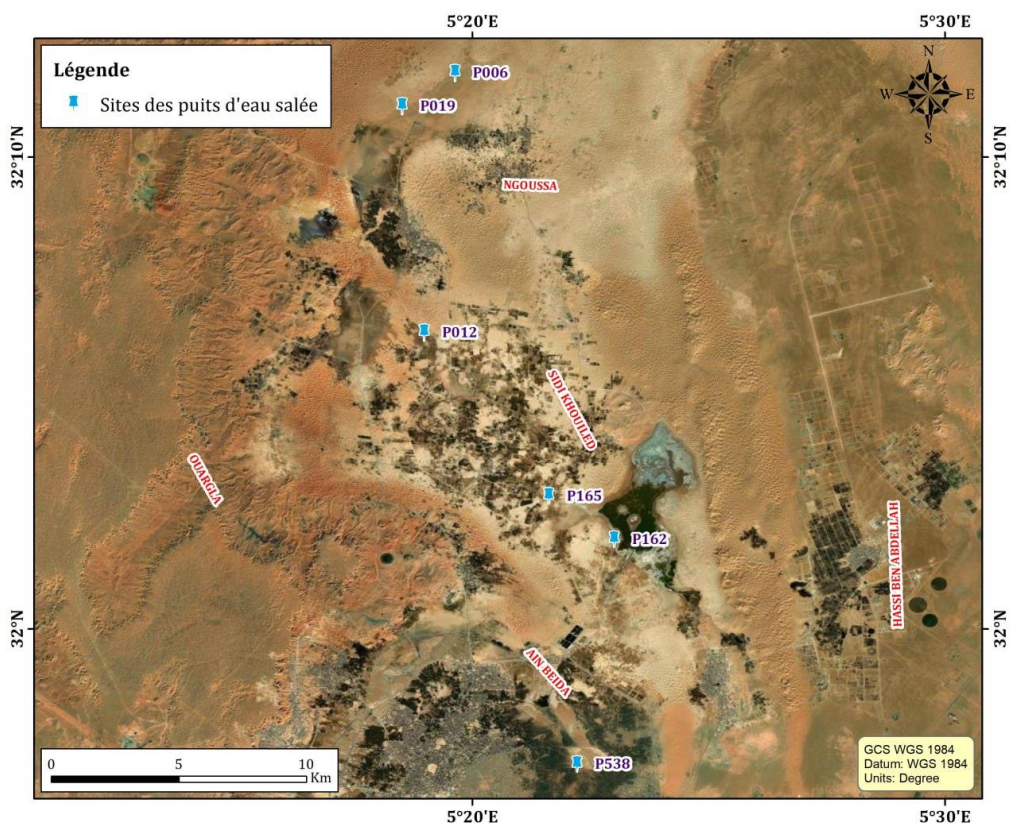


Figure 23 localisation des puits des eaux salées

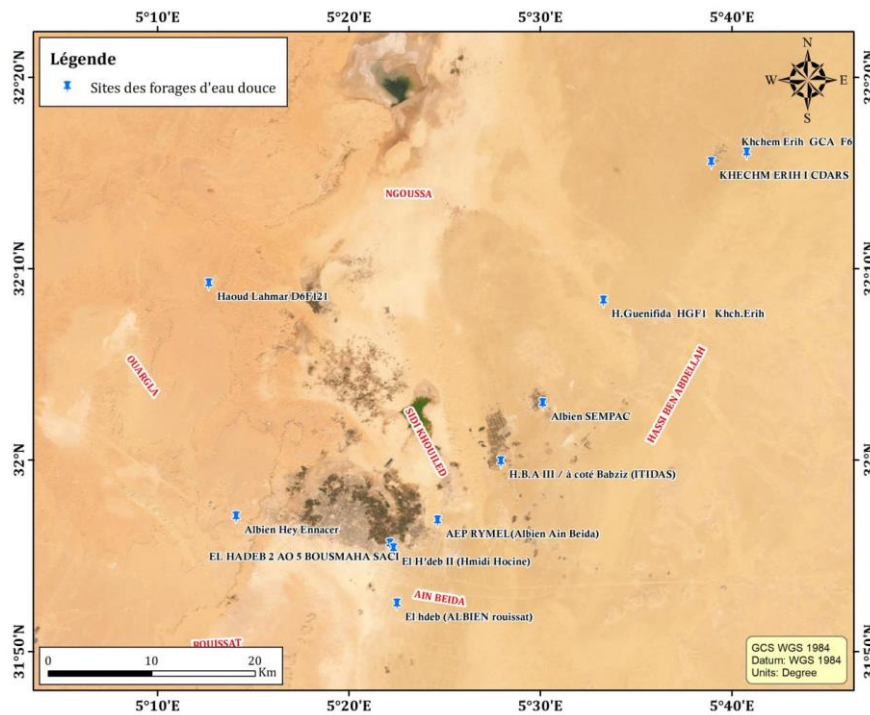


Figure 24: localisation des forages des eaux douces et d'eaux chaudes

#### IV.6 Conclusion :

Ce chapitre a fourni une vue d'ensemble complète des résultats obtenus et de leur analyse dans le contexte de l'application du procédé de l'énergie osmotique sur les eaux de Ouargla. Les résultats présentés ont démontré l'efficacité potentielle de cette technologie, tout en révélant des domaines nécessitant des améliorations pour une meilleure performance. L'évaluation des performances a mis en lumière à la fois les points forts et les limitations de la méthode. En conclusion, bien que la technologie présente des avantages significatifs, tels que la durabilité et l'efficacité, mais elle comporte également des défis qui doivent être surmontés pour une mise en œuvre réussie. Ces conclusions fournissent des orientations précieuses pour les recherches futures et les développements technologiques dans le domaine de l'énergie osmotique.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale:

Notre zone d'étude fait partie de la région du SaharaSeptentrional, bien qu'elle soit connue pour abriter le plus grand réservoir d'eau souterraine **SASS**, elle se caractérise également par un climat désertique sec avec des températures extrêmes en été et de faibles précipitations. Ces conditions climatiques indiquent que l'eau n'est renouvelable que lors de chutes de pluie exceptionnelles.

