

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

**En :** Hydraulique

**Spécialité :** Hydraulique Urbaine

**Par :**

**SERHANE RACHID & LASRI CHARIHENE**

### **Sujet**

**Mise au point d'un prototype de détection de la ressource hydrique permettant le captage et la valorisation des sources souterraines étude du cas (détection et valorisation de source d'eau à Ouled Cheikh dans la région de dar Bentata)**

Soutenu publiquement, le **26 juin 2023** devant le jury composé de :

<b>Mme. DJEDID Hayet</b>	MCB	Université de Tlemcen	Présidente
<b>Mr. CHIBOUB FELLAH ABDELGHANI</b>	Professeur	Université de Tlemcen	Examinateur
<b>Mme. AMAR BELARBI Lemya</b>	Ingénieur	BET RAHMANIA	Examinatrice
<b>Mr. DERFOUF Amine</b>	MCB	I2E	Examinateur
<b>Mr. BENADDA LOTFI</b>	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur
<b>Mme. BOUCHENAK KHELLADI Racha</b>	Dr	Université de Tlemcen	Co-encadreur

Année universitaire : **2022 /2023**

# Dédicace

*À celle qui m'a toute donnée, la volonté, la tendresse, l'espoir, la  
patience... Zui éclaire ma vie, ma très chère maman*

*Dédicace spéciale à qui grâce à lui je suis là, mon Père*

*À ma grand-mère, que Dieu prolonge sa vie*

*À mes chères Sœurs Nasima, marwa*

*À mon cher frère Mohamed*

*À la femme de mon frère Fatima Zohra*

*Aux petits-enfants notre famille Norseen, Ritej, Anes*

*À toute la Famille Lasri, Bendiaf*

*À mes meilleurs amis Achweg, Saadia, Hidyet, Fatima, Nesrin*

*À Mon binôme Rachid et à sa famille*

*À tous qui j'aime*

*Merci à tous...*

*Charihene*

# Dédicace

*À Mes chers parents*

*Pour leurs efforts et leurs sacrifices durant toute Ma vie,  
leurs encouragements et soutiens jusqu'à l'aboutissement de ce*

*Travail. Qu'ils retrouvent, dans ce  
Travail, L'expression de ma Reconnaissance*

*À Toute la famille Serhane*

*À ma sœur Souaad*

*À mon cher frère Sid ahmed*

*À mes oncles et tantes*

*Abd hakim, Boumedian ,fethi, Dalila, Fatiha, Samir*

*À mes meilleurs amis en particulier Daoud*

*À Tous les professeurs qui m'ont enseigné et encadré*

*À Toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment.*

*Merci à tous...*

*Rachid*

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, On tient à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude ainsi que nos sincères remerciements à notre encadreur Mr BENADDA LOTFI, qui a fait preuve d'une grande volonté en assurant l'encadrement de ce travail en dépit de son temps fort chargé et de ses multiples occupations, ainsi que du bénéfice de son expérience et ses précieux conseils.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mme DJEDID Hayet, qu'elle a acceptée de juger et présider le jury de ce mémoire.

Nous tenons à remercier, Mr CHIBOUB FELLAH Abdelghani, Mme AMAR BELARBI Lemya du Bureau d'études Rahmania, ainsi que Mr. BOUACHA Abdelhafid expert de I2E qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce mémoire. Qu'ils Trouvent ici l'expression de nos sincères remerciements.

Nous présentons également nos remerciements à Mme BOUKHATEB Imane ingénieur d'état de l'Observatoire National d'Environnement et de Développement Durable (Station de surveillance d'environnement Tlemcen), ainsi que la chef du centre Mme SGHIR Fatima Zohra et co-encadreuse Dr BOUCHENAK KHELADI Rasha majda

, sans oublier la chef du laboratoire d'analyse de l'ADE Hammam Boughrara Mme BOUABSA Karima, qu'elles trouvent ici nos sincères remerciements et gratitudes.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos enseignants du département hydraulique, de la faculté de technologie, de l'université de Tlemcen.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui nous ont aidés et encouragés de près ou de loin.

*A vous tous Merci Beaucoup*

## **RESUME**

Cette étude se concentre sur le développement d'un prototype de détection de la ressource hydrique pour le captage et la valorisation des sources souterraines. L'appareil de captage utilisé est le "sondage électronique vertical". L'objectif principal est de localiser avec précision les sources souterraines d'eau et de fournir des informations essentielles sur leur abondance, leur qualité et leur accessibilité. Ce prototype offre des opportunités pour une gestion durable des ressources en eau et peut trouver des applications dans divers secteurs tels que la planification de l'approvisionnement en eau, l'agriculture, l'industrie minière et la gestion des ressources naturelles.

Mots clés : Sondage électrique, Résistivité Électrique, Géophysique , eaux souterraines , Schlumberger , Wenner

## **المخلص**

تركز هذه الدراسة على تطوير نموذج أولي لاكتشاف الموارد المائية لالتقاط وتطوير الينابيع الجوفية. جهاز الالتقاط المستخدم هو "السبر الإلكتروني العمودي". الهدف الرئيسي هو التحديد الدقيق لمصادر المياه الجوفية وتقديم المعلومات الأساسية عن وفرتها وجودتها وإمكانية الوصول إليها. يوفر هذا النموذج الأولي فرصًا للإدارة المستدامة لموارد المياه ويمكن أن يجد تطبيقات في مختلف القطاعات مثل تخطيط إمدادات المياه والزراعة والتعدين وإدارة الموارد الطبيعية. الكلمات المفتاحية: السبر الكهربائي ، المقاومة الكهربائية ، الجيوفيزياء ، المياه الجوفية ، شلمبرجير ، وينر

## **ABSTRACT**

This study focuses on the development of a water resource detection prototype for the capture and development of underground springs. The capture device used is the "vertical electronic sounding". The main objective is to precisely locate underground sources of water and provide essential information on their abundance, quality and accessibility. This prototype offers opportunities for sustainable management of water resources and can find applications in various sectors such as water supply planning, agriculture, mining and natural resource management.

Keywords: Electrical sounding, Electrical resistivity, Geophysics, groundwater, Schlumberger, Wenner

# SOMMAIRE

## CHAPITRE 01 : RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

### RESUME

INTRODUCTION GENERALE.....	1
1.1.INTRODUCTION.....	3
1.2.TECHNIQUE GEOPHYSIQUE DE CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINES .....	3
1.2.1. SONDAGE ELECTRIQUE.....	4
1.2.1.1. LES DIFFERENTS TYPES DE SONDAGES ELECTRIQUES.....	5
1.2.1.2. MILIEU DE SONDAGE ELECTRIQUE.....	6
1.2.2. RESISTIVITE APPARENTE .....	7
1.2.2.1. PRINCIPE DE MESURE DE RESISTIVITE .....	7
1.2.2.2. TECHNIQUE DE MESURE.....	8
1.3. DETECTION GEOPHYSIQUE .....	9
1.3.1. DETECTEUR GEOPHYSIQUE DES EAUX SOUTERRAINES.....	9
1.3.2. TECHNOLOGIE DE VIBRATION ELECTROMAGNETIQUE .....	9
1.3.2.1. TECHNOLOGIE DES VIBRATIONS ELECTROMAGNETIQUES.....	10
1.3.2.2. TECHNIQUE DES VIBRATIONS ELECTROMAGNETIQUES.....	11
1.4. TYPES D'EAUX SOUTERRAINES .....	13
1.4.1. NAPPE LIBRE .....	13
1.4.2. NAPPE CAPTIVE.....	14
1.5. CONCLUSION.....	14

## CHAPITRE 02 : CAPTAGE DES SOURCES SOUTERRAINES

2.1. INTRODUCTION.....	15
2.2. MODE DE CAPTAGE EAU SOUTERRAINE.....	16
2.2.1. FILTRATION HORIZONTALE .....	16
2.2.2. FORAGE DE PUIITS MOYEN .....	16
2.2.3. FORAGE DE PUIITS A LA MAIN.....	17
2.2.4. UTILISATION DES POMPES SOLAIRES.....	17
2.3. TECHNIQUES ET OUVRAGES DE CAPTAGE DES EAUX .....	18
2.3.1. SOURCES DE CAPTAGE.....	18
2.3.1.1. DIFFERENTS TYPES DES SOURCES .....	18

2.3.2. CAPTAGE PAR PUITTS .....	20
2.3.2.1. TECHNIQUES UTILISEES POUR LA CONSTRUCTION D'UN PUITTS....	20
2.3.3.FORAGE-CAPTAGE.....	22
2.3.3.1. METHODES DE FORAGE .....	22
2.4. TECHNIQUES ET OUVRAGES DES EAUX SOUTERRAINES.....	25
2.4.1. DIAMETRE DU PUITTS .....	25
2.4.2. ÉQUIPEMENTS DE POMPAGE .....	25
2.4.3. TUBAGE DU PUITTS .....	25
2.4.4. DISPOSITIFS DE CONTROLE DE L'EAU .....	26
2.4.5. RESEAU DE DISTRIBUTION.....	26
2.4.6. SURVEILLANCE ET ENTRETIEN .....	26
2.5. CAPTAGE DES EAUX MEDICINALES.....	26
2.6. LES ETAPES ET TECHNIQUES DES EAUX MEDICINALES .....	27
2.7. SYSTEMES D'EAU MEDICALE .....	27
2.8. AVANTAGES DES EAUX MEDICINALES .....	29
2.9. CONCLUSION.....	29

### CHAPITRE 03 : ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE

3.1. INTRODUCTION.....	30
3.2. PRESENTATION DE ZONE ETUDE.....	30
3.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	31
3.3.1. CLIMATOLOGIE .....	32
3. 3.1.1. LE CLIMAT .....	32
3. 3.1.2. LES VENTS .....	32
3. 3.1.3. LES PRECIPITATIONS .....	33
3.4. HYDROGRAPHIE .....	35
3.5. GEOLOGIE.....	36
3.5.1. TERRAINS PRIMAIRES .....	36
3.5.2. TERRAINS TERTIAIRES.....	36
3.5.3. TERRAIN QUATERNAIRE.....	36
3.6. LES ASPECT SOCIO-DEMOGRAPHIQUES .....	37
3.6.1. LA POPULATION RESIDENTE TOTALE .....	37
3.6.2. LE MOUVEMENT NATUREL.....	37
3.7. L'ACTIVITE .....	37
3.7.1. CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE .....	38

3.7.2. L'OCCUPATION DU SOL.....	38
3.8. QUALITE DES SOURCES D'EAUX DE ZONE D'ETUDE .....	38
3.9. CONCLUSION.....	44

#### CHAPITRE 04 : MATERIEL ET METHODE

4.1. INTRODUCTION.....	46
4.2. MISE EN POINT DE PROTOTYPE .....	46
4.2.1. LE PRINCIPE DE SONDAGE ELECTRIQUE .....	46
4.2.2. RESISTIVITE PAR TYPE DE SOL OU ROCHE .....	47
4.2.3. METHODES DE MESURE DE LA RESISTIVITE.....	48
4.2.3.1. LA METHODE WENNER .....	48
4.2.3.2. LA METHODE SCHLUMBERGER .....	48
4.2.4. MATERIELS ET PROCEDURE DE MESURES.....	49
4.2.5. METHODE DE TRAVAIL SUR LE TERRAIN .....	52
4.2.5.1. CHOISIR LE POINT CENTRAL .....	52
4.2.5.2. LES ELECTRODES .....	53
4.2.5.3. LE CIRCUIT "VOLTAGE" .....	53
4.2.6. TOMOGRAPHIE DE RESISTIVITE.....	54
4.2.7. METHODE DE TRAVAIL PAR L'UTILISATION DE LOGICIEL IP2WIN ..	54
4.2.7.1. METHODES D'ENTREE DES DONNEES .....	54
4.2.7.2. GRAPHIQUE .....	55
4.2.7.3. COUCHES .....	56
4.2.7.4. SOL.....	57
4.2.7.5. RES-RESISTIVITE .....	58
4.2.7.6. RELATION DISTANCE (A) ET PROFONDEUR .....	58
4.2.7.7. REPRESENTATION « LA PSEUDO-SECTION ».....	59
4.3. CONCEPTION DES USINE HYDRO MEDICINAL .....	60
4.3.1. LES CARACTERISTIQUE D'UNE USINE HYDRO MEDICAL .....	60
4.3.1.1. SOURCES D'EAU MINERALE ET THERMALE .....	60
4.3.1.2. INFRASTRUCTURES DE CAPTAGE ET DE COLLECTE .....	61
4.3.1.3. TRAITEMENT DE L'EAU.....	61
4.3.1.4. ESPACES DE SOINS ET DE TRAITEMENT .....	61
4.3.1.5. PERSONNEL QUALIFIE.....	61
4.3.1.6. CONTROLES DE QUALITE ET NORMES REGLEMENTAIRES .....	61
4.3.1.7. CONCEPTION ERGONOMIQUE ET CONFORT DES INSTALLATIONS	

4.3.1.8. DURABILITE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT .....	61
4.3.2. PLANIFICATION ET FINANCEMENT D'UNE USINE HYDRO MEDICAL .	61
4.3.2.1. ÉVALUATION DES BESOINS.....	61
4.3.2.2. ÉTUDE DE FAISABILITE.....	62
4.3.2.3. CONCEPTION DE L'USINE .....	62
4.3.2.4. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET REGLEMENTATIONS.....	62
4.3.2.5. ÉLABORATION DU PLAN D'AFFAIRES .....	62
4.3.2.6. RECHERCHE DE FINANCEMENT .....	62
4.3.2.7. GESTION DE PROJET .....	62
4.4. SYNTHESE.....	62
CONCLUSION GENERALE .....	63
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	64
ANNEXE.....	66

## LISTE DES FIGURE

Figure 01 : Science du cycle de l'eau dans la nature.....	3
Figure 02 : Technique de recherche électrique.....	4
Figure 03 : Technique du sondage électrique vertical (SEV) .....	4
Figure 04 : Tomographies de Résistivité Électrique.....	5
Figure 05 : Résistivité et chargeabilité.....	5
Figure 06 : Schéma d'un terrain homogène et hétéro-homogène.....	6
Figure 07 : Schéma milieu trois couches.....	7
Figure 08:Schéma du principe de la mesure de résistivité.....	8
Figure 09 : Schéma explique technique de mesure.....	9
Figure 10 : Instrument de géophysique des détecteurs d'eau souterraine.....	10
Figure 11 : Principe de la sismique par réflexion.....	10
Figure 12 : Un champ électromagnétique.....	11
Figure 13 : Cartographie Haute Résolution Des Sols (La Géophysique) .....	12
Figure 14 : Modèle carte géologique.....	12
Figure 15 : Schéma hydrogéologique conceptuel.....	13
Figure 16 : Nappe libre et nappe captive contenues dans un aquifère.....	14
Figure 17 : Les différents périmètres de protection applicables autour d'un captage.....	15
Figure 18 : Puits d'irrigation agricole forage de puits moyen.....	16
Figure 19 : Creuser un puits manuellement.....	17
Figure 20 : Schéma de Composition du système de pompage solaire.....	17
Figure 21 : Schéma explicatif d'un captage-source et d'un forage-captage.....	18
Figure 22 : Source d'eau souterraine sources d'affleurement.....	18
Figure 23: Captage par puits d'une source par émergence.....	19
Figure 24 : Source par émergence.....	19
Figure 25 : Captage par puits d'une source par d'émergence.....	20
Figure 26 : Forage par percussion.....	21
Figure 27 : Puits creusé à la main .....	21
Figure 28 : Puits à ciel ouvert.....	22
Figure 29 : Schéma simplifié d'une installation de forage fond de trou (MFT) .....	22
Figure 30 : Colonne ODEX.....	23
Figure 31 : Schéma simplifié d'une installation de forage rotary.....	24
Figure 32 : Coupes schématiques des différents types de forage par battage.....	24
Figure 33 : Forage par havage.....	24
Figure 34 : Machine de forage par tarière.....	24
Figure 35 : Principe de fonctionnement des carottiers.....	25
Figure 36 : Tubage du puit en PVC,béton,acier.....	25
Figure 37 : Une source d'eau thermale.....	28
Figure 38 : Machine d'embouteillage l'eau.....	28
Figure 39 : bouteille d'eau alcaline .....	29
Figure 40 : Carte de situation géographique du Dar bentata et zone étude .....	30
Figure 41 : Carte localisation de la zone étude.....	31
Figure 42 : Plan du périmètre de la zone étude .....	31
Figure 43 : Carte climatologique de la zone étude (1/500 000) – Source ANRH.....	34
Figure 44 : Carte géologique de la Zone Etudiée (1/25 000) – Source ANRH.....	36
Figure 45 : Appareil mesure PH et l'oxygène de l'eau (sensION3).....	39
Figure 46 : Turbidimètre de laboratoire mesure la turbidité de l'eau.....	39
Figure 47 : Appareil de mesure La conductivité et La salinité et TDS de l'eau.....	40

<b>Figure 48 : Colorimètre de mesure visuellement la couleur de l'eau.....</b>	<b>40</b>
<b>Figure 49 : Méthode de changement du couleur de mesure TH.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 50 : Méthode de changement du couleur de mesure <math>Mg^{2+}</math>.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 51 : Méthode de changement du couleur de mesure <math>CO_3^{2-}</math>.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure 52 : Méthode de changement du couleur de mesure TA/TAC.....</b>	<b>43</b>
<b>Figure 53 : Méthode de changement du couleur de mesure <math>Cl^-</math>.....</b>	<b>43</b>
<b>Figure 54 : Résistivité par type de sol ou roche.....</b>	<b>46</b>
<b>Figure 55 : Diagramme de conductivité électrique.....</b>	<b>47</b>
<b>Figure 56 : Méthode WINNER.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 57 : Méthode Schlumberger.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 58 : Photos de confection de l'appareil de Winner-Schlumberger.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 59 : Résultat final de l'appareil de Winner-Schlumberger</b>	<b>50</b>
<b>Figure 60 : Essai d'étalonnage de l'appareil de Winner-Schlumberger au niveau du site de la faculté.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 61 : Fiche de prise des mesures.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 62 : Site d'implantation potentiel de la zone d'étude.....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 63 : Ligne droite pour installer les électrodes.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 64 : Installation des électrodes.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 65 : ampèremètre.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 66 : Tableau des données.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 67 : Evaluation de la qualité des données de mesure de la conductivité électrique de l'eau.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 68 : Visualisation des couches du sol d'un seul essai.....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 69 : Visualisation des couches du sol de trois essais.....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 70 : Profondeur correspondante à la distance entre les électrodes "a".....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 71 : Interprétation en résistivité 2D.....</b>	<b>60</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 01 : Hauteur des pluies en mm ancienne période et nouvelle période.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 02 : Régime de température à GHAZAOUET .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 03 : Résultats d'air pour Dar YAGHOMORACEN.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 04 : Régime de la température à Dar YAGHOMRACEN.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 05 : Analyse d'eau d'OULED CHEIKH.....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 06 : Comparaison des eaux d'OULED CHEIKH avec Eau Perrier.....</b>	<b>65</b>

## LISTE DES ABREVIATION

ADE	: Algérienne Des Eaux
ANRH	: Agence National Des Ressources Hydraulique
Ca <sup>2+</sup>	: Calcium ion
Cl <sup>-</sup>	: Les chlorures
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	: Carbonate ion
Coud	: Conductivité électrique
Coul	: Couleur
DC	: Courant continu
ERT	: Sondage électrique tomographique
GPR	: Ground-Penetrating Radar
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: L'ion bicarbonate
I	: Intensité du Courant
IP	: Polarisation provoquée
MFT	: Marteau au fond de trou
Mg <sup>2+</sup>	: Concentration en magnésium
PDAU	: Plan Directeur D'aménagement et D'urbanisme
PEHD	: Polyéthylène haute densité
PVC	: Polychlorure de vinyle
R	: Résistance
Rés	: Résistivité
RGPH	: Recensement Général De La Population De L'habitat
SAL	: Salinité
TA	: Titre alcalimétrique
TAC	: Titre Alcalimétrique Complet
TDS	: Total Dissolved Solids
TH	: Titre Hydrotimétrique
V	: Tension du courant
VES	: Sondage électrique vertical
ρ	: Résistivité

**INTRODUCTION  
GENERALE**



## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource vitale indispensable à la survie de l'humanité et à son développement socio-économique. Cependant, l'approvisionnement en eau douce est devenu une préoccupation majeure dans de nombreuses régions du monde, en raison de facteurs tels que la croissance démographique, le changement climatique et la surexploitation des ressources hydriques. Face à ces défis, il devient essentiel de développer des technologies de détection avancées pour localiser, capter et valoriser les sources souterraines, qui représentent une part significative de la ressource en eau.

Ce mémoire de fin d'étude se concentre sur la mise au point d'un prototype novateur de détection de la ressource hydrique, visant à permettre le captage et la valorisation des sources souterraines. Dans notre étude, nous avons utilisé un appareil de captage spécialisé appelé "sondage électronique vertical" pour explorer les caractéristiques hydrogéologiques des formations souterraines. Cette technologie avancée offre des capacités uniques pour détecter et caractériser les sources d'eau souterraine, ouvrant ainsi de nouvelles opportunités pour une gestion durable des ressources en eau.

L'objectif principal de notre recherche est de développer un prototype performant qui peut localiser avec précision les sources souterraines d'eau et fournir des informations clés sur leur abondance, leur qualité et leur accessibilité. L'appareil de captage "sondage électronique vertical" combine des capteurs spécialisés et des techniques de mesure électromagnétique pour obtenir des données détaillées sur la présence et la distribution des ressources hydriques souterraines.

Notre méthodologie de recherche comprend plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous avons réalisé une revue approfondie de la littérature scientifique afin de comprendre les avancées récentes dans le domaine de la détection de l'eau souterraine et les technologies existantes. Cette revue nous a permis d'identifier les lacunes et les opportunités de recherche dans le domaine, justifiant ainsi l'utilisation de l'appareil de captage "sondage électronique vertical" comme outil clé de notre étude.

Ensuite, nous avons effectué des expérimentations sur le terrain en utilisant l'appareil de captage "sondage électronique vertical". Ces expérimentations ont été menées dans des zones géographiques sélectionnées, caractérisées par des contextes hydrogéologiques différents, afin d'évaluer la performance et l'efficacité de notre prototype dans la détection des sources souterraines d'eau.

Les données collectées ont été analysées à l'aide de techniques avancées de traitement et d'interprétation. Nous avons évalué la corrélation entre les mesures électromagnétiques fournies par l'appareil de captage et les caractéristiques hydrogéologiques connues des sources souterraines d'eau dans les zones d'étude, afin de valider la fiabilité et la précision de notre prototype.

Les résultats de notre étude revêtent une grande importance pour la gestion durable des ressources en eau. En fournissant un prototype de détection avancé basé sur l'appareil de captage "sondage électronique vertical", notre recherche contribue à

améliorer la compréhension des ressources hydriques souterraines et à développer des approches plus efficaces pour leur captage et leur valorisation.

Ces avancées peuvent avoir un impact significatif sur la disponibilité d'eau douce, la sécurité alimentaire, l'adaptation au changement climatique et le développement socio-économique des communautés dépendantes des ressources hydriques souterraines.

Pour ce faire, nous avons scindé notre étude en quatre principaux chapitres :

- Dans le premier chapitre, notre objectif était d'introduire plusieurs concepts liés à l'eau souterraine, d'expliquer les méthodes et techniques géophysiques utilisées pour son extraction et de décrire comment la repérer.
- Le deuxième chapitre se focalise sur le captage des eaux souterraines et examine en détail les techniques et les structures utilisées dans ce processus. Nous étudions les différentes méthodes de captage de l'eau souterraine et examinons les caractéristiques techniques des ouvrages correspondants. De plus, nous abordons les systèmes d'eau médicale, qui sont spécialement conçus pour garantir une qualité supérieure de l'eau souterraine destinée à un usage médical.
- Le troisième chapitre de cette étude se concentre sur l'analyse du milieu physique, en mettant en évidence le climat dominant de la zone. Il est caractérisé par une humidité élevée, notamment sur un monticule où se concentre une population importante. Cette zone est exposée aux vents venant du nord et de l'est, et elle abrite de nombreuses sources dont la qualité varie en fonction de divers facteurs.
- Le dernier chapitre de l'étude met l'accent sur la méthode de mesure utilisée par notre appareil, qui calcule la résistivité de la couche de sol afin d'obtenir des résultats à l'aide de notre logiciel. Il aborde également les différentes méthodes de captage des eaux, ainsi que leur utilisation spécifique pour l'irrigation et à des fins médicinales.

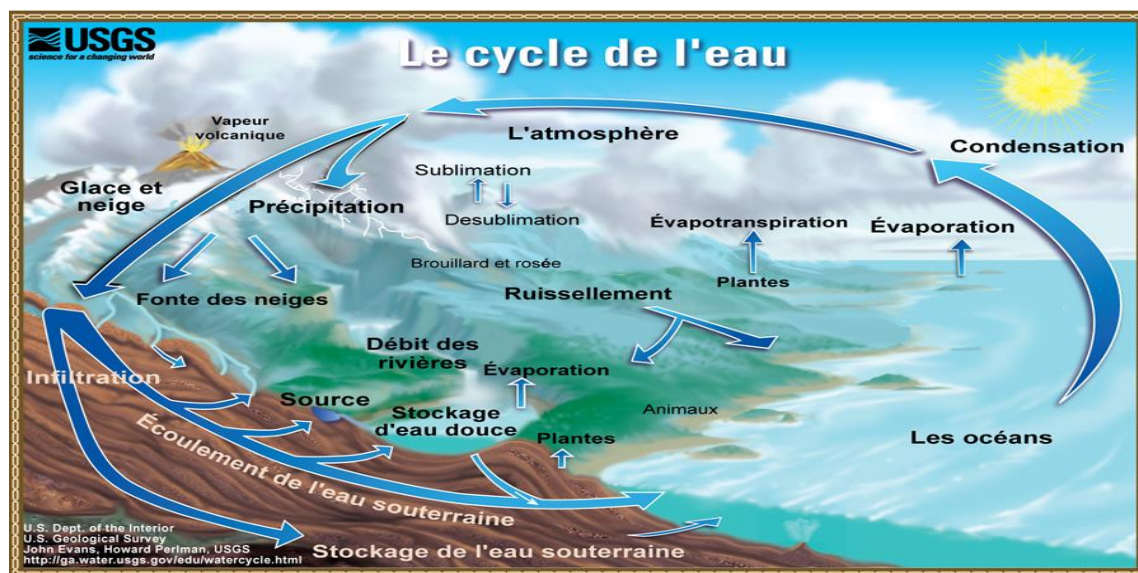
**CHAPITRE 01 :**  
**RECHERCHES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**



## 1.1. INTRODUCTION

Les preuves géologiques indiquent que les eaux souterraines se sont formées il y a des millions d'années. Depuis lors, les eaux souterraines ont été reconstituées par la pluie et la neige qui tombent sur le sol et s'infiltrent dans le sol. Lorsque l'eau souterraine tombe sur le sol, elle se déplace lentement à travers les roches et le sol et se dépose dans les pores et les fissures. Au fil du temps, cette eau s'accumule à certains endroits et forme des sources d'eau qui peuvent être utilisées pour la consommation humaine et agricole.

L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrogéologique figure1 et joue un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre de l'écosystème. Elle est obtenue en forant un puits dans le sol. Ce processus nécessite de nombreuses étapes, y compris la planification préalable, la localisation, le forage, l'exploration et la Mise à niveau Eau, préparation du puits, analyse de l'eau, installation de la pompe et entretien régulier.[1]



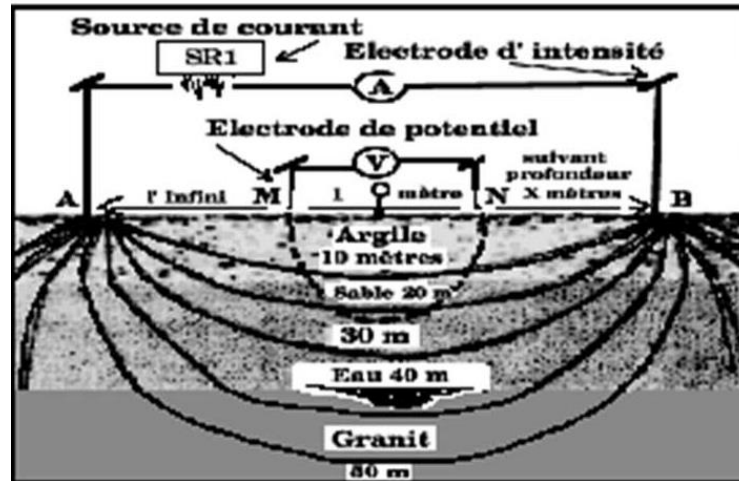
**Figure 01 : Science du cycle de l'eau dans la nature**

## 1.2. TECHNIQUE GEOPHYSIQUE DE CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINES

La technique géophysique de collecte des eaux souterraines repose sur l'utilisation d'outils géophysiques pour étudier les propriétés physiques du sol, de la roche et de l'eau dans les régions arides. Cette technique vise à localiser les sites de captage d'eau souterraine et à évaluer la quantité et la qualité de cette eau. Les outils géophysiques utilisés dans cette technique comprennent, par exemple, la télédétection, la résistance électrique, la résonance, la gravité, le magnétique et l'acoustique. Ces outils sont utilisés pour analyser les propriétés physiques du sol, de la roche et de l'eau, pour déterminer dans quelle mesure ils contiennent de l'eau souterraine et pour évaluer sa qualité. Cette technologie permet d'économiser les eaux souterraines dans les régions arides et d'améliorer la gestion de l'eau et des ressources en eau. [3]

### 1.2.1. SONDAGE ELECTRIQUE

Le sondage électrique, également appelé sondage électrique vertical ou forage électrique, est une méthode géophysique utilisée pour obtenir des informations sur la résistivité électrique des matériaux souterrains à différentes profondeurs. Voici comment fonctionne le sondage électrique :



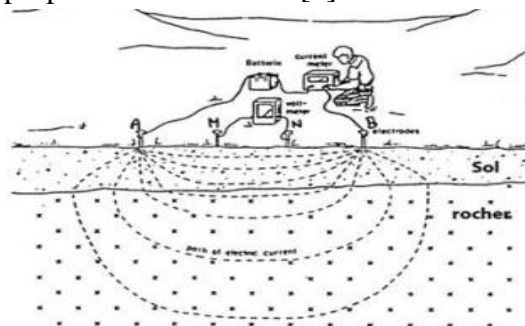
**Figure 02 : Technique de recherche électrique**

Configuration des électrodes : Dans un sondage électrique, un ensemble d'électrodes de courant et de potentiel est disposé en configuration verticale. Une électrode de courant est placée à la surface du sol, tandis que plusieurs électrodes de potentiel sont espacées à intervalles réguliers le long d'une ligne de mesure.

Injection du courant : Un courant électrique est injecté dans le sol par l'électrode de courant supérieure. La quantité de courant dépend des caractéristiques spécifiques de l'étude, telles que la profondeur de pénétration souhaitée et la résolution souhaitée.

Mesure des tensions induites : Les électrodes de potentiel enregistrent les tensions induites dans le sol en réponse à l'injection du courant. Ces tensions sont mesurées à différentes profondeurs à mesure que le courant se propage dans le sol.

Analyse des données : Les mesures de tensions induites sont utilisées pour calculer la résistivité électrique apparente à chaque profondeur. La résistivité électrique est une mesure de la capacité d'un matériau à résister au passage du courant électrique. Différents types de matériaux ont des résistivités différentes, ce qui permet d'obtenir des informations sur la composition et les propriétés du sous-sol. [4]

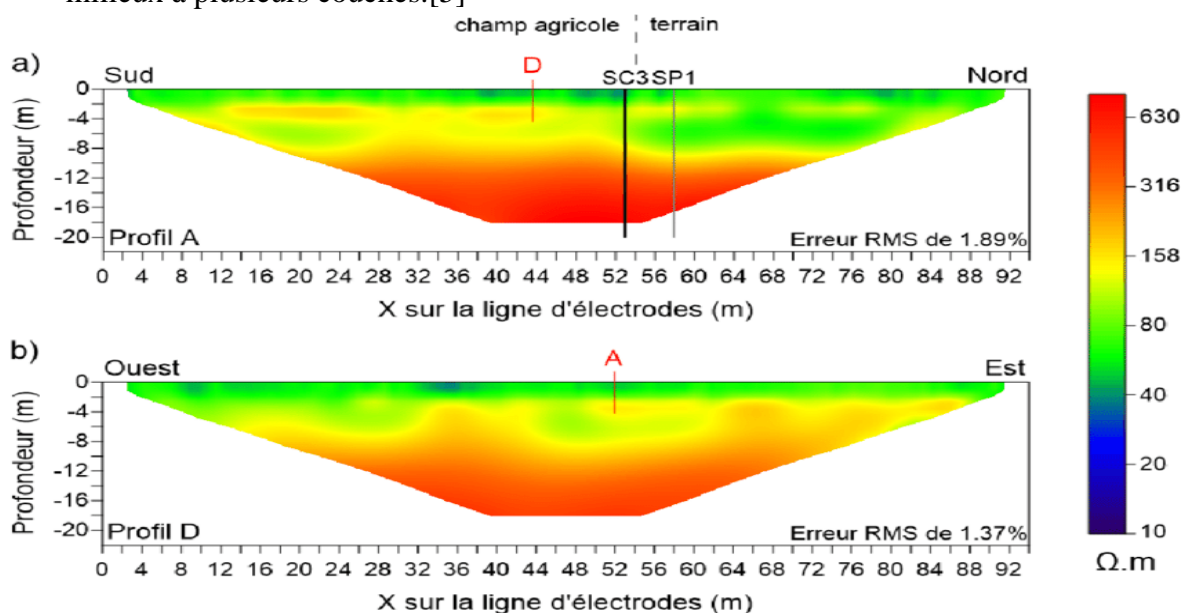


**Figure 03 : Technique du sondage électrique vertical (SEV)**

### 1.2.1.1. LES DIFFERENTS TYPES DE SONDAGES ELECTRIQUES

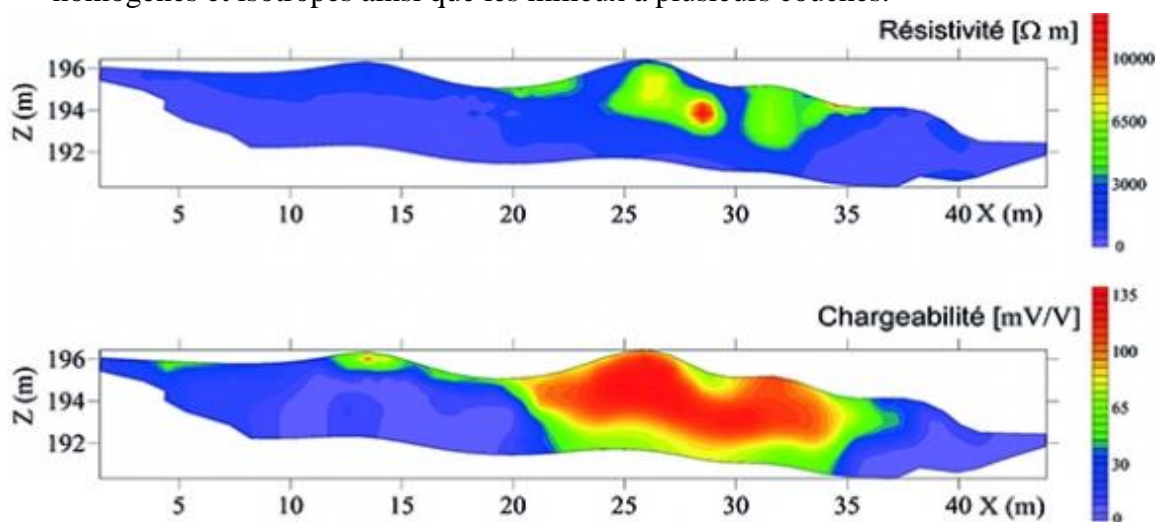
Les différents types de sondages électriques et les milieux auxquels ils peuvent être appliqués sont les suivants :

- Sondage électrique vertical (VES) : Le VES est couramment utilisé pour caractériser les milieux homogènes et isotropes ainsi que les milieux à plusieurs couches. Il peut fournir des informations sur la résistivité du sous-sol à différentes profondeurs.
- Sondage électrique tomographique (ERT) : L'ERT est utilisé pour imager les structures géologiques en utilisant une grille bidimensionnelle ou tridimensionnelle. Il peut être utilisé pour caractériser les milieux homogènes et isotropes, ainsi que les milieux à plusieurs couches.[5]



**Figure 04 : Tomographies de Résistivité Électrique**

- Sondage électrique à polarisation provoquée (IP) : Le sondage IP est utilisé pour caractériser les propriétés géologiques telles que la porosité, la perméabilité et la distribution des minéraux conducteurs ou polaires. Il peut être utilisé pour les milieux homogènes et isotropes ainsi que les milieux à plusieurs couches.



**Figure 05 : Résistivité et chargeabilité**

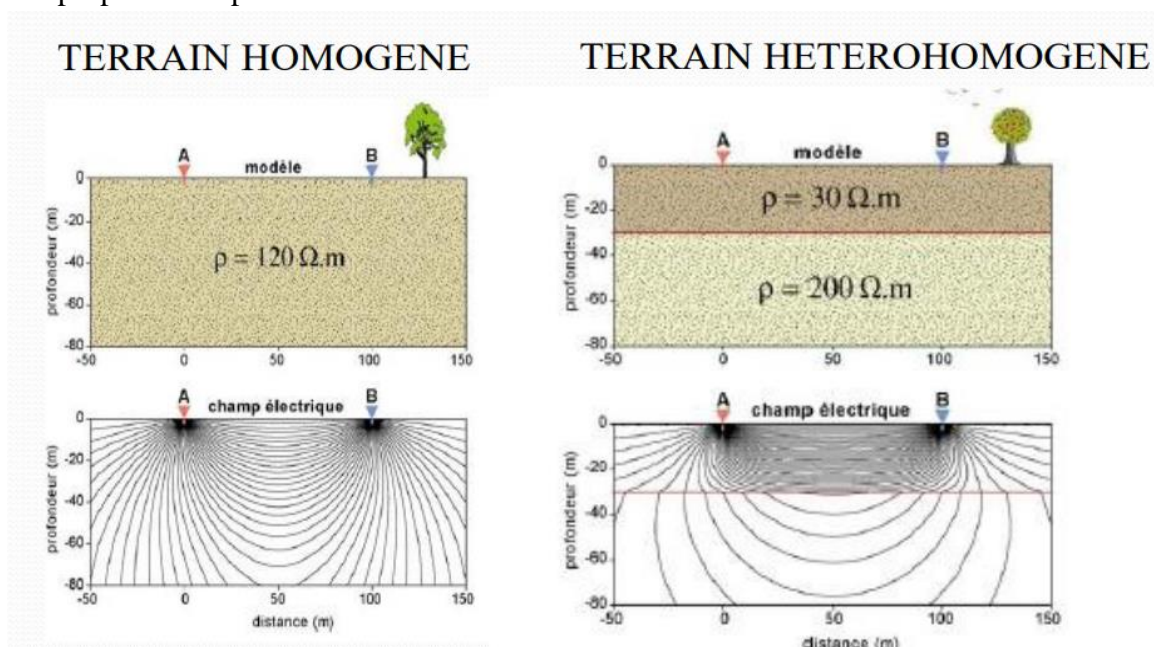
- Sondage électrique par courant continu (DC) : Le sondage DC est la méthode de base utilisée dans les sondages électriques. Il peut être utilisé pour caractériser les milieux homogènes et isotropes ainsi que les milieux à plusieurs couches.

Interprétation des résultats : Les données de résistivité électrique obtenues sont interprétées pour déduire la structure et les caractéristiques du sous-sol. Les variations de résistivité peuvent indiquer des changements dans la lithologie, la présence de zones de saturation d'eau, la présence de minéraux conducteurs ou isolants, etc. [5]

### 1.2.1.2. MILIEU DE SONDAGE ELECTRIQUE

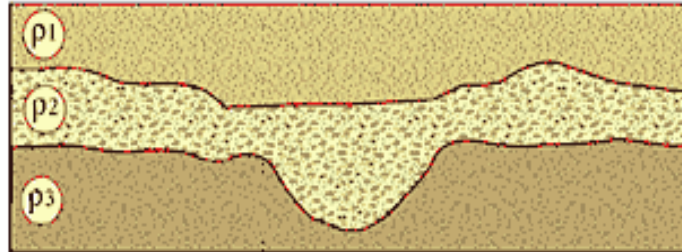
Le milieu de sondage fait référence au milieu géologique dans lequel les mesures de résistivité électrique sont effectuées à l'aide d'une méthode de sondage électrique. Voici une explication de chaque type de milieu de sondage :

- Milieu homogène et isotrope : Un milieu homogène et isotrope est un milieu dans lequel les propriétés physiques, telles que la résistivité électrique, sont uniformes dans toutes les directions et ne varient pas spatialement. Dans ce cas, les mesures de résistivité électrique fourniront des résultats cohérents et reproductibles. Cela peut être le cas dans certaines zones géologiques où les formations sont relativement uniformes et homogènes.
- Milieu à deux couches : Dans un milieu à deux couches, le sous-sol est composé de deux couches distinctes ayant des propriétés électriques différentes. Par exemple, une couche de sol sableux sur une couche d'argile. Dans ce cas, les mesures de résistivité électrique peuvent révéler des variations marquées de résistivité entre les deux couches, ce qui permet de les distinguer et de caractériser leur épaisseur et leurs propriétés respectives.



**Figure 06 : Schéma d'un terrain homogène et hétéro-homogène**

- Milieu à trois couches (et plus) : Dans un milieu à trois couches ou plus, le sous-sol est composé de plusieurs couches distinctes ayant des propriétés électriques différentes. Chaque couche peut avoir une résistivité électrique unique, ce qui permet de les distinguer les unes des autres. Les sondages électriques peuvent être utilisés pour caractériser chaque couche individuellement en mesurant les différences de résistivité entre elles. Des techniques d'analyse avancées peuvent être utilisées pour déterminer les propriétés électriques de chaque couche et leur épaisseur. [6]



**Figure 07 : Schéma milieu trois couches**

### 1.2.2. RESISTIVITE APPARENTE

La résistivité apparente est une mesure utilisée en géophysique pour évaluer la résistivité électrique des matériaux souterrains. Elle est généralement obtenue à partir de mesures de résistivité électrique réalisées à la surface de la Terre à l'aide d'une méthode géophysique appelée électrique.

Lorsqu'un courant électrique est injecté dans le sol à partir d'électrodes de courant placées à la surface, on observe une distribution de potentiel électrique sur la surface. La résistivité apparente est calculée à partir de ces mesures en utilisant des formules mathématiques appropriées.

La résistivité apparente dépend de plusieurs facteurs, notamment de la résistivité électrique des différentes couches géologiques traversées par le courant électrique, de leur épaisseur et de leur disposition géométrique. Elle peut fournir des informations sur la nature et la composition des matériaux souterrains, ainsi que sur la présence d'eau ou d'autres fluides conducteurs.

#### 1.2.2.1. PRINCIPE DE MESURE DE RESISTIVITE

Le principe de mesure de résistivité repose sur la loi d'Ohm, qui établit la relation entre la tension (V), le courant (I) et la résistance (R) d'un matériau :

$$V = I \times R \quad (1)$$

Le processus de mesure de résistivité comprend les étapes suivantes :

- Configuration des électrodes : Des électrodes de courant et de potentiel sont placées dans le matériau ou le milieu à étudier. Les électrodes de courant sont généralement disposées de manière à injecter un courant électrique dans le matériau, tandis que les électrodes de potentiel sont utilisées pour mesurer la tension résultante.
- Injection du courant : Un courant électrique est envoyé à travers les électrodes de courant dans le matériau. La magnitude du courant dépend de la méthode de mesure utilisée et des caractéristiques du matériau étudié.
- Mesure de la tension : Les électrodes de potentiel enregistrent la tension induite par le courant électrique dans le matériau. La tension est mesurée à l'aide d'un voltmètre ou

d'un équipement de mesure approprié. La mesure de tension est généralement effectuée entre deux électrodes de potentiel placées à une certaine distance des électrodes de courant.

- Calcul de la résistance : La résistance électrique est calculée en utilisant la relation (1). La tension mesurée (V) est divisée par le courant injecté (I) pour obtenir la résistance (R) du matériau.
- Calcul de la résistivité : La résistivité est obtenue à partir de la résistance en tenant compte des dimensions géométriques du matériau. La résistivité ( $\rho$ ) est calculée en utilisant la formule :

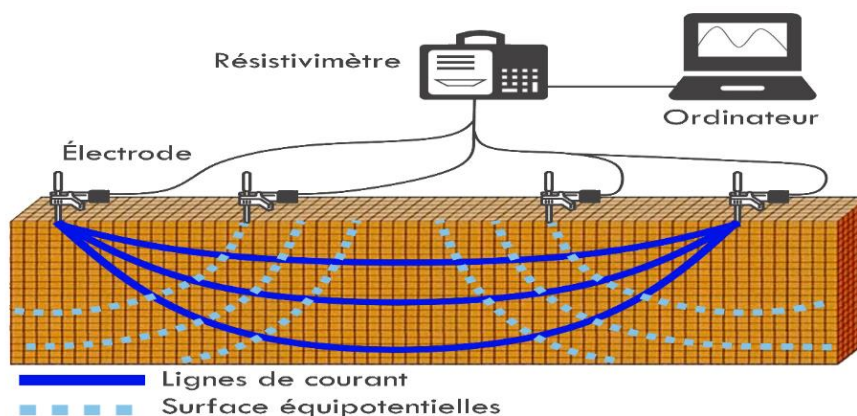
$$\rho = R \times A / L \quad (2)$$

Où :

R : est la résistance mesurée,

A : est la section transversale du matériau et

L : est la longueur du chemin parcouru par le courant.



**Figure 08 : Schéma du principe de la mesure de résistivité**

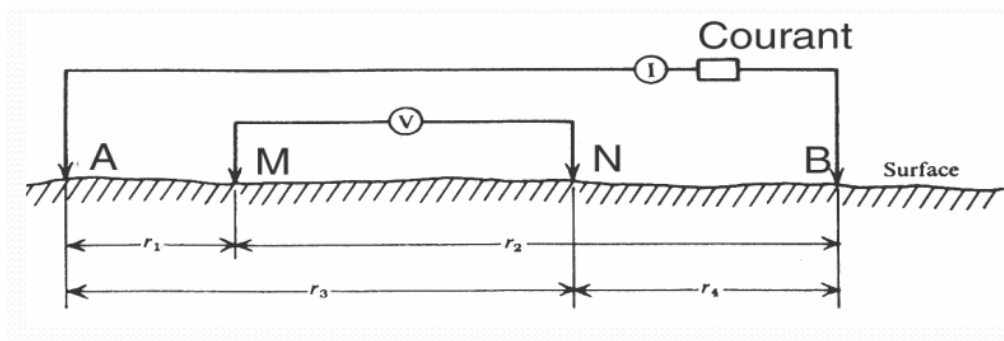
### 1.2.2.2. TECHNIQUE DE MESURE

Technique de mesure Le quadripôle de mesure Nous avons vu que la mesure de la résistance entre deux prises conduit à une impasse (on ne mesure alors que la résistance de contact).