Avec l'augmentation de la population, il est devenu nécessaire de trouver des solutions au problème de l'approvisionnement en électricité. À travers notre recherche sur l'énergie osmotique, il a été démontré que l'utilisation de cette technique peut contribuer à résoudre ce problème de manière durable et respectueuse de l'environnement. L'énergie osmotique, qui repose sur les différences de concentration en sel entre l'eau douce et l'eau salée, offre un moyen efficace de produire de l'électricité sans recourir aux ressources traditionnelles qui contribuent à la pollution environnementale.

Dans ce contexte, l'énergie osmotique est une solution prometteuse pouvant être appliquée dans notre région, en particulier avec la disponibilité des eaux souterraines salées. L'application de cette technique peut aider à répondre aux besoins croissants en énergie, tout en réduisant la pression sur les ressources en eau douce. Les expériences que nous avons menées ont prouvé leur succès malgré les moyens limités, renforçant ainsi la possibilité de leur mise en œuvre à plus grande échelle à l'avenir.

La technique utilisée dans ce travail est l'osmose inverse. Un processus utilisé à deux fins principales : la purification de l'eau et la production d'énergie électrique. On a obtenu des résultats remarquables sur les deux fronts (production d'électricité et dessalement de l'eau). Pour ce qui est du dessalement de l'eau, nous avons réussi à atteindre après osmose inverse une eau de qualité conforme aux normes de l'Organisation mondiale de la santé des eaux potables. De plus, l'osmose inverse a été efficace non seulement pour produire de l'électricité, mais également pour le faire de manière efficace.

En conclusion, nous avons constaté que l'énergie osmotique n'est pas seulement une alternative pour la production d'électricité, mais elle constitue également une étape vers la réalisation de la durabilité environnementale et économique dans la région. Cette recherche



## Conclusion générale

---

ouvre la voie à d'autres études et applications pratiques qui peuvent contribuer à améliorer la qualité de vie des habitants des zones désertiques et à fournir de l'énergie de manière innovante et durable.

En fin après cette expérience, on peut dire l'énergie bleue remplit un grand nombre de critères pour devenir l'énergie de demain.

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques:

- 1 ADE : algérienne des eaux , fiche technique des forage de l'AEP .
- 2 ANRH (2018) : agence national des ressources hydrauliques direction de sud-est (ouargla ) : des forages d'albien .
- 3 ANRH (2022) : agence national des ressources hydrauliques direction de sud-est (ouargla ) : des piézometres de nappe phréatique .
- 4 Ben aissa Fatma Zohra, 2013 : Etude sur le procédé d'osmose inverse pour le dessalement des eaux faiblement saumâtres, mémoire de master, université AboubakrBelkaïd– TLEMCEM, 178p
- 5 BoussaadaNawel ; 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 doc en sc, université Annaba, 190p.
- 6 Busson. G (1970) : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse de Doctorat, Paris, 464p.
- 7 CNTRL : centre national des ressources textuelles et lexicales incamefort ,gama , sc.nat , 1960, p .149
- 8 Djidel. M 2014 : Cartographie des changements des zones humides désertiques sous influences anthropiques par utilisation de la télédétection et SIG.2p
- 9 Dubief. J (1955) : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara
- 10 Hamm S et Metcalfe E (2019) Exploiter la chaleur sous nos pieds : l'énergie géothermique. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00105
- 11 Helmenstine, Anne Marie, Ph.D. Aug. 27, 2020 article de ThoughtCo son titre How Reverse Osmosis Works
- 12 HOUARI Idir Menad ;2012 Mémoire fin d'étude d'Ingenieur et mémoire magistère , université kasdi merbah ouargla.
- 13 Issaadi Mourad &Khebat Abdeslam, 2015 : Contrôle du procédé combiné osmose inverse- électrodéionisation CEDI par analyses physicochimiques des eaux de process de CEVITAL ; mémoire de master, université de Bejaia, 141p.
- 14 J.E. Luebering, reverse osmosispublié le 22-05-2024 article deencyclopidiabritannica.
- 15 John W. Lund, Apr 22, 2024 ,article deencyclopidiabritannica son titre :geothermal power
- 16 KHARROUBIM2024:Etude hydrogéochimique et gestion de l'aquifère de Complexe Terminal de la cuvette d'Ouargla (SE Algérie Université Kasdi





## Références bibliographiques

---

12. <https://www.frontiersin.org/>
13. <https://www.futura-sciences.com/>
14. <https://www.alarabiya.net/>
15. <https://www.lenergiesoutcompris.fr/>
16. <https://www.alkhaleej.ae/>
17. <https://www.planete-energies.com/fr>
18. <https://www.aljazeera.net/>
19. <https://www.spiegel.de/>
20. <https://www.scribd.com/home>
21. <https://energieplus-lesite.be/techniques/sterilisation5/osmoseur-inverse/>