Il est donc nécessaire de séparer le circuit d'injection du circuit de mesure. On utilise pour cela quatre électrodes AMNB dans la pratique. Nous avons vu en effet que si l'on ferme un circuit d'intensité I à l'aide de deux électrodes A et B, entre M et N on mesure la différence de potentiel  $\Delta V$  créé par le passage du courant dont le circuit complet de mesure se compose de :

- La source de courant : On utilise généralement des piles sèches de 90 volts en série. Plus rarement une génératrice à essence couplée avec un redresseur ou une batterie de voiture.
- Les électrodes d'émission A et B Ces électrodes sont généralement constituées par des piquets d'acier. La mesure du courant I est effectuée à l'aide d'un ampèremètre.
- Le circuit de courant ce compose des câbles en acier isolés.

- Les électrodes de mesure de potentiel M et N La mesure de I ne pose pas en fait de réels problèmes, la mesure de  $\Delta V$  est plus délicate En effet, dans le sol, M et N s'oxydent de façon différente et sont polarisées [7]



**Figure 09 : Schéma explicatif technique de mesure**

### 1.3. DETECTION GEOPHYSIQUE

Le premier détecteur géophysique a été développée à la fin du XIXe siècle par le scientifique allemand Konrad Schneider. Depuis lors, les techniques de détection géophysique se sont considérablement développées et sont devenues l'un des outils les plus importants utilisés dans l'exploration des ressources naturelles.

La détection géophysique peut être utilisée pour identifier les emplacements du pétrole, des minéraux, des eaux souterraines, de l'or, du sol et des minéraux en général. Il est utilisé pour mesurer les changements dans les champs magnétiques, électriques et de rayonnement de la Terre, et ces changements peuvent être utilisés pour déterminer les propriétés des sols, des roches, des minéraux, des eaux souterraines, du pétrole et du gaz naturel.

Ces données sont ensuite analysées pour déterminer les emplacements et les caractéristiques des ressources naturelles. L'utilisation de la détection géophysique dépend des conditions géologiques et géophysiques entourant la zone à étudier, et certains outils peuvent être plus efficaces dans certaines circonstances que dans d'autres.

#### 1.3.1. DETECTEUR GEOPHYSIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

Le premier appareil de détection géophysique des eaux souterraines a été développé en 1960. Depuis lors, les techniques de détection géophysique des eaux souterraines ont beaucoup évolué.

Cet appareil utilise la technologie des vibrations électromagnétiques, qui permet de détecter les changements dans les ondes électromagnétiques qui se produisent lorsqu'elles entrent en collision avec les eaux souterraines. L'appareil peut déterminer l'emplacement et la profondeur des eaux souterraines et aider à localiser les puits de forage et les puits souterrains.

#### 1.3.2. TECHNOLOGIE DE VIBRATION ELECTROMAGNETIQUE

La technologie des vibrations électromagnétiques dépend de l'envoi de signaux électromagnétiques à travers le sol et de leur réception par des récepteurs de signaux. Ce dernier qui a été reçu est analysé pour déterminer les caractéristiques du sol et des eaux souterraines.

Cette technique est efficace pour détecter les eaux souterraines dans les terres dures et rocheuses, mais il peut rencontrer certaines difficultés dans les sols sableux et argileux, ils permettent également de réduire les coûts associés au forage et à l'exploration et d'améliorer l'efficacité de l'extraction des eaux souterraines. [8]

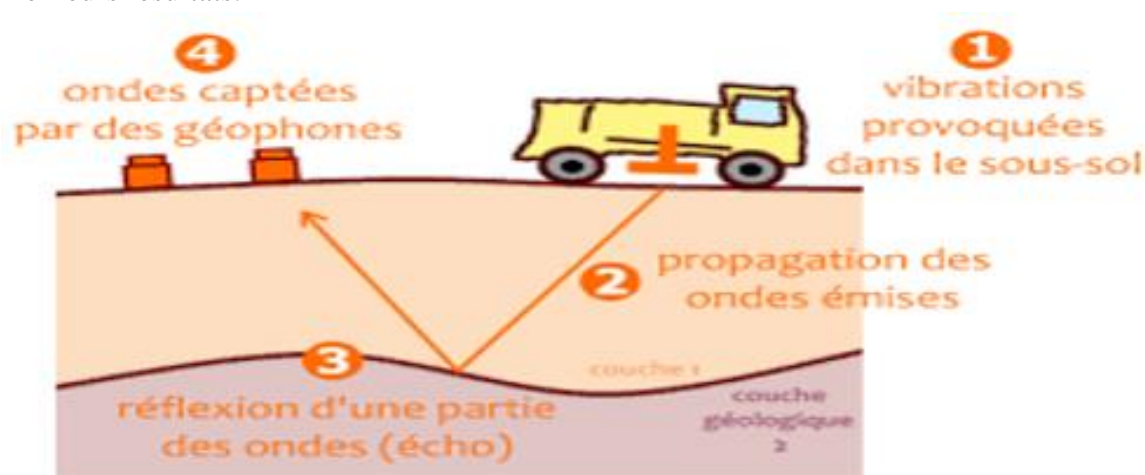


**Figure 10 : Instrument de géophysique des détecteurs d'eau souterraine**

### 1.3.2.1. TECHNOLOGIE DES VIBRATIONS ELECTROMAGNETIQUES

La technique de vibration électromagnétique des eaux souterraines comprend plusieurs étapes, y compris la préparation du site, l'identification de la zone cible et l'analyse des résultats.

Il est important que chaque étape soit effectuée correctement pour obtenir les meilleurs résultats.



**Figure 11 : Principe de la sismique par réflexion**

#### - Paramétrage du Site :

La première étape consiste à effectuer une étude préliminaire du site pour déterminer les objectifs de l'étude, identifier la zone cible et recueillir des informations sur la géologie, la topographie et d'autres caractéristiques du site. Cela permet de définir les paramètres nécessaires pour la mise en œuvre de la technologie des vibrations électromagnétiques.

#### - Déterminez La Zone Cible :

Sur la base des informations recueillies lors du paramétrage du site, la zone cible est déterminée. Il s'agit de la zone spécifique dans laquelle les vibrations électromagnétiques seront appliquées et où les mesures seront effectuées. La zone cible peut être déterminée en fonction des objectifs de l'étude, tels que la recherche de ressources minérales, la cartographie des aquifères, l'identification de structures géologiques, etc.

- **Analyse Des Résultats :**

Les données collectées sont ensuite analysées pour extraire des informations pertinentes sur les caractéristiques géologiques et électromagnétiques de la zone cible. L'analyse peut impliquer des techniques de traitement du signal, de modélisation mathématique ou d'autres méthodes pour interpréter les réponses électromagnétiques en termes de propriétés du sous-sol. [9]



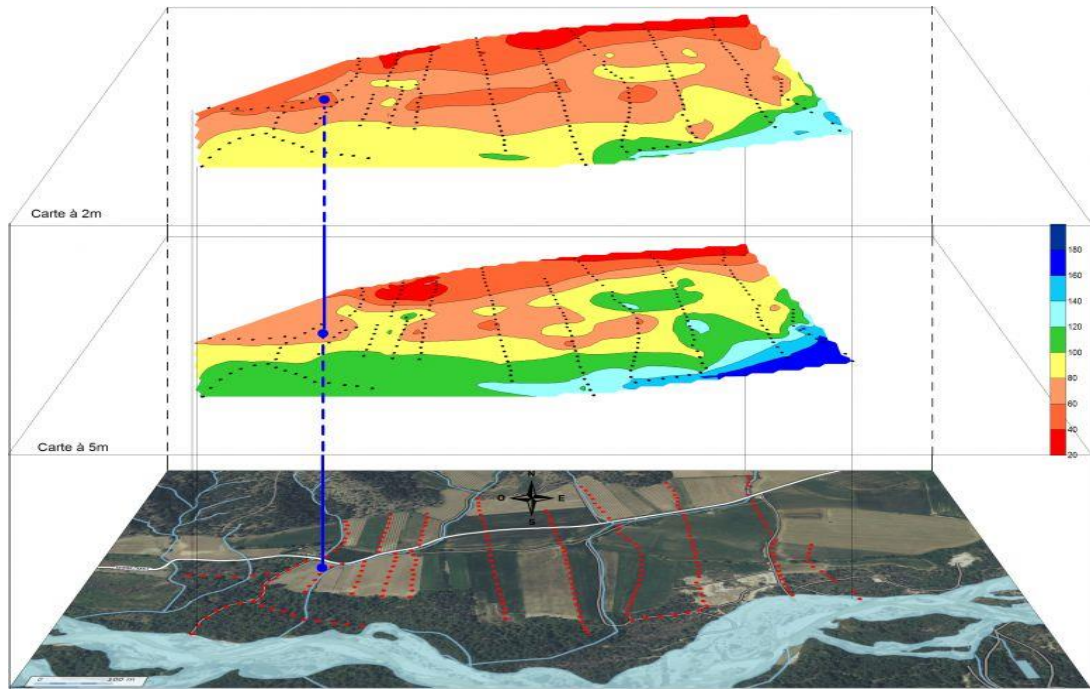
**Figure 12 : Un champ électromagnétique**

**1.3.2.2. TECHNIQUE DES VIBRATIONS ELECTROMAGNETIQUES**

Les études sur la technologie des vibrations électromagnétiques des eaux souterraines comprennent l'utilisation de techniques telles que l'imagerie géophysique, les levés géo électriques et la résistance électromagnétique. Ces techniques permettent aux chercheurs d'étudier avec précision les roches, les sols et les eaux souterraines et de déterminer leurs propriétés physiques et chimiques. Des études ont montré que la technologie des vibrations électromagnétiques contribue à améliorer la qualité de l'eau et à augmenter la quantité d'eau disponible de manière efficace et économique.

- **Etudes Géophysiques :**

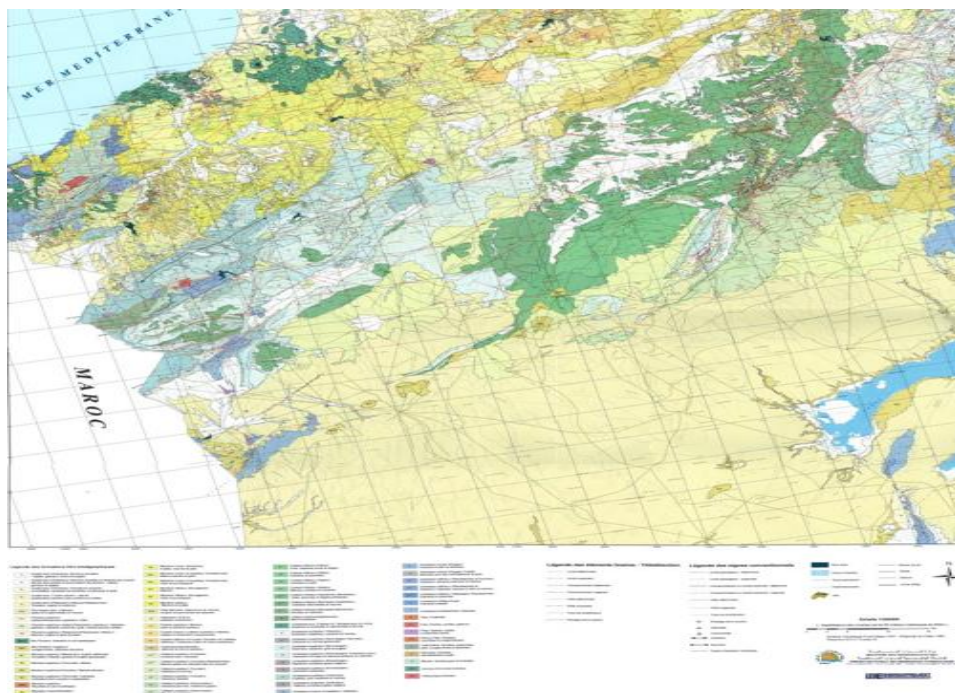
Elle consiste à utiliser des méthodes physiques pour étudier les roches, les sols, les ressources naturelles et divers phénomènes géologiques. Ces études comprennent l'étude des propriétés physiques des roches, des sols, des minéraux et d'autres matériaux naturels, tels que la densité, les effets magnétiques, électriques et acoustiques. Ces études sont également utilisées pour déterminer les propriétés physiques du terrain, vérifier la présence de ressources naturelles et évaluer les risques naturels.



**Figure 13 :Cartographie Haute Résolution Des Sols (La Géophysique)**

- **Études Géologiques :**

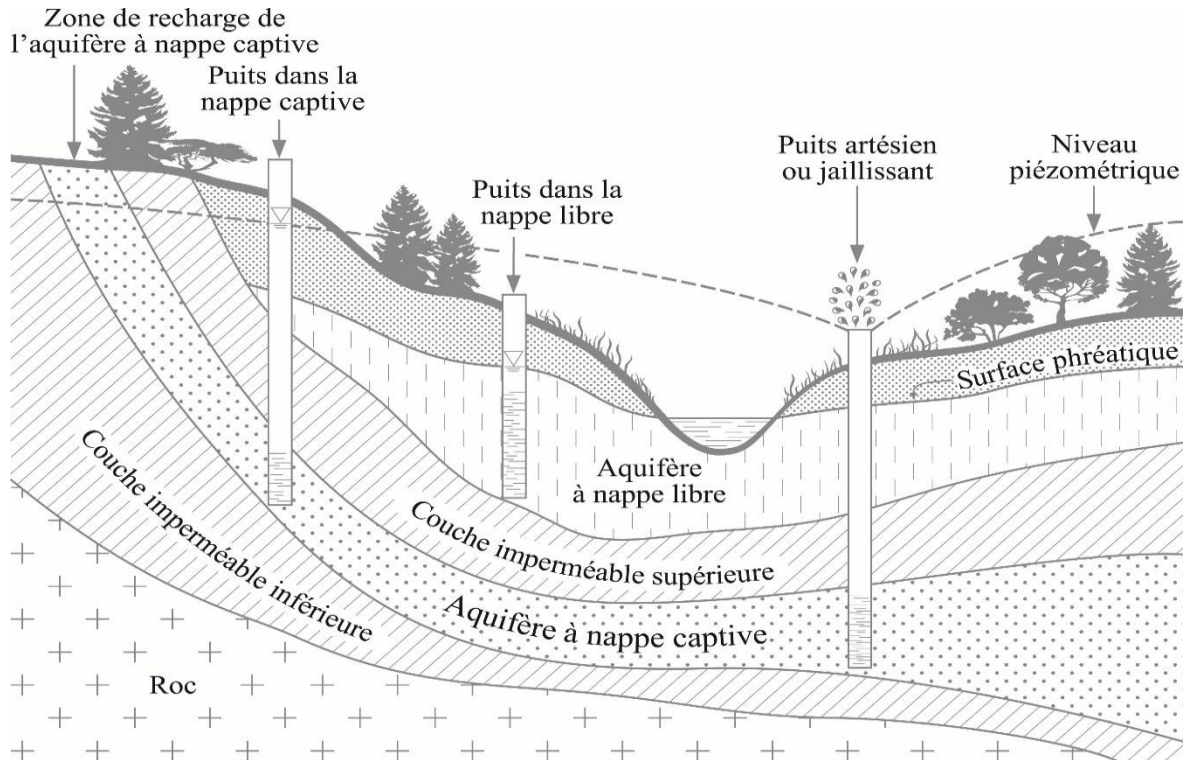
C'est l'étude des roches, des sols, des minéraux, des ressources naturelles et de divers phénomènes géologiques. Ces études comprennent également l'analyse de la composition des roches et de leurs propriétés physiques et chimiques et l'étude de l'effet de facteurs naturels tels que le vent, l'eau, la chaleur et la lumière sur les roches et le sol. Les études géologiques permettent de comprendre l'histoire de la terre et son évolution et de déterminer les ressources naturelles disponibles.



**Figure 14 : Modèle carte géologique**

## 1.4. TYPES D'EAUX SOUTERRAINES

Il est important de noter que la distinction entre les aquifères peut varier en fonction de la géologie spécifique et de la composition hydrogéologique de chaque zone. Les caractéristiques des aquifères, telles que leur profondeur, leur débit, leur qualité et leur accessibilité, doivent être étudiées et évaluées avant l'installation de systèmes de captage des eaux souterraines.



**Figure 15 : Schéma hydrogéologique conceptuel**

Ces derniers peuvent être classés en deux grands types :

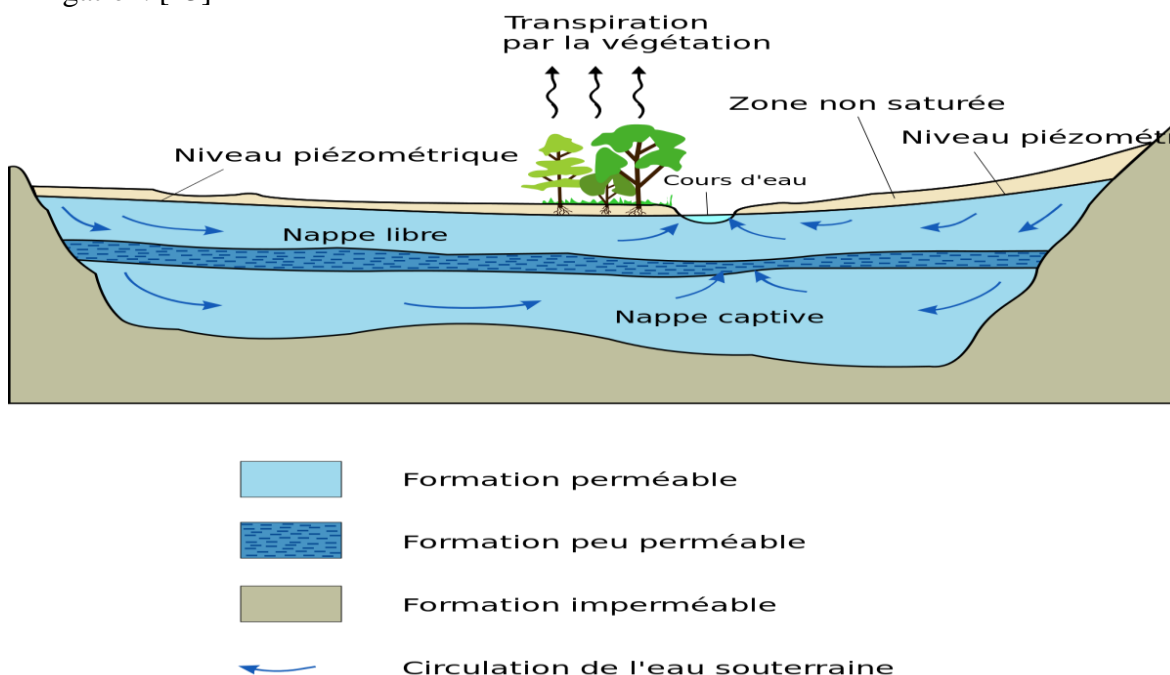
- Nappes libres et
- Nappes captives.

### 1.4.1. NAPPE LIBRE

Une nappe libre, également connue sous le nom de nappe phréatique, est une couche d'eau souterraine située au-dessus d'une couche imperméable. Elle est généralement peu profonde et peut être facilement accessible à l'aide de puits peu profonds ou de sources. La nappe libre est en contact direct avec la zone non saturée du sol, ce qui signifie que l'eau y est présente dans les vides et les pores du matériau géologique. Elle peut fluctuer en niveau en fonction des précipitations, des infiltrations d'eau de surface et des pompages.

### 1.4.2. NAPPE CAPTIVE

Une nappe captive est une couche d'eau souterraine située entre deux couches imperméables. Contrairement à la nappe libre, elle est confinée et ne communique pas facilement avec la surface ou d'autres nappes. La nappe captive peut être sous pression en raison de l'eau emmagasinée entre les couches imperméables. Elle peut nécessiter des puits plus profonds et des techniques de forage spécifiques pour être captée. Les nappes captives peuvent fournir un débit d'eau plus important que les nappes libres et peuvent être utilisées comme sources d'eau pour les systèmes d'approvisionnement en eau potable ou pour l'irrigation. [13]



**Figure 16 : Nappe libre et nappe captive contenues dans un aquifère**

### 1.5. CONCLUSION

Les techniques géophysiques de captage des eaux souterraines sont des outils précieux dans la localisation, la caractérisation et la cartographie des sources d'eau souterraine. Elles fournissent des informations cruciales sur la structure géologique, les caractéristiques hydrologiques et la qualité de l'eau.

Grâce à ces techniques, il est possible de mieux comprendre la répartition des ressources en eau souterraine, d'identifier les zones propices à l'exploitation durable de cette ressource et de prendre des décisions éclairées en matière de gestion de l'eau. En combinant les résultats des techniques géophysiques avec une analyse des types d'eaux souterraines, il est possible d'obtenir une vision complète de la disponibilité et de la qualité de l'eau souterraine dans une région donnée.

L'utilisation de ces techniques permet d'assurer un approvisionnement en eau adéquat et durable pour les générations présentes et futures, tout en préservant les ressources en eau souterraine et en minimisant les impacts sur les écosystèmes environnants.

**CHAPITRE 02 :  
CAPTAGE DES  
SOURCES  
SOUTERRAINES**



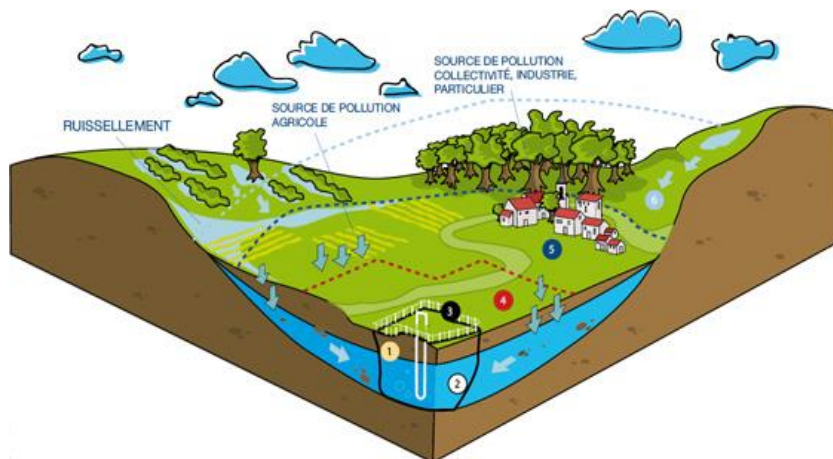
## 2.1 INTRODUCTION

Le captage des eaux souterraines est une pratique essentielle pour répondre aux besoins en eau potable, à l'irrigation agricole et à d'autres utilisations diverses. Il consiste à prélever de l'eau à partir des nappes souterraines, qui sont des réservoirs naturels d'eau situés sous la surface de la Terre. Cette méthode de captage présente de nombreux avantages, notamment la disponibilité d'une source d'eau relativement stable et la protection contre les perturbations climatiques telles que la sécheresse. Comprendre les techniques et les ouvrages de captage des eaux souterraines est crucial pour assurer un approvisionnement en eau sûr et durable.

L'objectif principal du captage des eaux souterraines est de prélever de l'eau à partir des nappes souterraines de manière efficace et durable pour répondre aux besoins en eau de la population, de l'agriculture, de l'industrie et de l'environnement. Les objectifs spécifiques du captage des eaux souterraines sont les suivants :

Fournir de l'eau potable L'un des principaux objectifs est la collecte d'une eau souterraine de qualité pour la rendre propre à la consommation humaine. Cela implique souvent des processus de traitement et de purification de l'eau pour s'assurer qu'elle est sûre et potable. La satisfaction des besoins agricoles au sens de l'irrigation agricole est l'une des principales utilisations des eaux souterraines. L'objectif est de fournir suffisamment d'eau pour répondre aux besoins d'irrigation des cultures, contribuant ainsi à la production alimentaire et à la sécurité alimentaire.

Extraire l'eau de manière durable, en évitant la surexploitation des eaux souterraines et en préservant les écosystèmes aquatiques qui en dépendent. Assurer une gestion efficace et durable des ressources en eaux souterraines. Cela comprend la surveillance régulière des niveaux d'eau, la mise en œuvre de pratiques d'extraction appropriées et la promotion de mesures de conservation pour maintenir la quantité et la qualité des eaux souterraines.



**Figure 17 : Les différents périmètres de protection applicables autour d'un captage**

(1) le captage d'eau potable. (2) la nappe d'eau souterraine. (3) le périmètre de protection immédiate. (4) le périmètre de protection rapprochée. (5) le périmètre de protection éloignée. (6) l'aire d'alimentation de captage.

## 2.2 MODE DE CAPTAGE EAU SOUTERRAINE

Ces méthodes de collecte peuvent varier selon les zones, les ressources disponibles et les besoins spécifiques. Le choix du mode de captage approprié dépendra de divers facteurs tels que la profondeur de la nappe, la qualité de l'eau, les contraintes financières et les conditions environnementales.

Les méthodes d'extraction des eaux souterraines peuvent inclure différentes techniques et méthodes en fonction des besoins et des ressources disponibles, mentionnées comme suit :

### 2.2.1. FILTRATION HORIZONTALE

Filtration horizontale est une méthode de captage de l'eau souterraine qui implique la construction d'un système de drains horizontaux dans le sol. Ces drains sont généralement constitués de tuyaux perforés ou de matériaux filtrants. L'eau souterraine s'écoule à travers ces drains et est collectée à un point central pour être utilisée ou traitée. La filtration horizontale est couramment utilisée pour la récupération de l'eau de pluie ou pour le traitement des eaux usées. [14]

### 2.2.2. FORAGE DE PUIITS MOYEN

Forage de puits moyen est une technique de captage de l'eau souterraine qui consiste à creuser un puits de diamètre moyen peut être d'environ 15 à 30 centimètres pour atteindre la nappe phréatique ou l'aquifère. Cette méthode implique généralement l'utilisation d'équipements de forage plus avancés, tels que des foreuses rotatives ou des foreuses à percussion, pour creuser le puits jusqu'à la profondeur souhaitée. Une fois que le puits est construit, l'eau souterraine peut être pompée à la surface pour une utilisation ou un traitement ultérieur. [14]



**Figure 18 : Puits d'irrigation agricole forage de puits moyen**

### 2.2.3. FORAGE DE PUITTS A LA MAIN

Forage de puits a la main est une méthode traditionnelle de captage de l'eau souterraine qui implique l'utilisation d'outils manuels pour creuser le puits. Cette méthode est généralement utilisée dans les régions où l'accès à des équipements de forage mécanisés est limité. Les puits sont creusés manuellement à l'aide de techniques telles que le percement, le creusement et le tubage. Bien que cette méthode soit plus lente et nécessite plus de main-d'œuvre, elle peut être économique dans certaines régions. [14]



**Figure 19 : Creuser un puits manuellement**

### 2.2.4. UTILISATION DES POMPES SOLAIRES

Utilisation des pompes solaires est une technique de captage de l'eau souterraine qui implique l'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter les pompes qui extraient l'eau du puits. Les panneaux solaires captent l'énergie solaire et la convertissent en énergie électrique, qui est ensuite utilisée pour faire fonctionner la pompe. Cette méthode est écologique et économique, car elle utilise une source d'énergie renouvelable. Les pompes solaires sont souvent utilisées dans les zones éloignées ou hors réseau électrique, où l'accès à l'électricité traditionnelle est limité. [14]



**Figure 20 : Schéma de Composition du système de pompage solaire**

## 2.3 TECHNIQUES ET OUVRAGES DE CAPTAGE DES EAUX

Le captage des eaux souterraines est une pratique essentielle pour exploiter et utiliser de manière efficace les ressources en eau disponibles dans les nappes souterraines. Les techniques et ouvrages de captage des eaux souterraines sont conçus pour prélever et acheminer l'eau souterraine vers les utilisateurs de manière contrôlée et durable.

L'objectif principal des techniques et ouvrages de captage des eaux souterraines est de mettre à disposition une source d'eau potable, d'irrigation agricole, industrielle ou d'autres usages, tout en préservant la quantité et la qualité de la ressource en eau souterraine. Cela nécessite une gestion appropriée des captages, en tenant compte des aspects hydrogéologiques, environnementaux, économiques et sociaux.

Ces principales techniques et ouvrage de captage des eaux souterraines sont les puits, les forages et les sources, dont nous parlerons ci-dessous :



**Figure 21 : Schéma explicatif d'un captage-source et d'un forage-captage**

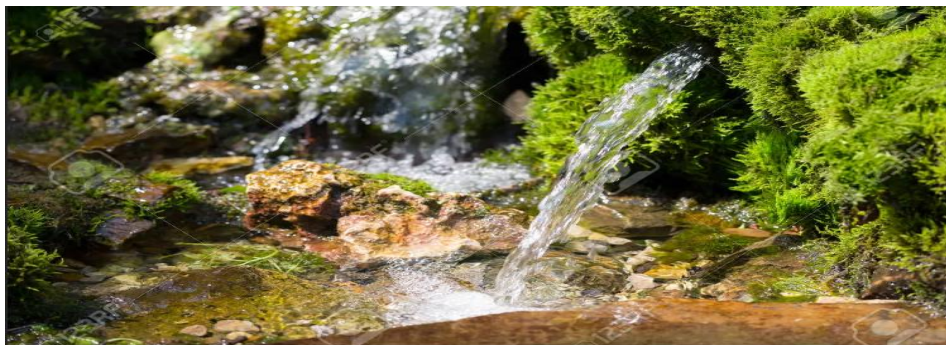
### 2.3.1. SOURCES DE CAPTAGE

Les sources sont des émergences naturelles d'eau souterraine, où l'eau remonte à la surface de manière naturelle. Les sources peuvent être captées à l'aide de structures spécifiques, telles que des puits de captage ou des sources aménagées. [15]

#### 2.3.1.1. DIFFERENTS TYPES DES SOURCES

##### a. LES SOURCES D'AFFLEUREMENT

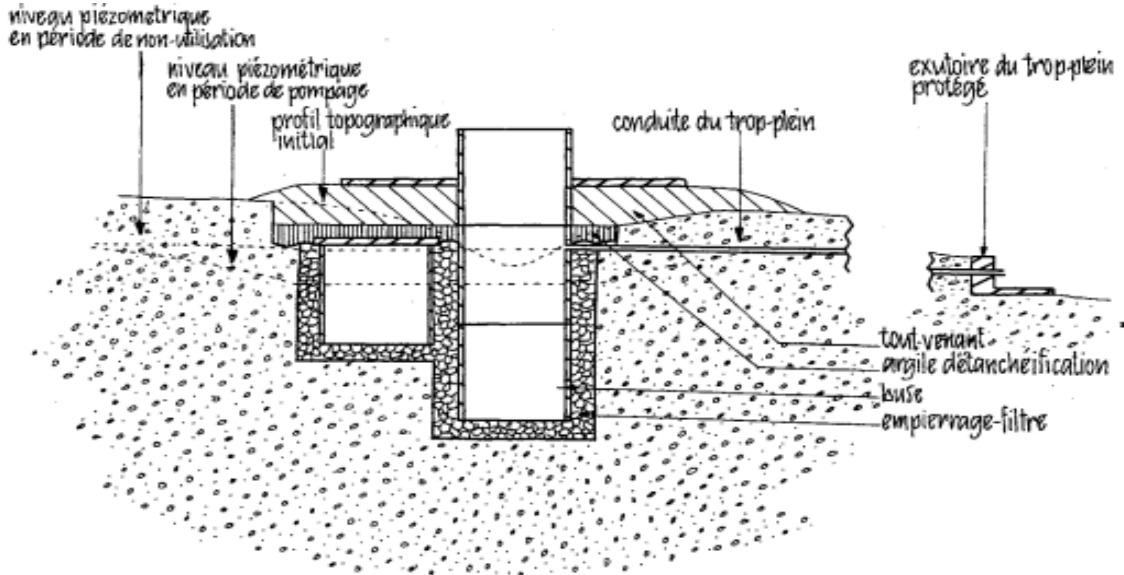
Il s'agit de sources où l'eau souterraine atteint naturellement la surface du sol. Ces sources se produisent lorsque la nappe d'eau souterraine est suffisamment proche de la surface et que l'eau s'écoule naturellement vers le haut. Les sources d'affleurement peuvent être des petites résurgences d'eau ou des ruisseaux plus importants. [16]



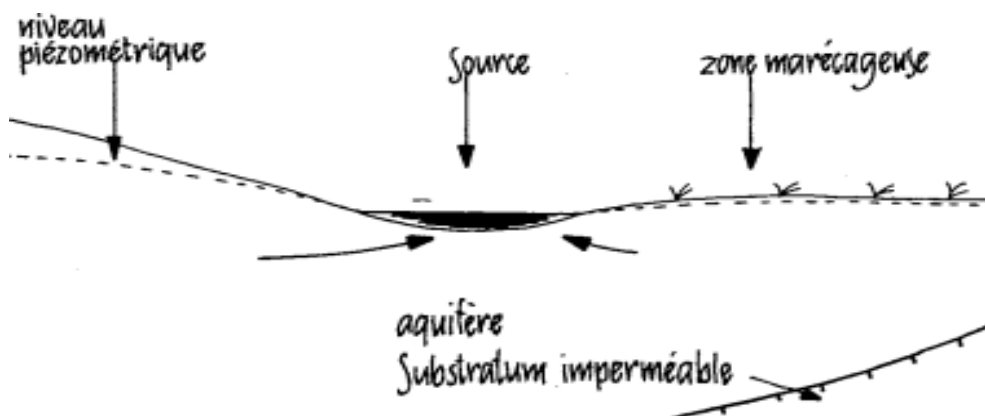
**Figure 22 : Source d'eau souterraine sources d'affleurement**

**b. LES SOURCES D'EMERGENCE**

Les sources d'émergence se produisent lorsque l'eau souterraine atteint la surface à des points spécifiques, généralement à travers des fissures, des failles ou des roches perméables. Ces sources peuvent se présenter sous la forme de petites fontaines, de rivières souterraines ou même de lacs souterrains qui se déversent à la surface.[16]



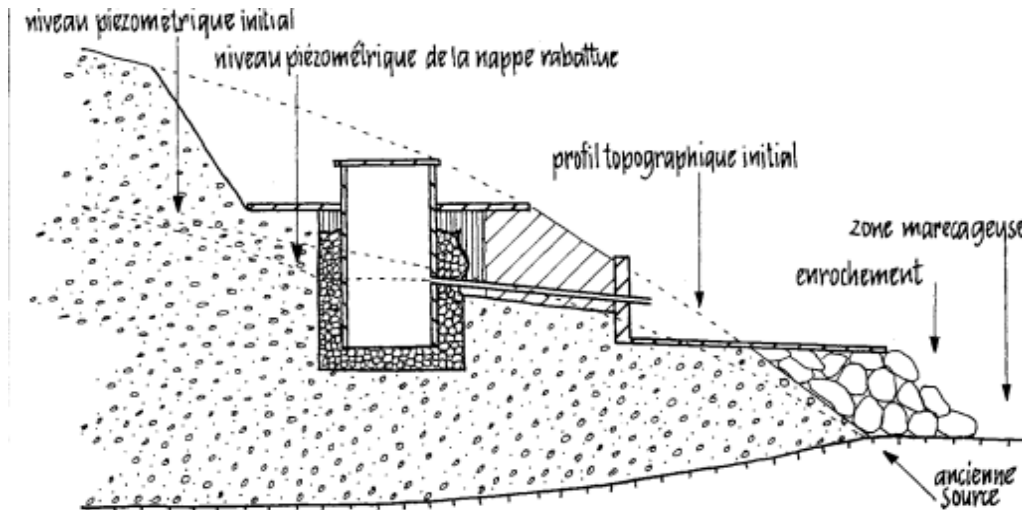
**Figure 23: Captage par puits d'une source par émergence**



**Figure 24 : Source par émergence**

**c. LES SOURCES DE DEVERSEMENT**

Les sources de déversement se produisent lorsque l'eau souterraine se déverse naturellement à la surface à la suite d'une pression hydrostatique élevée. Cela peut se produire lorsque la nappe d'eau souterraine est confinée entre des couches imperméables et qu'elle s'élève suffisamment pour déborder à la surface. Les sources de déversement peuvent créer des zones humides ou des marécages.[17]



**Figure 25 : Captage par puits d'une source par d'émergence**

### 2.3.2. CAPTAGE PAR PUITTS

Les puits sont des structures creusées dans le sol pour atteindre la nappe phréatique ou une couche d'eau souterraine. Ils peuvent être équipés de pompes pour extraire l'eau et la remonter à la surface.

C'est un ouvrage de captage qui pénètre verticalement les eaux souterraines jusqu'à une profondeur maximale de quelques mètres ou quelques dizaines de mètres, mais il peut atteindre plusieurs centaines de mètres lorsque l'eau se fait rare, et le diamètre commun du forage est généralement de 1 à 1,5 mètres. [16]

#### 2.3.2.1. TECHNIQUES UTILISEES POUR LA CONSTRUCTION D'UN PUITTS

La construction d'un puits peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la profondeur de la nappe d'eau, la nature géologique du sol et les besoins spécifiques du projet. Cependant, voici quelques techniques couramment utilisées pour la construction d'un puits :

##### a. FORAGE ROTATIF

**Forage rotatif** Cette technique utilise une foreuse rotative pour percer le sol et atteindre la nappe d'eau. Le processus consiste à faire tourner une tige de forage avec une mèche à son extrémité pour creuser le trou. De l'eau ou une boue de forage peut être utilisée pour lubrifier et refroidir le foret. Une fois que la profondeur souhaitée est atteinte, un tubage est généralement inséré pour stabiliser le puits. [18]

##### b. FORAGE A PERCUSSION

**Forage à percussion** Cette technique utilise une foreuse à percussion qui utilise des coups répétés pour fracturer le sol et avancer dans le sous-sol. Des outils tels que des trépan ou des marteaux pneumatiques sont utilisés pour percer le sol. Le processus peut nécessiter l'utilisation d'eau ou de boue de forage pour éliminer les débris du trou. Comme pour le forage rotatif, un tubage est souvent installé pour renforcer le puits. [19]



**Figure 26 : Forage par percussion**

**c. CREUSEMENT MANUEL**

Creusement manuel Dans certaines situations, les puits peuvent être creusés manuellement à l'aide d'outils tels que des pioches, des pelles et des seaux. Cette méthode est généralement utilisée pour des puits peu profonds et dans des sols meubles. Cependant, elle peut être laborieuse et nécessite un effort physique important.[20]



**Figure 27 : Puits creusé à la main**

**d. PUIITS A CIEL OUVERT**

Puits à ciel ouvert Cette technique implique la construction d'un puits avec un diamètre plus large, permettant un accès direct à la nappe d'eau sans l'utilisation d'une foreuse. Le trou est creusé à l'aide d'outils manuels ou mécaniques, et des parois en béton ou en maçonnerie sont construites pour maintenir la structure du puits. [21]



**Figure 28 : Puits à ciel ouvert**

### 2.3.3. FORAGE-CAPTAGE

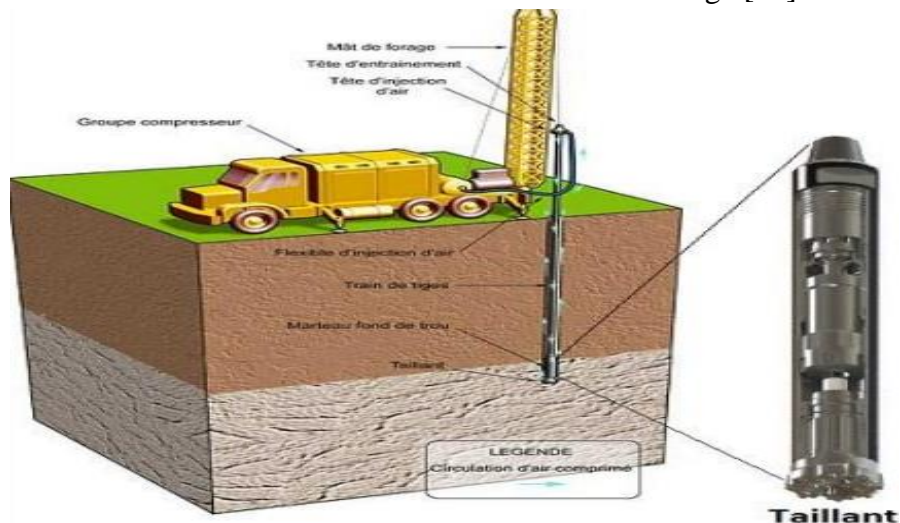
Le forage de captage nécessite une expertise technique pour évaluer les caractéristiques hydrogéologiques du site, déterminer la profondeur et l'emplacement optimal du puits, et garantir la qualité et la quantité d'eau captée. Il est important de respecter les réglementations locales et les normes de construction appropriées pour assurer la durabilité et la protection de la ressource en eau souterraine.[22]

#### 2.3.3.1. METHODES DE FORAGE

Les méthodes de forage que vous avez mentionnées sont effectivement utilisées dans le domaine du forage. Voici une brève description de chaque technique :

##### a. TECHNIQUE DE FORAGE MARTEAU AU FOND DE TROU (MFT)

Technique de forage marteau au fond de trou (MFT) Cette méthode utilise un marteau pneumatique ou hydraulique qui frappe le fond du trou de forage pour fracturer la roche. Les débris sont ensuite éliminés à l'aide d'un fluide de forage.[23]



**Figure 29 : Schéma simplifié d'une installation de forage fond de trou (MFT)**

### b. METHODE ODEX

Méthode ODEX Cette méthode utilise un trépan qui est enfoncé dans le sol à l'aide d'un marteau hydraulique. Une fois que le trépan atteint la profondeur souhaitée, il est récupéré avec les débris de roche. Cette méthode est souvent utilisée pour les sols meubles et les formations géologiques instables.[24]



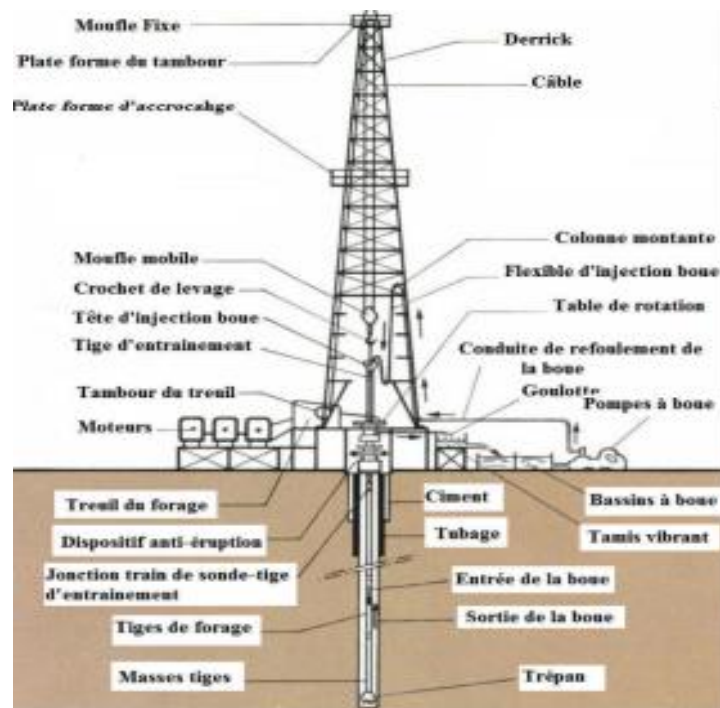
**Figure 30 : Colonne ODEX**

### c. TECHNIQUE DE FORAGE ROTARY EN CIRCULATION DIRECTE

Technique de forage rotary en circulation directe Cette méthode utilise une foreuse rotative qui tourne et coupe le matériau du sol. Un fluide de forage est injecté pour faciliter le processus et évacuer les débris. Cette méthode est couramment utilisée pour les formations géologiques dures.[25]

### d. TECHNIQUE DE FORAGE ROTARY EN CIRCULATION INVERSE

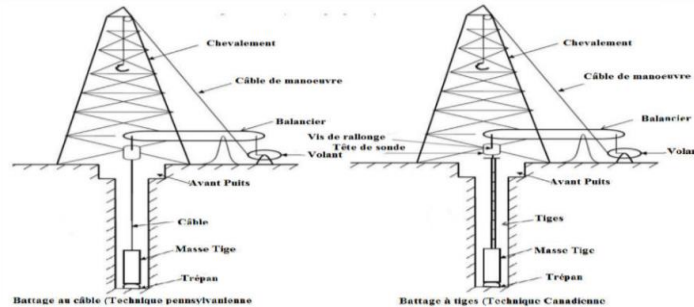
Technique de forage en circulation inverse Cette méthode utilise un fluide de forage qui circule à l'envers dans le trou de forage. Le fluide de forage entraîne les débris à la surface, permettant ainsi de maintenir le trou de forage propre. Cette méthode est souvent utilisée pour les formations géologiques meubles.[25]



**Figure 31 : Schéma simplifié d'une installation de forage rotary**

**e. TECHNIQUE DE FORAGE PAR BATTAGE**

Technique de forage par battage Cette méthode utilise un marteau qui frappe le trépan pour enfoncer le tube de forage dans le sol. Le battage est répété jusqu'à ce que le tube atteigne la profondeur souhaitée. [26]



**Figure 32 : Coupes schématiques des différents types de forage par battage**

**f. TECHNIQUE DE FORAGE PAR HAVAGE**

Technique de forage par havage Cette méthode utilise un outil de havage qui est enfoncé dans le sol en tournant et en exerçant une pression. Les débris de roche sont évacués à l'aide d'un fluide de forage. [25]



**Figure 33 : Forage par havage**

**g. TECHNIQUE DE FORAGE PAR TARIER**

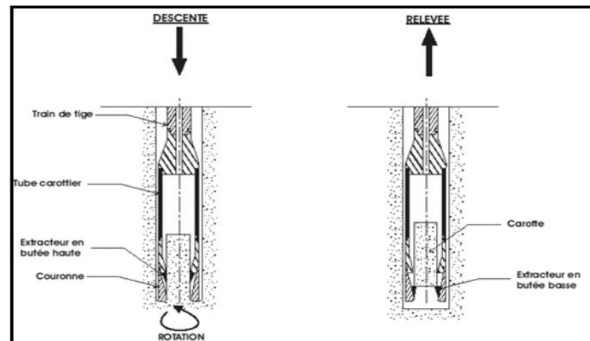
Technique de forage par tarière Cette méthode utilise une tarière, qui est une sorte de vis géante, pour creuser le sol. La tarière est fixée à une foreuse et tourne pour percer le sol et le soulever hors du trou. [25]



**Figure 34 : Machine de forage par tarière**

## h. TECHNIQUE DE FORAGE AVEC LE CAROTTIER

Technique de forage avec le carottier Cette méthode est utilisée pour prélever des échantillons de roche à des fins d'analyse. Un carottier est utilisé pour extraire des carottes de roche intactes du sol. [27]



**Figure 35 : Principe de fonctionnement des carottiers**

## 2.4 TECHNIQUES ET OUVRAGES DES EAUX SOUTERRAINES

### 2.4.1. DIAMETRE DU PUIT

Le diamètre du puits dépend de plusieurs facteurs, tels que le débit requis et les caractéristiques hydrogéologiques du site. Les puits peuvent avoir des diamètres allant de quelques centimètres à plusieurs mètres. [28]

### 2.4.2. ÉQUIPEMENTS DE POMPAGE

Les équipements de pompage sont utilisés pour extraire l'eau souterraine du puits. Ils peuvent inclure des pompes submersibles, des pompes à aspiration superficielle ou des pompes à main, en fonction de la profondeur du puits et de la quantité d'eau nécessaire. [29]

### 2.4.3. TUBAGE DU PUIT

Le tubage est utilisé pour revêtir les parois du puits afin de les protéger de l'effondrement et de prévenir les contaminations. Les matériaux couramment utilisés pour le tubage comprennent l'acier, le béton, le PVC (polychlorure de vinyle) ou le PEHD (polyéthylène haute densité). [30]



**Figure 36 : Tubage du puits en PVC béton acier**

#### **2.4.4. DISPOSITIFS DE CONTROLE DE L'EAU**

Des dispositifs de contrôle peuvent être installés dans le puits pour réguler le débit d'eau, la pression ou la qualité de l'eau. Par exemple, des vannes, des clapets anti-retours ou des filtres peuvent être utilisés. [31]

#### **2.4.5. RESEAU DE DISTRIBUTION**

Une fois l'eau extraite du puits, elle est généralement distribuée aux consommateurs par le biais d'un réseau de distribution. Ce réseau peut être constitué de tuyaux en acier, en PVC ou en PEHD, qui transportent l'eau vers les points de distribution tels que les réservoirs, les stations de pompage ou les robinets des utilisateurs finaux. [32]

#### **2.4.6. SURVEILLANCE ET ENTRETIEN**

Les eaux souterraines nécessitent une surveillance régulière pour s'assurer de la qualité de l'eau et du bon fonctionnement du système. Cela peut inclure des analyses chimiques, des mesures de niveau d'eau, des inspections visuelles et des opérations d'entretien telles que le nettoyage des pompes ou le remplacement des filtres. [33]

### **2.5 CAPTAGE DES EAUX MEDICINALES**

Le captage des eaux médicinales est un processus essentiel qui consiste à prélever et à conserver les eaux naturelles présentant des propriétés thérapeutiques bénéfiques pour la santé humaine. Ces eaux spéciales, également appelées eaux thermales ou eaux curatives, sont reconnues depuis des siècles pour leurs bienfaits sur le corps et l'esprit.

Son principal objectif est de préserver et d'assurer l'accès à ces précieuses ressources. Les eaux médicinales sont connues pour leurs propriétés curatives, telles que l'effet anti-inflammatoire, la stimulation de la circulation sanguine, la relaxation musculaire, la régénération cellulaire et l'amélioration de la santé générale.

L'eau médicinale est généralement extraite de sources naturelles, telles que des sources souterraines, des puits ou des sources thermales. Ces sources sont soigneusement identifiées et localisées selon des critères géologiques et hydrogéologiques précis, qui indiquent la présence d'eaux médicinales. Une fois les sources identifiées, des techniques de collecte appropriées sont mises en place pour collecter l'eau médicinale tout en préservant sa pureté et ses propriétés curatives. Des mesures de protection de l'environnement et des sources sont également mises en œuvre pour assurer la durabilité et la disponibilité à long terme de l'eau médicinale.

Les eaux médicinales sont utilisées en médecine thermique, thalassothérapie, spas et centres de bien-être. Elles peuvent être utilisées sous forme de bains, de douches, de compresses, d'inhalations ou de boissons, selon les propriétés spécifiques de chaque eau médicinale et les besoins individuels.

Il est important de souligner que l'utilisation de l'eau médicinale doit être supervisée par des professionnels de la santé qualifiés. Chaque type d'eau médicinale a ses propres indications et contre-indications qui doivent être prises en compte pour une utilisation sûre et efficace.

## **2.6 LES ETAPES ET TECHNIQUES DES EAUX MEDICINALES**

Les étapes et techniques liées aux eaux médicinales peuvent varier en fonction des réglementations locales et des normes spécifiques applicables. Cependant, voici un aperçu général des étapes courantes :

### **a. IDENTIFICATION DES SOURCES**

La première étape consiste à identifier les sources d'eau médicinale. Cela peut inclure des sources naturelles telles que des puits, des sources souterraines ou des sources thermales. Les sources peuvent être évaluées en fonction de la composition chimique de l'eau, de sa température, de son débit et de sa pureté microbiologique.

### **b. COLLECTE DE L'EAU**

Une fois les sources identifiées, l'eau médicinale est collectée de manière appropriée. Cela peut impliquer des techniques telles que le forage de puits, la captation de sources, l'exploitation de sources thermales ou la collecte d'eau de pluie.

### **c. CONTROLE DE LA QUALITE**

Le contrôle de la qualité de l'eau médicinale est une étape cruciale pour garantir sa pureté et sa sécurité. Des tests réguliers sont effectués pour évaluer la composition chimique de l'eau, les niveaux de contaminants et la présence de micro-organismes. Des laboratoires spécialisés peuvent être utilisés pour effectuer ces analyses.

### **d. TRAITEMENT DE L'EAU**

Selon les caractéristiques de l'eau médicinale et les normes réglementaires, divers traitements peuvent être appliqués pour améliorer la qualité de l'eau. Cela peut inclure des processus tels que la filtration, la désinfection (par exemple, par chloration, ozonation ou rayonnement UV), l'adoucissement, l'élimination des substances indésirables ou l'ajustement du pH.

### **e. CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE**

Une fois que l'eau médicinale a été traitée, elle est conditionnée et stockée de manière appropriée. Cela peut inclure son embouteillage dans des récipients spécifiques, tels que des bouteilles en verre ou des emballages en plastique, qui doivent répondre aux normes de sécurité et d'hygiène. Le stockage doit être réalisé dans des conditions appropriées pour préserver la qualité de l'eau, en évitant notamment les contaminations.

## **2.7 SYSTEMES D'EAU MEDICALE**

Chaque système d'eau médicinale peut avoir des caractéristiques et des équipements spécifiques en fonction de la source, de la composition de l'eau et de l'objectif de son utilisation. L'objectif principal de ces systèmes est de préserver les propriétés thérapeutiques de l'eau médicinale et de la rendre accessible aux personnes qui en ont besoin pour des traitements ou pour maintenir leur bien-être général. Voici quelques-uns des systèmes couramment utilisés pour les eaux médicinales :

**a. EXTRACTION NATURELLE**

Dans certains cas, l'extraction de l'eau médicinale se fait directement à partir de sources naturelles telles que des sources souterraines, des puits ou des ruisseaux. Ces sources se trouvent souvent dans des zones géologiquement actives où l'eau a une composition minérale spécifique.

**b. STATIONS THERMALES**

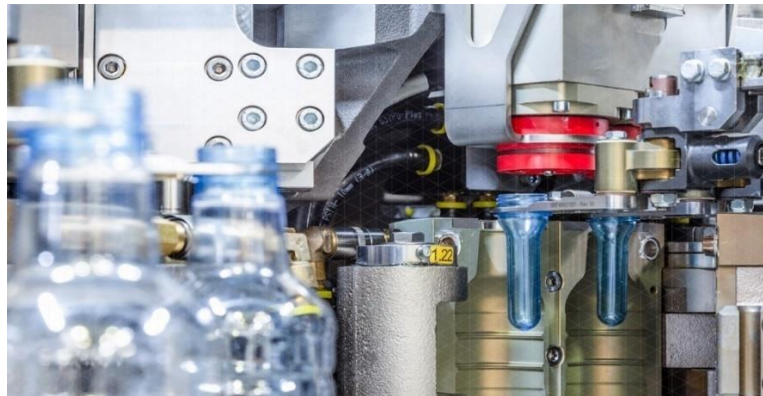
Sont des installations qui utilisent des sources d'eau médicinales pour fournir des traitements et des soins thérapeutiques. Ces stations peuvent inclure des bains, des douches, des bains de boue, des inhalations ou d'autres formes d'hydrothérapie.



**Figure 37 : Une source d'eau thermales**

**c. INSTALLATIONS D'EMBALLAGE**

Il peut être traité et emballé dans des installations spéciales pour préserver sa composition et ses propriétés bénéfiques. Cela peut inclure la filtration, l'ozonation, la stérilisation ou la concentration de minéraux dans l'eau.



**Figure 38 : Machine d'embouteillage l'eaux**

**d. EMBOUTEILLAGE**

C'est l'embouteillage de cette eau et sa commercialisation pour un usage individuel. Ces bouteilles peuvent être vendues dans des magasins spécialisés ou des pharmacies, permettant aux gens d'acheter et de consommer de l'eau médicinale à la maison.



**Figure 39 : Bouteille d'eaux alcaline**

**e. SYSTEMES DE DISTRIBUTION**

L'eau médicale est largement distribuée par des systèmes de distribution, similaires aux réseaux d'eau potable. Cela peut inclure des canalisations, des réservoirs de stockage et des installations de traitement pour assurer la qualité et la sécurité de l'eau médicale distribuée.

**2.8 AVANTAGES DES EAUX MEDICINALES**

Elles peuvent être utilisées dans le traitement de diverses affections, telles que les affections dermatologiques, les problèmes respiratoires, les maladies rhumatismales, etc.

Les bains avec des eaux médicinales peuvent avoir des effets relaxants sur le corps et l'esprit, favorisant la détente et le bien-être général. Ces eaux peuvent également stimuler la circulation sanguine, revitaliser la peau et améliorer la vitalité.

Elles sont généralement considérées comme une ressource renouvelable et respectueuse de l'environnement.

Les eaux médicinales sont souvent utilisées dans une approche holistique de la santé, prenant en compte le corps, l'esprit et l'environnement. Elles peuvent être associées à d'autres thérapies naturelles, telles que l'hydrothérapie, la phytothérapie, etc., pour des résultats synergiques.

**2.9 CONCLUSION**

Le captage des eaux souterraines et des eaux médicinales requiert une approche adaptée aux conditions géologiques et hydrologiques spécifiques. La dimension et la conception des ouvrages doivent être appropriées pour garantir un approvisionnement en eau suffisant et préserver la qualité des eaux captées. Pour les eaux médicinales, des mesures supplémentaires doivent être prises pour garantir leur conformité aux normes de qualité et de sécurité. La mise en place de systèmes d'eau médicinale adéquats est essentielle pour assurer la qualité des eaux utilisées à des fins médicales.

**CHAPITRE 03 :**  
**ETUDE DU MILIEU**  
**PHYSIQUE**



### 3.1. INTRODUCTION

La ville de Ghazaouet est située à 80 km du chef-lieu de wilaya, à 60 km de l'aéroport international TLEMCEM-ZENATA, à 170 km de la métropole Oranaise et à 50 km de la frontière Marocaine.

La daïra de GHAZAOUET comprend quatre communes :

- La commune de GHAZAOUET (chef-lieu de Daïra).
- La commune de SOUAHLIA.
- La commune de TIENET.
- La commune de DAR YAGHMORACEN

La commune de Dar Yaghmoracen est située à environ 10 kilomètres de la daïra de Ghazaouet, avec une population de 7 000 habitants éparpillée sur vingt-cinq zones éparses et quatre localités importantes, qui s'étendent sur une superficie de 57 km<sup>2</sup> constituée en particulier de 37% de terres forestières. Cette commune est à vocation rurale, agricole et touristique. Malgré ses côtes, son paysage saisissant et attractif, elle n'a pas bénéficié d'un développement adéquat



**Figure 40 : Carte de situation géographique du Dar bentata et zone étude**

### 3.2. PRESENTATION DE ZONE ETUDE

Le territoire de la commune de dar Yaghmoracen dite dar Ben tata situé ou nord-ouest de la wilaya de Tlemcen dont les limitrophes mers de la méditerranée ou nord Ghazaouet chef-lieu

A l'Ouest Honaine et Nedroma au sud

Notre point d'étude est sis ou lieu-dit Ouled cheikh sur la route nationale N°98

Notre zone d'étude est sur un plateau doit la nappe phréatique s'étend sur ce monticule sur une surface 3500m<sup>2</sup> et un périmètre de 253m et altitude de 245m



**Figure 41 : Carte localisation de la zone étude**



**Figure 42 : Plan du périmètre de la zone étude**

### **3.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE**

La commune de dar Yaghmoracen est située au nord-ouest de la wilaya de Tlemcen. elle est issue de l'ancienne commune de Ghazaouet, lors du découpage administratif de 1984. Elle constitue le prolongement oriental avec une cite maritime de 13 km environ. Cette côte est constituée de falaise souvent abrupte dépassant les 50 m de hauteur par endroit.

C'est une commune montagneuse, faisant partie de la zone i des monts de Traras.

Administrativement, elle est rattachée à la daïra de Ghazaouet. Elle se délimite comme suit:

Au Nord par la Mer Méditerranée.

Au Sud par la commune de NEDROMA.

A l'Est par la commune de HONAINE.

A l'Ouest par la Commune de GHAZAOUET.

### 3.3.1 CLIMATOLOGIE

Pour traiter l'aspect climatique de la commune de dar Yaghmoracen, nous nous sommes basés sur les données de la station météorologique la plus proche à savoir celle de Ghazaouet. ainsi, les phénomènes climatiques enregistrés dans la commune de Ghazaouet valables à celles de dar Yaghmoracene étant donné que les deux communes ont les mêmes caractéristiques climatiques les données du climat ont leurs sources le PDAU révisé qui a été élaboré par nos soins.

#### 3.3.1.1. LE CLIMAT

Le climat de Dar Yaghmoracene est influencé par plusieurs paramètres. Son exposition découverte au Nord sur le littoral Ouest et sa position par les Monts des Traraou Sud lui confère un contexte bioclimatique semi-aride avec des vents hivernaux tempérés à doux.

#### 3.3.1.2. LES VENTS

Les données de la station météorologique de Ghazaouet indiquent pour une année moyenne une dominance des vents de mer, en provenance soit du Nord-Est (35%) ou du Nord-Ouest (36%) Les vents du Sud sont aussi importants avec des fréquences variables (en moyenne 29 %), notons aussi que des changements de directions des vents sont observés au cours de la même journée

La vitesse moyenne du vent est de 20 Km/h (5,6 m/s). Les vents du Nord provoquent souvent des violentes tempêtes parfois effroyables. La plus importante tempête (sous forme de cyclone) a été observée le 12 Avril 1927 dans la région de GHAZAOUET et comprenant la commune de DAR YAGHMORACEN

En effet, à la suite d'une baisse barométrique considérable, un Ouragan d'une grande violence s'est abattu sur la région de GHAZAOUET. Des vagues de 40 mètres de hauteur venant de large à une vitesse vertigineuse se brisent sur le port de GHAZAOUET avec un fracas épouvantable, recouvrant totalement la petite ville de Nemours déracinant des arbres séculaires, arrachant des toitures de maison, renversant les enclos enclavant la ligne de chemin de fer et endommageant la totalité des vergers et jardins de la banlieue (Réf: F.Labador monographie de Nemours tiré du rapport du précédent PDAU).

Indépendamment de ces vents dominants venant du Nord, il se produit des vents réguliers dus à l'alternance du jour et de la nuit qui entraînent un bouleversement des températures.

Il s'ensuit par suite, une alternance des « brises de mer qui soufflent le jour et une brise de terres qui soufflent la nuit.

Comme dans toutes les villes côtières, le réchauffement d'une nuit suffit, au milieu de la journée, à attirer l'air du large sous forme de brise de mer fraîche et humide, tandis que, pendant la nuit, la brise souffle en sens inverse.

En général, dès que les vents dominants cessent, il se produit un calme dû à l'égalité de pression de la mer et du continent :

Les vents reprennent dès que l'équilibre est rompu. A DAR YAGHMORACEN, ce calme est enregistré en 8 heures jusqu'à une heure de l'après-midi.

Enfin, DAR YAGHMORACEN reçoit rarement les vents brillants (Siroco), soit en moyenne une fois par an avec des durées assez courtes, ce qui explique l'intérêt de la

barrière naturelle que présentent les Monts des TRARA culminants à DJEBEL FILLAOUCE (1136 m).

### 3. 3.1.3. LES PRECIPITATIONS

#### a. DONNEES CLIMATIQUES

Le climat de Der YAGHMORACEN est influencé par plusieurs paramètres :

Son exposition découverte au Nord sur le littoral Ouest Algérien et sa position abrité par les Monts des TRARAS, au Sud.

Le tableau ci-après nous montre la hauteur de pluie dans trois périodes différentes 1913-1938, 1972-1978 et 1980-2004:

**Tableau 01 : Hauteur des pluies en mm ancienne période et nouvelle période**

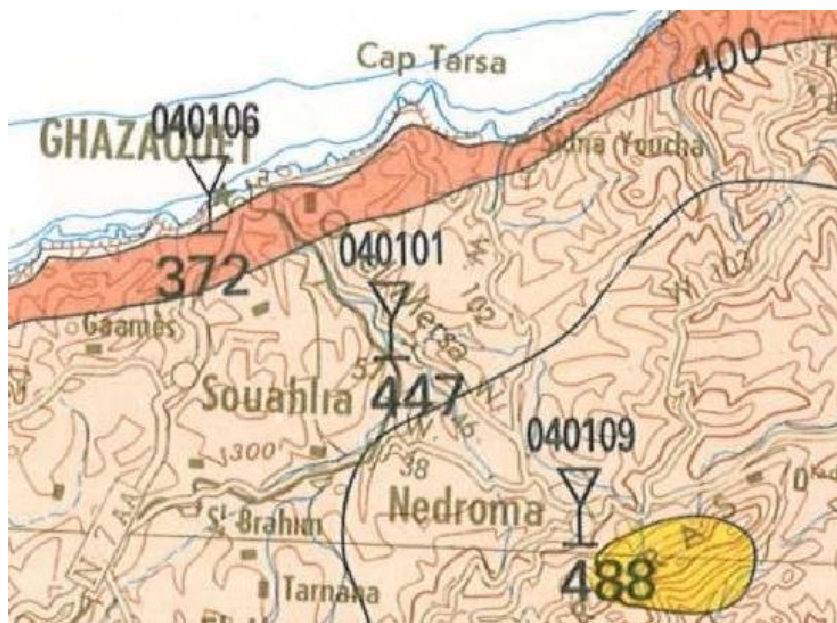
Mois période	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
1913-1938(25ans)	19	42	59	61	58	44	45	39	31	10	1	1	410
72-78(06ans)	42.6	31.4	14.8	60.6	33.48	51.3	80.5	75.5	13.2	3	0.5	0.5	436.12
1980-2004	21.7	27.31	54.75	30.69	44.64	60.5	41.5	25.8	29.78	5.84	0.84	3.87	332.72

Ce tableau nous donne des valeurs moyennes de pluviosité pour les périodes de référence indiquées. Cela ne nous empêche pas de dire que le climat est assez instable et que les hauteurs d'eau recueillies peuvent être très irrégulières d'une année à l'autre, et d'un mois à l'autre. Or c'est l'irrégularité des pluies qui influence beaucoup sur le développement des cultures.

En se basant sur le tableau précédent on constate que le climat de Dar YAGHMORACEN est marqué par l'alternance de deux saisons. Une saison pluvieuse qui se prolonge du mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril avec un maximum en Mars de 80,5 mm durant la période 1972-1978 et de 61 mm en Décembre durant la période 1913-1938.

Une saison sèche qui s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Août. La moyenne annuelle des précipitations enregistrées dans les périodes n'excède pas 436 mm. D'une manière générale, la pluviométrie est soumise à une double irrégularité inter-saisonnière et interannuelle.

D'après la climagramme d'EMBERGER, la commune de Dar Yaghmoracen situé dans l'étage bioclimatique ami-aride avec une transition entre hiver tempéré et été chaud.



**Figure 43 : Carte climatologique de la zone étude (1/500 000) – Source ANRH**

#### b. LES VENTS DOMINANTS

Par leur fréquence, leur intensité, leur vitesse, leur température, les vents exercent une influence considérable sur la végétation et conditionnent le régime des précipitations.

Il est très difficile de préciser la direction générale des vents dans un climat si variable et diversifié. Les conditions topographiques influencent sensiblement sur la direction et la force des vents.

Nous remarquons que les vents du Nord prédominent à DAR Yaghmoracen. Leur influence sur le bilan pluviométrique reste insignifiante en raison de leur faible teneur en humidité. Ce sont des vents réguliers surtout en été. Ils se confondent généralement avec les brises à cause de leur faible intensité. En été, les vents se manifestent et soufflent dans les directions Sud et Sud-Ouest, ils sont caractérisés par leur influence desséchante. Les vents humides d'Ouest et Nord-Ouest sont très fréquents et très intenses, leur influence sur le bilan pluviométrique est très importante. Cependant la position protégée de Dar Yaghmoracen par les Monts de TRARAS en fait un site abrité des effets du sirocco, dont la fréquence est faible.

#### c. LES TEMPERATURES

**Tableau 02 : Régime de température à GHAZAOUET.**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aout
1972		20.4	18.44	15.91	12.4	12.36	13.81	13.02	15.11	19.05	22.110	22.42
1973		/	18.08	15.74	12.48	12.07	11.57	12.11	13.77	220.17	23.12	/
1974		22.56	17.85	15.13	12.17	12.09	12.42	13.02	14.15	20.33	23.11	24.05
1975		/	18.82	/	13.47	13.04	13.07	13.77	14.42	19.56	24.19	/
1978		21.57	17.51	14.66	15.74	12.39	14.91	13.77	15.04	18.56	22.16	22.78
1980-2004	23.67	19.91	15.49	12.67	11.43	12.26	14.17	15.74	18.58	22.72	25.84	26.70
Moy		21.51	18.14	15.36	13.25	12.55	13.51	13.15	14.49	19.6	22.93	23.11

A partir de ce tableau, on peut dégager les remarques suivantes: En hiver les températures relevées pour le mois le plus chaud ne dépassent pas 24°C. L'action rafraichissante de la mer engendre, du mois de Juin au mois de septembre, une situation plus atténuée que les zones intérieures de la Wilaya de Tlemcen. Cependant, il faut signaler que les températures peuvent exceptionnellement atteindre 39°C en été et 0°C en hiver.

#### d. L'HUMIDITE

C'est le poids de vapeur d'eau dans l'aire qui caractérise l'humidité atmosphérique, elle est calculée par des tableaux en gramme pour un m<sup>3</sup> d'air les résultats pour Dar YAGHMORACEN donnent :

**Tableau 03 : Résultats d'air pour Dar YAGHMORACEN**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
H	8	7.6	9	9.9	11.14	13.30	16.4	17.8	15.4	15.2	10	8.7

**Tableau 04 : Régime de la température à Dar YAGHMORACEN**

Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aout
1972	20.4	18.44	15.91	12.4	12.36	13.81	13.02	15.11	19.0	22.11	22.42
1973	/	18.08	15.74	12.48	12.07	11.57	12.11	13.77	22.017	23.12	/
1974	22.56	17.85	15.13	12.17	12.09	12.42	13.02	14.15	20.3	23.11	24.05
1975	/	18.82	/	13.47	13.04	13.07	13.77	14.42	19.56	24.19	/
1978	21.57	17.51	14.66	15.74	12.39	14.91	13.77	15.04	18.56	22.16	22.78
Moyenne	21.51	18.14	15.36	13.25	12.55	13.51	13.15	14.49	19.6	22.93	23.11

On peut dégager les remarques suivantes: -En hiver les températures relevées pour le mois le plus chaud ne dépassent pas 24°C. L'action rafraichissante de la mer engendre, du mois de Juin au mois de septembre, une situation plus atténuée que les zones intérieures de la Wilaya de Tlemcen. Cependant, il faut signaler que les températures peuvent exceptionnellement atteindre 39°C en été et 0°C en hiver.[36]

### 3.4. HYDROGRAPHIE

Le territoire de la commune de DAR YAGHMORACEN est montagneux, son relief est formé en grande partie des terrains accidentés. Il remonte d'altitude d'Est en Ouest, jusqu'à point culminant se trouvant à Djebel TAOLMMA à 633 m, situé dans la partie orientale. A l'intérieur de ce territoire se distingue un réseau hydrographique important, composé de cours suivants : - A l'Est la commune, se trouve OUED ASSAFTAR et certains affluents de direction Ouest. Il récolte toutes les eaux de la partie Est (Bassin versant très important) et déversent directement dans la mer (à MARS AROBAT). -Au Sud, se trouve un Oued commun entre les communes DAR YAGHMORACEN ET NEDROMA, appelé OUED TLATA. Les eaux des affluents de la partie Sud de la commune (A l'amont des bassins versant se trouve limité par la RN 98 se déversent en complément dans l'Oued :C'est un Oued permanent.

Au centre du territoire plusieurs cours d'eau (d'Est à l'Ouest et du Sud au Nord), regroupés en seul cours d'eau principal appelé Oued Moula. Les eaux des affluents de cet ensemble de bassins versants sont récoltées par cet Oued Jusqu'à déversoir dans la mer sur la plage de SIDI YOUGHAA.

Au Nord-Ouest, se distingue deux (02) Oueds:

- **Oued EL ARICHA:** à l'Ouest du chef-lieu d'El Bor, les eaux de ruissellement des affluents (Bassin versant) se déversent dans la mer par la plage D'EL ARICHA.
- **Oued EL AYADNA:** Au Nord-Ouest de la commune, il récolte les eaux de plusieurs affluents découlent dans L'oued El Kabla jusqu'à la mer.[36]

### 3.5. GEOLOGIE

La commune de DAR YAGHMORACEN appartient à l'ensemble géologique des Monts des TRARAS (selon la carte géologique ci-dessous).



**Figure 44 : Carte géologique de la Zone Etudiée (1/25 000) – Source ANRH**

Elle est caractérisée par une morphologie orographique qui fait partie des massifs montagneux, composé de terrains de nature hétérogène superposés, constituant des séries stratigraphiques en différentes périodes. Les formations géologiques se composent:

#### 3.5.1. TERRAINS PRIMAIRES

Constitue le Substrat, formé de schiste, grès et prologue de couleur variable dominé par le rouge, occupant sur des vastes étendues en affleurement. Terrains secondaires : En alternance, surmonté par des faciès carbonaté en forme de calcaire massif grès ou bleuâtre par le Trias avec des schistes et pardingue, au-dessus le crétacé en partiellement jurassique apparaît très peu depuis le fond des Oueds.

#### 3.5.2. TERRAINS TERTIAIRES

On retrouve dans ce stade, le miocène inférieur, les basaltes et le miocène moyen. Le miocène inférieur est représenté par des mares dures, gréseuses blanchâtre parfois en lambeaux. Les basaltes sont la représentation ou les manifestations volcaniques intenses comme dans la région. Le miocène moyen est composé de grès helvétien en alternance avec des argile-sableux surmonté par une couche de terre limoneuse rouge épaisse.

#### 3.5.3. TERRAIN QUATERNAIRE

Caractérise essentiellement par des dépôts alluvionnaires de fond de vallées et également d'origine marine représenté par des dons consolidés, qui ont donné par désagrégation des sables sur le replat et au bord de la mer.

## **3.6. LES ASPECT SOCIO-DEMOGRAPHIQUES**

### **3.6.1 LA POPULATION RESIDENTE TOTALE**

La commune de Dar Yaghmoracene est distante d'environ une dizaine de kilomètres du chef-lieu de daïra (Ghazaouet). Elle est composée d'une agglomération chef lieu, de trois agglomérations secondaires (Dar Ben Samoud, Dar Bentata, Sidi Youcha) et d'une zone éparsée. Le Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2008 quantifie la population de la commune de Dar Yaghmoracène à 6 330 habitants composés de 3322 hommes (52,5%) et 3008 femmes (47,5%). Elle représentait 0,7% du total de la population résidente de la wilaya de Tlemcen la classant aux 39 rangs sur 53 communes que compte la wilaya

### **3.6.2 LE MOUVEMENT NATUREL**

Les statistiques de l'Etat civil fournies par Office National des statistiques présentent l'évolution des naissances et des décès et corollairement l'excédent naturel pour la période 2000 à 2008.

Il est cependant, important de souligner que les naissances enregistrées à état civil et par PONS sont classées selon le lieu de domiciliation d'évènement et non le lieu de résidence des accouchées. De ce fait, les données sont sujettes à des biais relativement importants selon l'ampleur de ces enregistrements.

Les évènements sont comptabilisés et rapportés aux populations des circonscriptions dans lesquelles ils surviennent.

Les données disponibles montrent que les naissances sont enregistrées ailleurs que dans la commune de Dar Yaghmoracene.

Par voie de conséquence, les différents taux démographiques n'ont pas d'intérêt pertinent à être analysés. Seule une étude approfondie permettrait de déterminer les naissances propres à la commune.[36]

## **3.7. L'ACTIVITE**

Parmi les grands problèmes de l'heure, la question de l'emploi et du chômage revient le plus souvent au premier plan en raison de l'ampleur du phénomène. Le volume de la population et sa caractéristique qui pèse sur la population active et subséquentement sur le système d'emploi.

La démographie aussi bien en termes de croissance naturelle que de mouvements de population commande la potentielle d'emplois et ses variations historiques et futures

Quant au niveau de l'activité économique et sa structure, ils pré-déterminent l'offre de l'emploi et la compartimentation de la population effectivement occupée entre les différents secteurs.

Les données disponibles relatives à la population active permettent de quantifier l'offre de travail, la structure de l'emploi et les ressources humaines disponibles et leur utilisation effective.

Cette analyse ne peut être complète sans les statistiques sur le chômage qui, malheureusement, n'ont pu être disponibles.

### **3.7.1. CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE**

Les résultats issus du recensement général de la population et de l'habitat de 2008. Indiquent, pour la commune de Dar Yaghmoracene, une population active' de 2095 personnes répartie entre 1927 hommes et 168 femmes.

En termes d'indicateurs, le taux d'activité global est de 42,1%. Ce taux est de 73,9 % pour le sexe masculin et de 7,1% pour le sexe féminin. Le grand écart relevé s'explique par le volume des actifs (occupés+ chômeurs) composé essentiellement d'hommes.

Au niveau de la wilaya de Tlemcen, les taux d'activité global sont de 74,8% pour les hommes, de 12,7% pour les femmes et de 44,2% pour les deux sexes réunis.

Cette quasi similitude des taux d'activité indique un même comportement, tant au niveau de la commune que de la wilaya, vis-à-vis de l'activité féminine.

### **3.7.2. L'OCCUPATION DU SOL**

La population occupée a été estimée par le RGPH de 2008 à 1195 personnes composée de 1128 personnes de sexe masculin et de 67 personnes de sexe féminin, soit respectivement 94,2% et 5,6%. Ainsi, ces proportions indiquent une très faible occupation des femmes.

Dans la commune de Dar Yaghmoracène, l'activité est exclusivement masculine. Le peu de femmes actives le sont au niveau de l'agglomération chef-lieu. Elles ne représentent que 4,1% de l'ensemble des occupés.

La population occupée ne représentait que 18,9% de la population totale. Nonobstant les facteurs sociologiques soulevés plus haut, la création d'emplois dans le commun est très faible et par voie de conséquence le chômage doit être très élevé.

Le taux d'emploi, proportion des personnes occupées dans l'ensemble des personnes âgées de 15 à 59 ans, est de 31,6%. Par genre, ce taux est de 55,2% pour les hommes et de 3,1% pour les femmes

Le taux de dépendance, rapport de la population totale à la population occupée, est de 5,3 personnes signifiant que 5 personnes inactives sont prises en charge par une personne occupée. L'importance de ce rapport de dépendance s'explique par:

- Une jeunesse de la population : 50,4% sont âgés de -30 ans.
- Un très faible taux d'emploi des femmes. Les Occupées ne représente que 5,6% de la population occupée totale. Ces dernières activent pour 86,6% dans l'administration et résident pour 73,1% au niveau du chef-lieu.

La répartition de l'occupation par secteur d'habitat montre une concentration des occupés, pour plus de la moitié (55,5%), au niveau de l'agglomération chef-lieu, suivie par l'agglomération secondaire de Dar Bentata (35,5%); soit 91% des occupés du total.[36]

### **3.8. QUALITE DES SOURCES D'EAUX DE ZONE D'ETUDE**

La qualité des sources d'eau peut varier en fonction de différents facteurs, notamment de l'environnement, des activités humaines et de la géologie locale.

L'eau souterraine contient de nombreux éléments chimiques, notamment du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium, du fer, du manganèse, des nitrates, des phosphates, des sulfures, des chlorures, des carbonates, des bicarbonates et d'autres ions.

Nous avons effectué des prélèvements des eaux du forage du périmètre agricole étudié à Ouled Cheikh (Dar Bentata), le 17/05/2023 à 8H00, tout en prenant en considération les normes de prélèvement et de conditionnement ; que nous avons analysé le jour même au niveau du Laboratoire de la Station de Surveillance d'Environnement sise à Maghnia et le Laboratoire de Traitement des Eaux de l'ADE da Hammam Boughrara.

Nous avons obtenu les résultats résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 05 : Analyse d'eau d'OULED CHEIKH**

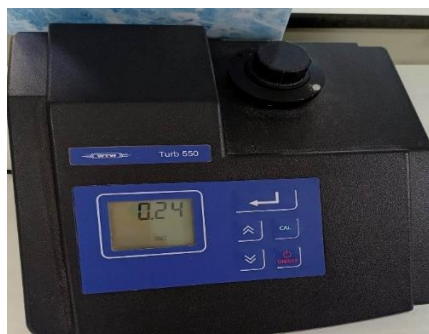
	Ph	T	O2	Tub	Coud	Tds	Coul	TH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TA	TAC	Cl <sup>-</sup>	Sal
Unité		°C	mg/L	NTU	µS/cm	mg/L	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L						ppt
Normes	6.5-9	/	/	5	2800	/	15	500	200	200	/	/	/	/	500	/
Résultat	8.03	16	10.73	0.24	773	421	0	150	26	20.66	0	283.65	0	310	106.5	0.42

- PH :Le pH est une mesure utilisée pour évaluer l'acidité ou la basicité de l'eau. Il est important d'avoir un pH équilibré pour assurer des conditions favorables aux organismes aquatiques.
- T :La température de l'eau peut fluctuer en raison de divers facteurs tels que la source d'eau, la saison, le climat et les conditions environnementales.



**Figure45: Appareil mesure PH et l'oxygène de l'eau (sensION3)**

- Tub :La turbidité de l'eau est déterminée par la quantité de particules solides en suspension, ce qui affecte sa clarté. Elle est mesurée avec un turbidimètre et exprimée en unités de turbidité (UTU) ou en unités de néphélogéométrie formazine (NFU).



**Figure 46 : Turbidimètre de laboratoire mesure la turbidité de l'eau**

- Coud : La conductivité électrique de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire l'électricité, dépendant de la présence de solides dissous, d'ions et d'autres substances conductrices. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre, qui utilise deux électrodes immergées dans l'eau à tester. Un courant électrique est appliqué entre les électrodes et la conductivité est mesurée en fonction de la résistance électrique rencontrée par le courant à travers l'eau.
- TDS : Abrévié de Total Dissolved Solids (solides dissous totaux), est une mesure de la concentration des substances solides dissoutes dans l'eau. Elle est exprimée en milligrammes par litre (mg/L). Les TDS comprennent une variété de composés tels que les minéraux, les sels, les métaux, les nutriments et autres substances dissoutes présentes dans l'eau. La mesure des TDS est utilisée pour évaluer la qualité de l'eau, notamment sa potabilité et sa salinité.
- SAL : La salinité (ou salinité totale) est une mesure de la concentration totale des solides dissous dans l'eau, généralement exprimée en grammes de solides dissous par kilogramme d'eau (g/kg) ou en parties par millier (ppt). La salinité est principalement due aux sels dissous dans l'eau, tels que les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates et les ions sodium, potassium, calcium et magnésium.



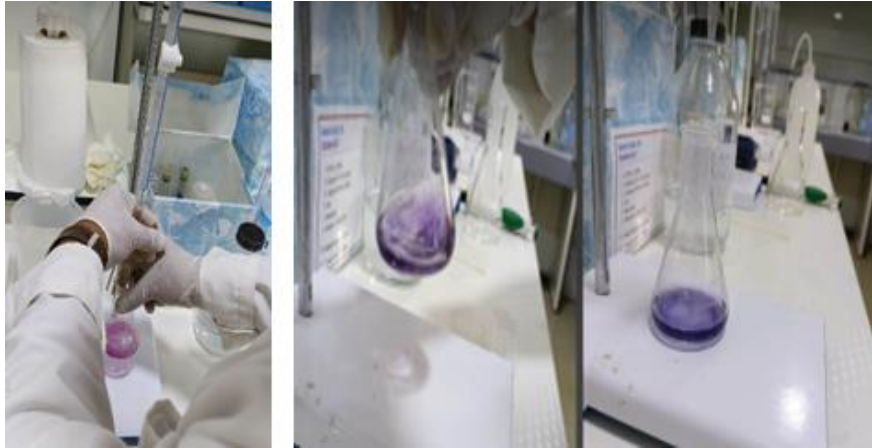
**Figure 47 : Appareil de mesure La conductivité et La salinité et TDS de l'eau**

- Coul : La couleur Pt-Co mesure visuellement la couleur de l'eau à l'aide d'une échelle Pt-Co, basée sur une solution de platine-cobalt allant du jaune pâle au rouge brunâtre. La couleur de l'eau est exprimée en unités Pt-Co, où une valeur basse indique une eau plus claire et une valeur élevée indique une eau plus colorée ou foncée. Cette mesure est utilisée pour évaluer la qualité de l'eau en détectant la présence de contaminants organiques ou d'autres impuretés.



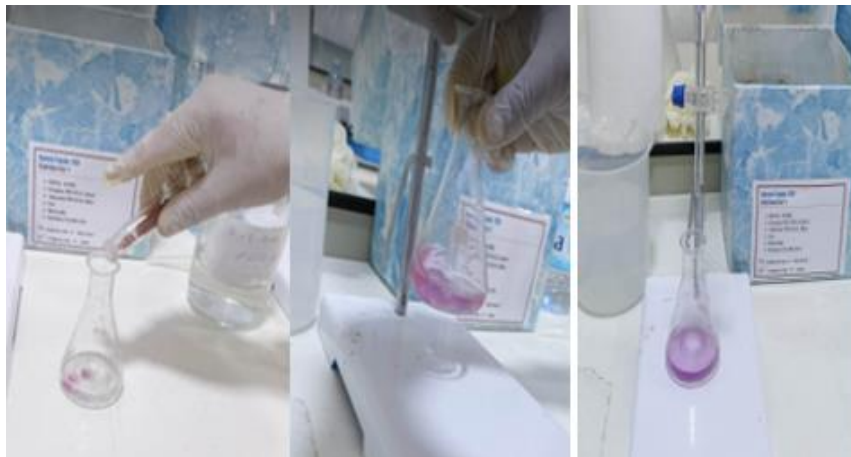
**Figure 48 : Colorimètre de mesure visuellement la couleur de l'eau**

- TH :(Titre Hydrotimétrique) de l'eau, également connu sous le nom de dureté de l'eau, est une mesure de la concentration des ions calcium et magnésium dissous dans l'eau. Il est généralement exprimé en degrés français (°f) ou en milligrammes par litre (mg/L) de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) équivalent.



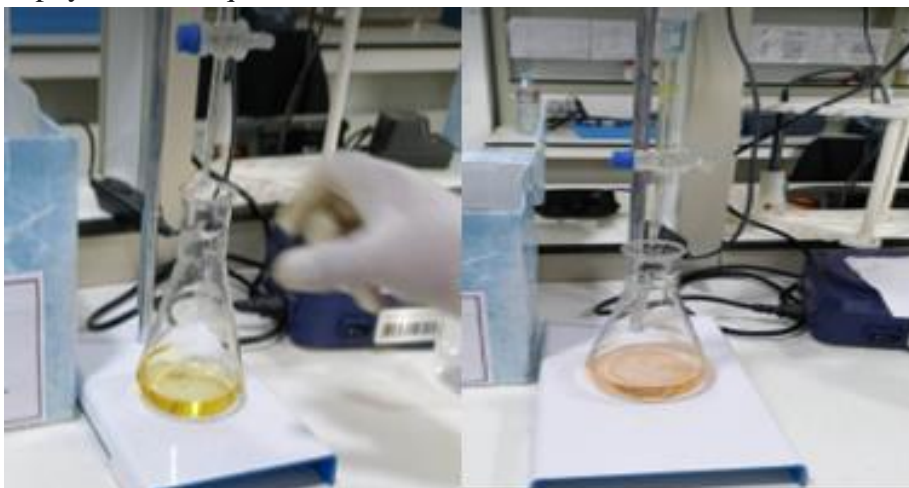
**Figure 49 : Méthode de changement du couleur de mesure TH**

- Ca<sup>2+</sup> :(Calcium ion) est une mesure de la concentration de calcium dans l'eau, exprimée en milligrammes par litre (mg/L). Le calcium est un minéral essentiel présent naturellement dans l'eau ou provenant de sources comme les roches calcaires. La concentration de Ca<sup>2+</sup> peut varier et affecter la dureté de l'eau, la formation de dépôts calcaires et d'autres aspects liés à la qualité de l'eau. La mesure du Ca<sup>2+</sup> en mg/L est importante pour évaluer la présence et la quantité de calcium dans l'eau, ce qui peut être utile pour des applications spécifiques nécessitant une certaine teneur en calcium ou pour diagnostiquer des problèmes liés à la dureté de l'eau.
- Mg<sup>2+</sup> :Concentration en magnésium :Il s'agit de la mesure de la quantité de magnésium dissous dans l'eau, exprimée en milligrammes par litre (mg/L) ou en parties par million (ppm). Cette mesure peut être obtenue en effectuant une analyse chimique de l'eau à l'aide de techniques telles que la spectrométrie d'absorption atomique, la chromatographie ionique ou l'analyse par complexométrie.



**Figure 50 :Méthode de changement du couleur de mesureMg<sup>2+</sup>**

- $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonate ion) : est une mesure de la concentration de l'ion carbonate dans l'eau. Les ions carbonate peuvent être présents naturellement dans l'eau ou résulter de réactions chimiques. La concentration de  $\text{CO}_3^{2-}$  peut influencer le pH de l'eau et jouer un rôle dans l'équilibre chimique de l'eau. Les ions carbonate sont importants dans le contexte de la chimie de l'eau et peuvent être impliqués dans des processus tels que la formation de précipités ou la neutralisation de l'acidité. La mesure de la concentration de  $\text{CO}_3^{2-}$  en eau est utile pour comprendre la composition chimique de l'eau et ses propriétés physico-chimiques.



**Figure 51 : Méthode de changement du couleur de mesure  $\text{CO}_3^{2-}$**

- $\text{HCO}_3^-$  : L'ion bicarbonate est un ion poly atomique composé d'un atome d'hydrogène (H), d'un atome de carbone (C) et de trois atomes d'oxygène (O). Il est également connu sous le nom d'hydrogénocarbonate ou de carbonate acide. Dans l'eau, l'ion bicarbonate peut être formé par la dissolution du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), qui réagit avec l'eau pour former de l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). L'acide carbonique se dissocie ensuite en ions  $\text{H}^+$  et  $\text{HCO}_3^-$ . La concentration en ions bicarbonate peut être mesurée en laboratoire à l'aide de méthodes analytiques spécifiques, telles que la chromatographie ionique ou la titration.
- TA : Le titre alcalimétrique est une mesure de l'alcalinité totale de l'eau. Il est utilisé pour évaluer la capacité d'une solution à neutraliser les acides. Le titre alcalimétrique est généralement exprimé en degrés français ( $^\circ\text{f}$ ) ou en milligrammes par litre (mg/L) d'équivalent carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ).  
Pour mesurer le Titre Alcalimétrique (TA) de l'eau, vous aurez besoin de certains équipements et réactifs spécifiques. Voici les étapes générales pour effectuer une mesure de TA.
- TAC : Titre Alcalimétrique Complet est une mesure de l'alcalinité totale de l'eau. Il représente la capacité de l'eau à neutraliser les acides et à maintenir un pH stable. Le TAC est généralement exprimé en degrés français ( $^\circ\text{f}$ ) ou en milligrammes par litre (mg/L) d'équivalent carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ).  
La mesure du TAC de l'eau peut être effectuée en laboratoire à l'aide d'une titrations acide-base. Voici les étapes générales pour mesurer le TAC.



**Figure 52 : Méthode de changement du couleur de mesure TA/TAC**

- $\text{Cl}^-$  : Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) font référence aux ions chlorure présents dans l'eau. Les ions chlorure sont des ions négatifs qui proviennent principalement du chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) et d'autres sels chlorés. La concentration en chlorures dans l'eau peut varier en fonction de divers facteurs tels que la géologie de la région, les activités humaines et les sources d'eau.

La mesure de la concentration en chlorures dans l'eau peut être réalisée en laboratoire à l'aide de différentes méthodes analytiques, notamment la chromatographie ionique, la spectrophotométrie et la conductivité. Ces méthodes permettent de déterminer la quantité d'ions chlorure présents dans l'eau et d'exprimer les résultats en milligrammes par litre (mg/L) ou en parties par million (ppm).[14]



**Figure 53 : Méthode de changement du couleur de mesure  $\text{Cl}^-$**

### **3.9. CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons décrit le milieu physique de la région étudiée, en l'occurrence le périmètre agricole d'Ouled Chikh.

Par la suite nous avons effectué des prélèvements et analyse des eaux du forage localisé dans le périmètre agricole ; les résultats obtenus indiquent une bonne qualité de l'eau, sans problèmes significatifs de contamination ou de déséquilibre chimique des paramètres mesurés. En les comparant avec les caractéristiques chimiques et physiques de l'eau embouteillée de Perrier destinée à la consommation pour les maladies rénales, nous avons constaté que les eaux d'Ouled Chikh (Dar Bentata – Commune d'El-Bor) ont des caractéristiques meilleures et coûtent moins cher (Eau de Perrier coûte 12 Euros soit plus de 3000 DA). Ceci est encourageant et indique que l'eau peut être considérée comme sûre pour une éventuelle utilisation à titre médicale.

Cependant, il est recommandé de continuer à effectuer des analyses régulières de l'eau afin d'évaluer sa composition chimique, sa clarté, sa pureté microbiologique et sa conformité aux normes de qualité de l'eau fixées par les autorités sanitaires compétentes. Cette surveillance assurera la salubrité de l'eau pour la consommation humaine, ainsi que pour les usages agricoles, industriels et environnementaux.

**CHAPITRE 04 :**  
**MATERIEL ET**  
**METHODE**



## 4.1. INTRODUCTION

Les méthodes électriques ont connu des développements significatifs depuis leur création par les frères Schlumberger en 1912. Elles sont largement utilisées dans le domaine du génie civil pour caractériser les propriétés du sous-sol.

Le principe fondamental des méthodes électriques est d'envoyer un courant électrique dans le sous-sol à l'aide d'électrodes placées à la surface, et de mesurer les différences de potentiel électrique résultantes. En analysant la répartition des résistances électriques dans le sous-sol, il est possible de déduire des informations sur les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques.

Les formations géologiques présentes dans le sous-sol ont généralement des résistivités électriques différentes en raison de leurs compositions et de leurs propriétés physiques distinctes. Par exemple, les roches sédimentaires poreuses peuvent avoir une résistivité plus élevée que les sols argileux saturés d'eau. En utilisant des configurations spécifiques d'électrodes et en mesurant les variations de résistivité, il est possible de détecter les changements de lithologie, les zones de saturation d'eau, les failles, les cavités souterraines, les vestiges archéologiques et d'autres structures géologiques ou anthropiques.

Les méthodes électriques offrent également la possibilité d'obtenir des profils verticaux ou horizontaux de résistivité, ce qui permet de cartographier les caractéristiques géologiques sur une plus grande échelle. Cela peut être utile pour la planification de projets de construction, l'évaluation des risques géotechniques, la recherche de ressources minérales, l'étude des aquifères et d'autres applications liées au génie civil.

## 4.2. MISE EN POINT DE PROTOTYPE

### 4.2.1. LE PRINCIPE DE SONDAGE ELECTRIQUE

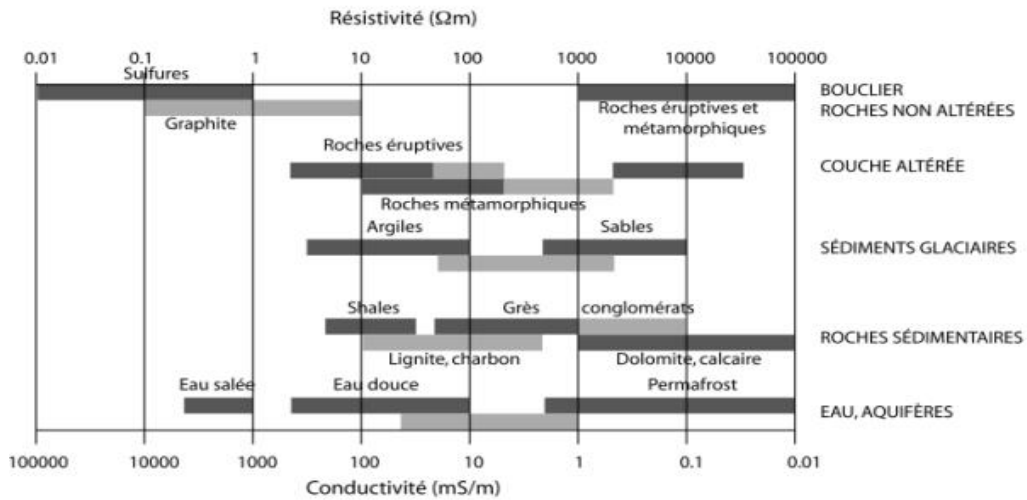
Le sondage électrique fournit une indication sur la résistivité du sol aux profondeurs multiples. Une résistivité donnée peut correspondre à plusieurs types de sol (voir la page suivante). La méthode est valable en particulier pour identifier la profondeur du socle.

Formation	Resistivity (Ohm-m)
Eau salé	0 - 1
Argile saturée	1.0 - 50
Argile sèche	10-100
Eau de pluie	20 - 200
Shale	10-400
Sol argilo sableuse	30 - 500
Sable + gravier saturé	50-500
Latérite	800-1500
Zone altérée	1500-3000
Sable + gravier sec	1000-10000
Grès / Calcaire	1500-10000
Roche dure	3000-10000
Air	100000

**Figure 54 : Résistivité par type de sol ou roche**

#### 4.2.2. RESISTIVITE PAR TYPE DE SOL OU ROCHE

On peut déterminer la résistivité (en Ohm-m) à une certaine profondeur en utilisant une méthode qui consiste à injecter un courant électrique dans le sol et à mesurer la tension (en Volt) et l'intensité (en Ampère) dans le circuit. L'augmentation de la distance entre les électrodes permet d'atteindre une plus grande profondeur de mesure, comme illustré sur la page suivante. La profondeur maximale de mesure correspond approximativement à la distance entre les électrodes (a). En répétant les mesures à des distances spécifiques, on peut obtenir un profil du sol qui donne des indications sur un point donné du terrain.



→ contraste de résistivité (rapport...)  
 → échelle logarithmique (progression géométrique)  
 → unité usuelle :  $\Omega.m$ ,  $mS.cm^{-1}$ ,  $\mu S.cm^{-1}$

**Figure 55 : Diagramme de conductivité électrique**

A température constante, la résistivité d'un conducteur métallique de longueur et de section donnée, est une caractéristique propre du matériau, et dépend de sa nature.

Elle s'exprime en ohm-mètre ( $\Omega.m$ ) :

$$\rho = R \times S/L$$

Avec :

$\rho$  = résistivité du matériau ( $\Omega.m$ ) ;

R = résistance mesurée ( $\Omega$ ) ;

S = section du conducteur ( $m^2$ ) ;

L = longueur du conducteur (m).

La résistivité d'un métal croît avec la température [7] :

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t)$$

Avec :

$\rho_t$  = résistivité à la température « t » ;

$\rho_0$  = résistivité à 0 °C ;

$\alpha$  = coefficient de température ;

t = température en °C.

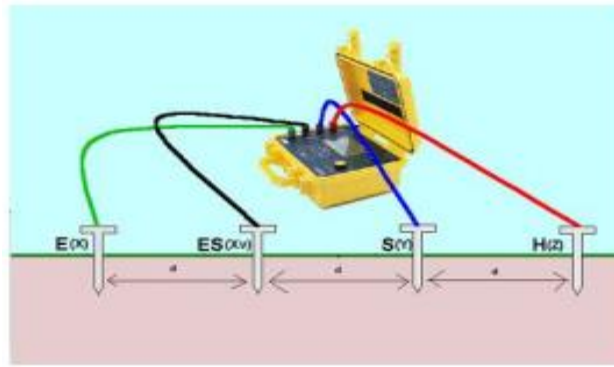
### 4.2.3. METHODES DE MESURE DE LA RESISTIVITE

Différentes méthodes sont couramment utilisées pour déterminer les distances entre les électrodes dans la mesure de la résistivité, telles que la méthode Wenner, la méthode Schlumberger et la méthode Dipôle-Dipôle, Méthode Wenner-Schlumberger.

#### 4.2.3.1. LA METHODE WENNER

La méthode Wenner est une méthode couramment utilisée pour déterminer les distances entre les électrodes dans la mesure de la résistivité. Elle implique la disposition linéaire des électrodes de courant et de potentiel le long d'une ligne, avec une distance égale entre chaque électrode. Pour mesurer la résistivité, la position de l'électrode de courant est variée le long de la ligne, permettant ainsi d'obtenir des mesures à différentes profondeurs. Les distances «d» entre les 4 piquets sont identiques.

$$\rho_w = 2 \pi d RS-ES$$



**Figure 56 : Méthode WENNER**

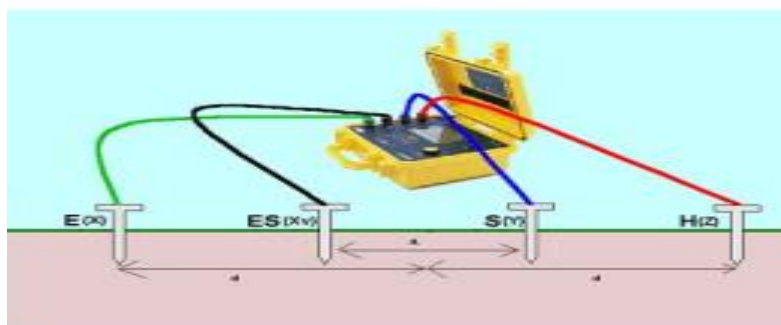
#### 4.2.3.2. LA METHODE SCHLUMBERGER

Elle consiste à fixer une électrode de courant à un point central et déplacer les électrodes de potentiel de manière progressive vers l'extérieur.

À chaque étape, la distance entre les électrodes est augmentée, ce qui permet d'explorer différentes profondeurs du sol. Cette méthode permet d'obtenir des mesures de résistivité à différentes profondeurs en ajustant les distances entre les électrodes, offrant ainsi des informations sur la variation de la résistivité avec la profondeur[38].

Les distances entre les 2 piquets centraux S & ES est A. La distance entre les 2 piquets extérieurs E & H est égale à 2d.

$$\rho_s = ( \pi (d^2 - A^2/4) RS-ES ) / A.$$



**Figure 57 : Méthode Schlumberger**

#### 4.2.4. MATERIELS ET PROCEDURE DE MESURES

Dans cette partie nous avons réalisé l'appareil de Winner-Schlomberger permettant la détection de la source souterraine.

Pour cela, nous avons acquis les équipements adéquats de cet appareil que nous avons confectionné au niveau du département d'hydraulique de la faculté de technologie.

Les équipements nécessaires pour la confection de l'appareil sont principalement :

- Une batterie de voiture (12 V) ;
- Un multimètre ;
- Rouleaux de câble électrique en cuivre rigide 2.5 mm<sup>2</sup> (4 x 100 ml) ;
- Quatre électrodes en cuivre de 16 mm et 40 cm de longueur ;
- Deux mètres à ruban de 100 m et deux de 7m ;
- Un marteau, clef à molète, tournevis, et autre outillages.





**Figure 58 : Photos de confection de l'appareil de Winner-Schlumberger**



**Figure 59 : Résultat final de l'appareil de Winner-Schlumberger**

Nous avons par la suite effectué des essais sur le fonctionnement de l'appareil au niveau du jardin de la faculté de Technologie (Université de Tlemcen), le 16/05/2023, selon la méthode de Winner décrite précédemment, avec l'assistance de notre encadreur et le du vice-doyen de la faculté.



**Figure 60 : Essai d'étalonnage de l'appareil de Winner-Schlumberger au niveau du site de la faculté**

Les données de mesure sont reportées sur une fiche que nous avons établie, dans laquelle en prend note de :

- Date ;
- Village ou endroit ;
- Localisation GPS ;
- Nom et contact ;
- Nom et contact du client ;
- Observations sur la géologie ;
- Distances entre anodes ;
- Mesure de l'intensité et du courant.

ETUDE : \_\_\_\_\_ SONDAGE N° : \_\_\_\_\_  
 DATE : \_\_\_\_\_ COORDONNEES : \_\_\_\_\_  
 OPERATEUR : \_\_\_\_\_ COTE : \_\_\_\_\_

$k = \frac{AM \cdot AN}{MN} \cdot 3,14$ 
 $Pa = k \frac{\Delta V}{I}$

MARQUES	O-A en m	k pour				$\Delta V$ en millivolts	I en milliampères	Pa en ohm-m
		$\frac{M}{1\text{ m}}$ N	$\frac{M}{10\text{ m}}$ N	$\frac{M}{60\text{ m}}$ N	$\frac{M}{200\text{ m}}$ N			
1	1 m	2.35						
2	2	11.8						
3	3	27.5						
1	4	49.5						
2	5	77.7						
3	6	112						

**Figure 61 : Fiche de prise des mesures**

Par la suite nous nous sommes déplacé au site d'étude pour la détermination de la ressource.

#### 4.2.5. METHODE DE TRAVAIL SUR LE TERRAIN

##### 4.2.5.1. CHOISIR LE POINT CENTRAL

Pour marquer le point central le plus proche possible du site d'implantation potentiel, veuillez prendre en compte les éléments suivants :

- S'assurer qu'un ruban de 120 m peut s'étendre de manière rectiligne des deux côtés.
- Vérifier si l'élévation le long de la trajectoire est relativement égale.
- Prendre en considération l'homogénéité du sol à la surface le long du ruban (présence de routes, terrain accidenté, etc.).
- S'assurer qu'il n'y a pas d'obstacles ou de fossés là où vous devez planter les électrodes.
- Si possible, choisir un emplacement où vous pouvez placer l'équipement à l'ombre. - Sinon, utiliser un parapluie pour protéger l'équipement du soleil.



**Figure62: Site d'implantation potentiel de la zone d'étude**

Utiliser cette position comme point de départ pour étendre les rubans de mesure, ensuite :

- Pendant l'extension du ruban, veiller à regarder régulièrement en arrière pour vérifier que la ligne reste droite.

- Au besoin, utiliser des machettes pour enlever les plantes afin que le ruban soit en contact avec le sol.



**Figure 63 : Ligne droite pour installer les électrodes**

#### **4.2.5.2. LES ELECTRODES**

Sélectionnez les lettres correspondantes aux électrodes :

- Marquer toujours les électrodes comme A - M - N - B en les regardant de gauche à droite lorsque vous êtes positionné pour utiliser l'équipement.
- Planter les électrodes dans le sol.
- La position initiale des électrodes M et N est de 0,5 m, tandis que celle des électrodes A et B est de 0,75 m. Enfoncez suffisamment les électrodes dans le sol pour les maintenir en place de manière stable.
- Veiller toujours à verser de l'eau autour des électrodes afin d'assurer une bonne connexion électrique.



**Figure 64 : Installation des électrodes**

#### **4.2.5.3. LE CIRCUIT “VOLTAGE”**

Connecter le voltmètre aux câbles provenant des électrodes M et N de la manière suivante :

- Brancher le câble provenant de l'électrode M à la borne COM du voltmètre.
- Brancher le câble provenant de l'électrode N à la borne mV du voltmètre.

Si le sol est très conducteur, utiliser le circuit suivant : Branchez l'électrode A sur la borne 20 Ampères de l'ampèremètre. C'est le réglage de départ. Si le courant mesuré est

inférieur à 200 mA (milliampères), déplacer le câble de l'électrode A vers la borne mA de l'ampèremètre. Cela permettra une mesure plus précise du courant de faible intensité.

-Relier le pôle négatif de la batterie à la borne COM de l'ampèremètre

-Relier l'électrode B au pôle positif de la batterie quand vous êtes prêt à prendre la mesure 'avec courant'.



**Figure 65 : ampèremètre**

#### 4.2.6. TOMOGRAPHIE DE RESISTIVITE

Les données mesurées sont présentées sous forme de sections de contour ou de couleur. L'axe vertical représente une pseudo-profondeur qui est proportionnelle à l'écartement des électrodes. Les mesures sont reportées au point :

- L'abscisse correspond au milieu du dispositif utilisé.
- L'ordonnée correspond à la pseudo-profondeur.

#### 4.2.7. METHODE DE TRAVAIL PAR L'UTILISATION DE LOGICIEL IP2WIN

##### 4.2.7.1. METHODES D'ENTREE DES DONNEES

Nous avons suivi la procédure de mesure de la conductivité électrique de l'eau à l'aide de la méthode Wenner, et nous avons pu définir ce mode dans l'application.

La méthode de Wenner est l'une des techniques les plus populaires pour mesurer la conductivité électrique dans des échantillons d'eau.

Nous nous assurons que le mode "Wenner" est sélectionné dans l'application avant de saisir les données de mesure de la conductivité électrique de l'eau. Nous comprenons que ces calculs et interprétations affectent l'application de la méthode Wenner.

Pour le traitement des données nous avons utilisé le logiciel IP2WIN sous interface Windows grâce à qui nous pouvons déterminer la profondeur et la capacité de la nappe d'eau.

Par la suite, nous donnons la description de l'utilisation de ce Software, en commençant par l'introduction des données. Sur le tableau (figure 66) on a la case « a » qui représente la distance entre les électrodes, la case « V » qui représente la tension mesurée, la case « I » qui représente l'intensité du courant mesuré et la dernière case qui est la résistivité calculée par le logiciel. Ces mesures ont été effectuées pour une distance totale de 100 m.

N	a	-	SP	V	I	K	Ro_a
1	0.5	0	0	780	34.56	3.1416	70.904
2	0.7	-	0	348	56.92	4.3982	26.89
3	1	-	0	122	39.3	6.2832	19.505
4	1.5	-	0	65	36.36	9.4248	16.848
5	2.2	-	0	191	43.1	13.823	61.257
6	3.2	-	0	151	31.2	20.106	97.309
7	4.6	-	0	93	39.2	28.903	68.57
8	6.8	-	0	53.5	36.05	42.726	63.407
9	10	-	0	93	36.2	62.832	161.42

**Figure 66 : Tableau des données**

#### 4.2.7.2. GRAPHIQUE

Dans l'application, vous trouverez un onglet appelé "Graphique" qui affiche un graphique des valeurs mesurées. Cet onglet est extrêmement précieux pendant la procédure de mesure, car il permet de vérifier la qualité des données obtenues.

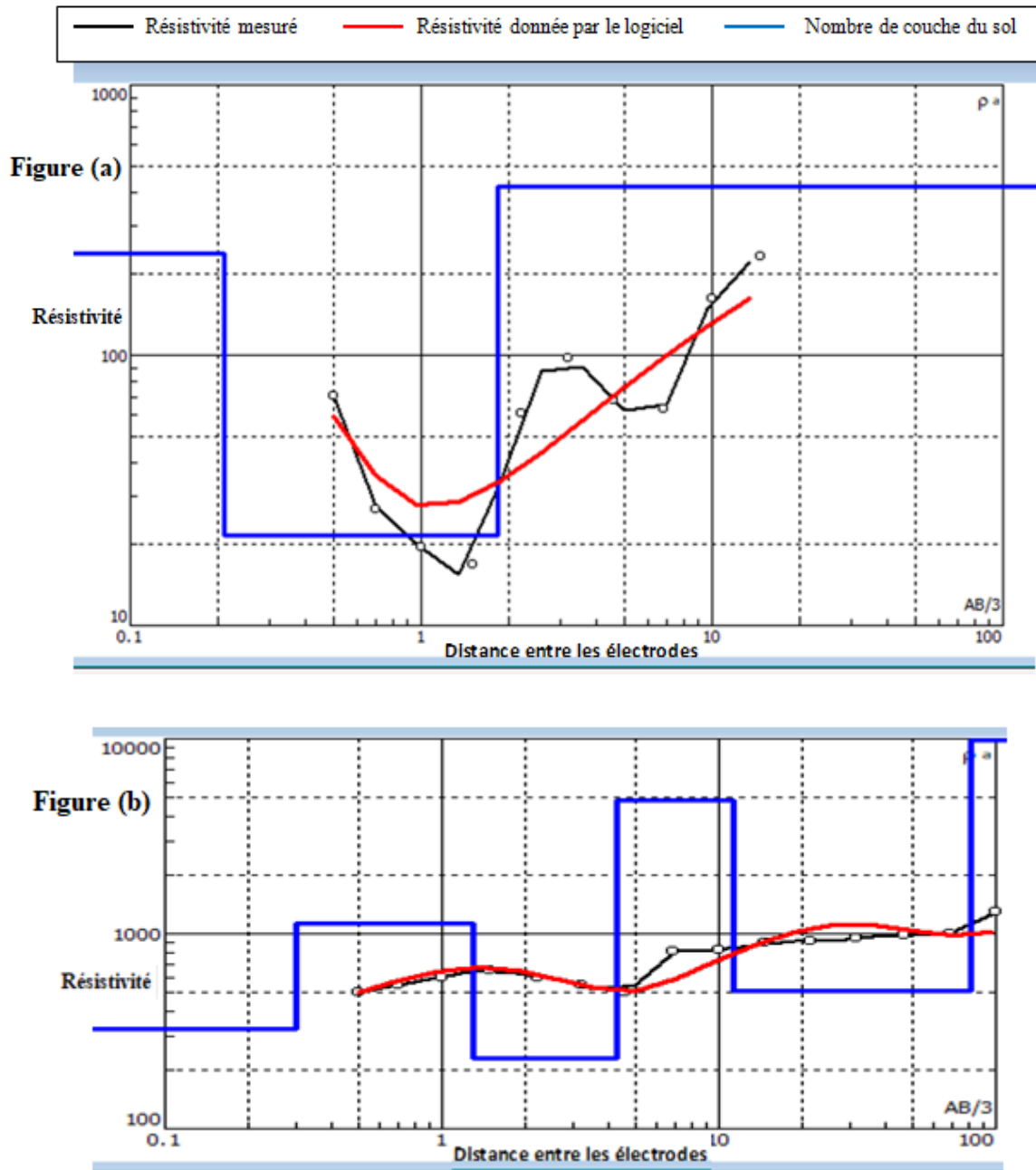
En observant le graphique, il est important de s'assurer que la courbe soit lisse et continue. Une courbe lisse indique généralement des mesures cohérentes et fiables. Cependant, si des valeurs aberrantes sont présentes, elles peuvent être facilement repérées grâce à cet onglet.

Les valeurs aberrantes sont des points de données qui s'écartent de manière significative de la tendance générale de la courbe. Elles peuvent indiquer des erreurs de mesure, des problèmes techniques ou des mesures incorrectes. En identifiant ces valeurs aberrantes sur le graphique, vous pouvez les examiner de plus près et prendre les mesures nécessaires pour les corriger ou les exclure des données.

L'onglet "Graphique" est un outil précieux pour évaluer la qualité des données de mesure de la conductivité électrique de l'eau, car il permet de détecter facilement les valeurs aberrantes et d'assurer la fiabilité et l'exactitude des résultats obtenus.

Après avoir balayé le périmètre étudié, malgré les différents obstacles et aléas, avec la prise de plusieurs mesures. Nous avons jugé que trois séries de lignes de mesures sont valables.

Nous avons obtenus les graphiques suivants des SEV et la forme des couches géologiques avec potentiel hydrogéologique (figure 67). Sur le graphe l'axe des 'x' représente la distance entre les électrodes et l'axe des 'y' celle de la résistivité. La courbe noire représente la résistivité de la mesure sur le terrain, la courbe rouge représente la résistivité donnée par le logiciel et la courbe bleue est le nombre de couches du sol qui est de trois (03) pour le premier essai (Figure 67 (a)) pour une profondeur de 4 m et de 6 couches (figure 67 (b)) pour une profondeur de 100 m.



**Figure 67 : Evaluation de la qualité des données de mesure de la conductivité électrique de l'eau**

#### 4.2.7.3. COUCHES

Dans l'application, vous trouverez un onglet intitulé "Couches" qui offre une visualisation des différentes couches du sol. Chaque couche est représentée par une couleur, où une couleur plus sombre indique une résistivité plus élevée. De plus, une indication de la profondeur des couches est également visible.

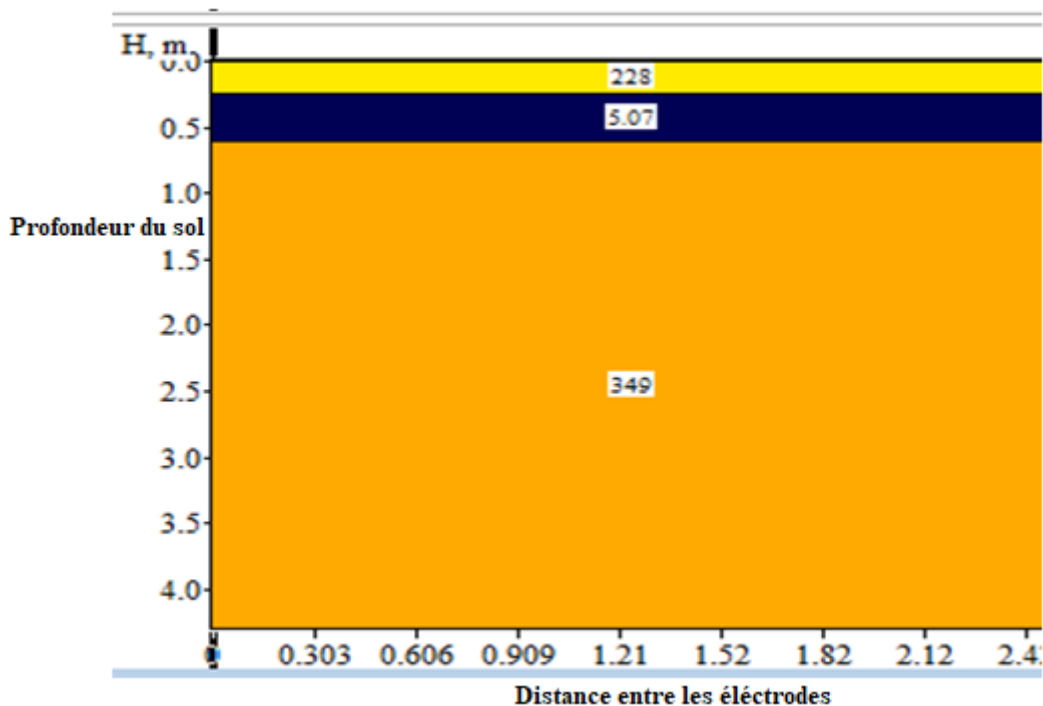
L'onglet "Couches" présente une légende qui fournit des informations sur la profondeur des couches et les valeurs de résistivité correspondantes. Cette légende vous permet de comprendre rapidement les caractéristiques des différentes couches du sol en termes de résistivité et de profondeur.

Grâce à cette visualisation des couches du sol, vous pouvez obtenir une représentation claire de la distribution des résistivités et de la profondeur des couches. Cela peut être extrêmement utile pour l'analyse géologique, l'étude de la composition du sol ou la détection de formations géologiques spécifiques.

En utilisant l'onglet "Couches", vous pouvez obtenir des informations visuelles précieuses sur la structure du sol et mieux comprendre les propriétés électriques de chaque couche en fonction de sa résistivité et de sa profondeur.

Dans notre étude on va rechercher les couches sable+gravier saturé ayant une résistivité entre 50-500 Ohm-m ainsi que la couche grés /calcaire 1500-10000 Ohm-m; ces dernières correspondent dans notre zone d'étude à l'eau souterraine ayant des caractéristiques médicales.

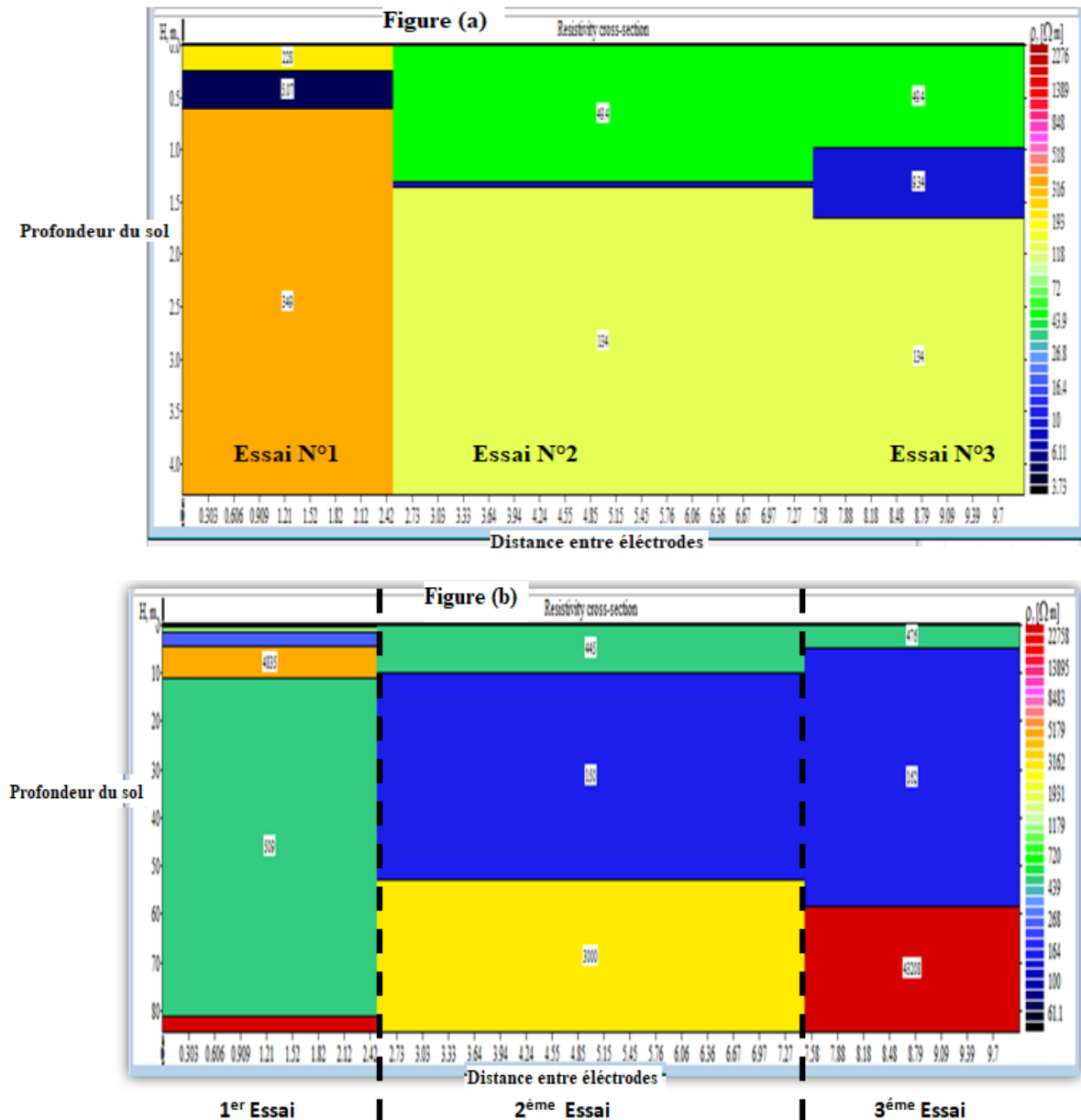
Sur la figure 68, on remarque que l'on a trois différentes couches dans le sol ; avec des résistivités de 228 Ohm-m correspondant à des couches de sol argilo-sableux, sable + gravier saturé, de 5.07 Ohm-m (pour 0.5 m de profondeur) correspondant à des couches de sol d'argile saturé, et de 349 Ohm-m (de 0.5 à 4 m de profondeur) correspondant à des couches de sol argilo-sableux, sable + gravier saturé.



**Figure 68 : Visualisation des couches du sol d'un seul essai**

La figure 69 représente la visualisation des couches du sol de trois essais effectués à trois niveaux différents distants de 5 m où la figure (a) représente les essais à 4 m de profondeur et la figure (b) à 70 m de profondeur. On remarque sur la figure (a) que l'on a trois différentes couches dans le sol pour chaque essai; (1<sup>er</sup> essai voir figure 68) pour le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> essai on a des résistivités de 49.4 Ohm-m (0 à 10 m de profondeur) correspondant à des couches d'argile saturée, argile sèche, eau de pluie et sol argilo sableux, de 9.34 Ohm-m (10 à 20 m de profondeur) correspondant à des couches de sol d'argile saturé, et de 134 Ohm-m (20 à 40 m de profondeur) correspondant à des couches d'eau de pluie, sol argilo-sableux, sable + gravier saturé.

Pour la figure 69 (b) on a pour le 1<sup>er</sup> essai des résistivités correspondantes à des couches de sols argilo-sableux, sable + gravier saturé, sable + gravier sec, grés/calcaire, et roche dure. Le 2<sup>ème</sup> essai a donné des résistivités de 445 Ohm-m (0 à 10 m de profondeur) correspondant à des couches de sols argilo-sableux, sable + gravier saturé, de 150 Ohm-m (10 à 55 m de profondeur) correspondant à des eaux de pluies, un sol argilo-sableux, sable + gravier saturé et de 3000 Ohm-m (55 à 80 m de profondeur) correspondant à du sable + gravier sec, grés/calcaire, et roche dure. Le 3<sup>ème</sup> essai a donné une résistivité de 476 Ohm-m (0 à 5 m de profondeur) correspondant à un sol argilo-sableux, sable + gravier saturé, de 162 Ohm-m (5 à 60 m de profondeur) correspondant à des eaux de pluies, un sol argilo-sableux, sable + gravier saturé, et de 43208 Ohm-m (60 à 80 m de profondeur) correspondant à du sable + gravier sec, grés/calcaire, et roche dure.



**Figure 69: Visualisation des couches du sol de trois essais**

Les résultats ont montrés les type de couche et la profondeur de la nappe qui se trouve 70 m de profondeur car c'est dans cette zone se trouve la couche sable + gravier saturé et la couche grés/calcaire

#### **4.2.7.4. SOL**

Dans l'application, vous trouverez un onglet intitulé "Sol" qui offre une visualisation différente des couches du sol. Pour chaque couche, nous pourrons observer plusieurs types de sols, car la résistivité calculée peut correspondre à plusieurs gammes de résistivité associées à différents types de sols.

Nous pourrons sélectionner un profil de sol spécifique à partir d'un menu déroulant situé en bas de la page. Si nous avons créé différents profils de sol, vous pourrez les choisir pour obtenir une visualisation personnalisée des types de sols présents dans chaque couche.

Cette fonctionnalité permet de visualiser les différents types de sols en fonction de leurs résistivités correspondantes dans chaque couche du profil. Elle offre une représentation visuelle pratique pour comprendre les variations des types de sols à différentes profondeurs.

En sélectionnant un profil de sol spécifique dans le menu déroulant, vous pouvez explorer et analyser les caractéristiques spécifiques des types de sols présents dans chaque couche du sol, en fonction de la résistivité calculée.

#### **4.2.7.5. RES-RESISTIVITE**

Dans l'application, vous trouverez un onglet qui présente un graphique combinant les valeurs de résistivité mesurées et calculées par le modèle. Ce graphique offre une représentation visuelle des données de résistivité.

D'après la figure 69, le graphique présente trois courbes distinctes : une courbe noire représentant les résistivités mesurées, une courbe rouge représentant les résistivités calculées par le modèle, et une courbe bleue indiquant les valeurs de résistivité des couches à différentes profondeurs.

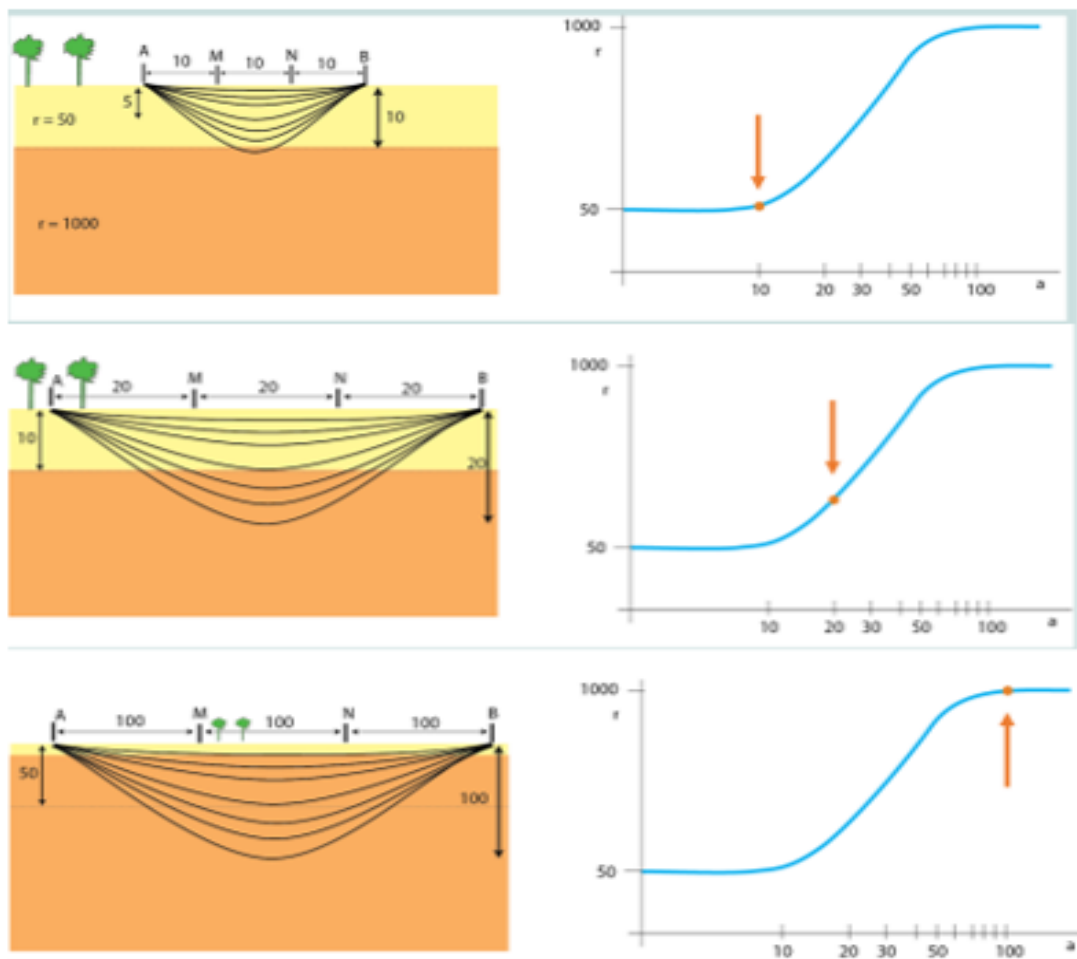
Grâce à cette visualisation combinée des résistivités mesurées, calculées et des valeurs de résistivité des couches à différentes profondeurs, il est possible d'analyser les résultats de manière plus approfondie. Cela permet de comparer les mesures réelles avec les prédictions du modèle, et d'évaluer la précision et la fiabilité du modèle utilisé pour estimer les résistivités.

L'onglet "Rés" offre ainsi un outil visuel pratique pour interpréter et analyser les données de résistivité, en permettant une meilleure compréhension des caractéristiques du sol et de ses propriétés électriques

#### **4.2.7.6. RELATION DISTANCE (A) ET PROFONDEUR**

Les pages suivantes illustrent la profondeur de mesure correspondante à la distance entre les électrodes "a". Trois images montrent le même profil du sol composé de deux couches: une couche de surface avec une résistivité faible (50 et 30 Ohm-m) et une deuxième couche avec une résistivité élevée (2 Ohm-m). À chaque image, la distance entre les électrodes "a" ainsi que la profondeur de mesure sont agrandies. Le point en orange dans la graphique indique la résistivité mesurée (résistivité apparente) pour la distance des

électrodes. Le courant se déplace dans le sol comme un faisceau de lignes. C'est pourquoi la résistivité apparente indique une valeur moyenne de toutes les couches traversées; au lieu d'une résistivité d'une couche spécifique à une profondeur particulière.



**Figure 70 : Profondeur correspondante à la distance entre les électrodes "a"**

#### 4.2.7.7. REPRESENTATION « LA PSEUDO-SECTION »

La pseudo-section est une représentation des données mesurées sous forme de sections de contour ou de couleur. L'axe vertical de la pseudo-section représente une pseudo-profondeur proportionnelle à l'écartement entre les électrodes. Les mesures sont reportées sur le graphique au point suivant :

L'abscisse correspond au milieu du dispositif utilisé.

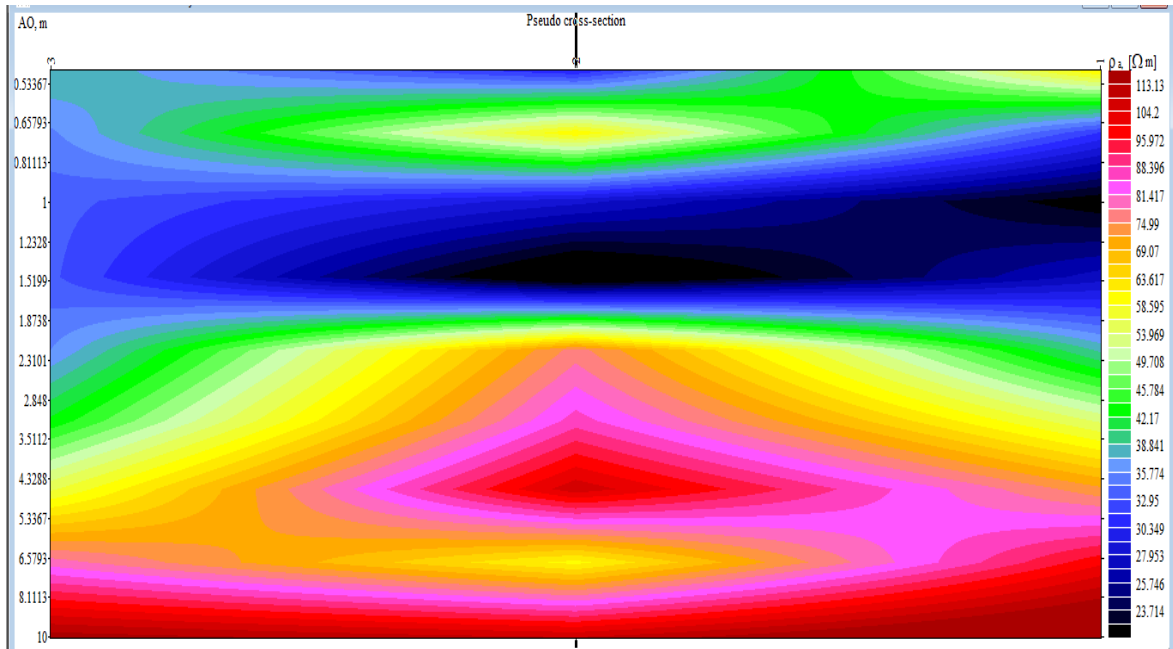
L'ordonnée correspond à la pseudo-profondeur.

Cette représentation permet d'obtenir une visualisation graphique des variations des propriétés électriques du sous-sol en fonction de la position horizontale et de la pseudo-profondeur. Les contours ou les variations de couleur dans la pseudo-section indiquent les changements de résistivité ou de conductivité électrique dans le sol.

En utilisant cette pseudo-section, il est possible de détecter des anomalies ou des structures géologiques en observant les variations des valeurs de résistivité ou de

conductivité dans différentes régions du graphique. Cela peut être utile pour l'analyse géologique, la cartographie des aquifères, la détection de zones contaminées, etc.

La pseudo-section offre une représentation visuelle pratique pour interpréter les données géophysiques et comprendre les caractéristiques du sous-sol à différentes profondeurs.



**Figure 71: Interprétation en résistivité 2D**

Dans notre cas, selon les mesures initiales que nous avons effectuées la source d'eau souterraine, l'eau peut être captée à partir de 70 mL. Cette valeur est confirmée par le forage existant dont le niveau statique à 75 mL.

### 4.3. CONCEPTION DES USINE HYDRO MEDICINAL

La conception des usines hydro médicinales implique la création d'installations spécifiquement conçues pour la production, la collecte et le traitement des eaux minérales et thermales à des fins médicales et thérapeutiques.

Cela comprend l'identification des sources d'eau appropriées, l'évaluation de la qualité et des propriétés de l'eau, la détermination des besoins de traitement, la conception des installations de captage et de collecte, la création d'espaces de soins et de bains adaptés, ainsi que la mise en place des infrastructures nécessaires pour les activités connexes.

Il est essentiel de respecter les réglementations en vigueur et de prendre en compte les considérations durables pour assurer une conception optimale et conforme aux normes médicales et réglementaires. Il est recommandé de faire appel à des experts multidisciplinaires pour mener à bien ce processus.

#### 4.3.1. LES CARACTERISTIQUE D'UNE USINE HYDRO MEDICAL

Une usine hydro médicinale présente les caractéristiques suivantes :

#### **4.3.1.1. SOURCES D'EAU MINERALE ET THERMALE**

L'usine est située à proximité de sources d'eau minérale et thermale de qualité médicinale, fournissant des eaux riches en minéraux et présentant des propriétés thérapeutiques.

#### **4.3.1.2. INFRASTRUCTURES DE CAPTAGE ET DE COLLECTE**

L'usine dispose d'infrastructures de captage adaptées pour prélever l'eau des sources identifiées, telles que des puits, des captages souterrains ou des réservoirs de stockage.

#### **4.3.1.3. TRAITEMENT DE L'EAU**

Des systèmes de traitement de l'eau spécifiques sont mis en place pour assurer la qualité et la sécurité de l'eau utilisée, incluant des processus de filtration, de désinfection, de stabilisation de la température et d'élimination des contaminants.

#### **4.3.1.4. ESPACES DE SOINS ET DE TRAITEMENT**

L'usine comprend des espaces dédiés aux soins et aux traitements thérapeutiques, tels que des bains thermaux, des salles de massage et des cabinets de consultation médicale.

#### **4.3.1.5. PERSONNEL QUALIFIE**

Une équipe de professionnels qualifiés, comprenant des médecins, des hydrothérapeutes, des infirmières et des techniciens spécialisés, assure un suivi médical approprié et fournit des traitements adaptés aux besoins des utilisateurs.

#### **4.3.1.6. CONTROLES DE QUALITE ET NORMES REGLEMENTAIRES**

L'usine respecte les normes réglementaires en matière de qualité de l'eau, d'hygiène, de sécurité des utilisateurs et de conformité médicale, en effectuant des contrôles de qualité réguliers.

#### **4.3.1.7. CONCEPTION ERGONOMIQUE ET CONFORT DES INSTALLATIONS**

Les installations de l'usine sont conçues de manière ergonomique, offrant un environnement confortable et sûr aux utilisateurs, avec une accessibilité pour tous.

#### **4.3.1.8. DURABILITE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT**

L'usine intègre des pratiques durables dans sa conception et son fonctionnement, telles que l'utilisation d'énergies renouvelables, la gestion efficace des ressources en eau et la minimisation des déchets.

### **4.3.2. PLANIFICATION ET FINANCEMENT D'UNE USINE HYDRO MEDICAL**

La planification et le financement d'une usine hydro médicinal impliquent plusieurs étapes clés pour assurer le succès du projet. Voici un aperçu des principales étapes à considérer :

#### **4.3.2.1. ÉVALUATION DES BESOINS**

Il est essentiel de déterminer les besoins en eau et les exigences médicales spécifiques du projet. Cela comprend l'évaluation des volumes d'eau nécessaires, des

équipements médicaux requis, des traitements hydrothérapeutiques envisagés et des services complémentaires (comme les installations d'hébergement, les services de santé, etc.).

#### **4.3.2.2. ÉTUDE DE FAISABILITE**

Une étude de faisabilité doit être réalisée pour évaluer la viabilité technique, économique et environnementale du projet. Cela implique l'analyse de l'approvisionnement en eau, des caractéristiques du site, des aspects réglementaires, des coûts d'investissement et d'exploitation, ainsi que des études de marché pour évaluer la demande potentielle.

#### **4.3.2.3. CONCEPTION DE L'USINE**

Sur la base des résultats de l'étude de faisabilité, la conception détaillée de l'usine hydro médicinale peut être réalisée. Cela comprend la planification des installations hydrothérapeutiques, des espaces de traitement, des équipements médicaux, des systèmes de filtration et de traitement de l'eau, ainsi que des infrastructures complémentaires (comme les bâtiments, les piscines, les salles de relaxation, etc.).

#### **4.3.2.4. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET REGLEMENTATIONS**

Il est important de prendre en compte les réglementations environnementales et de réaliser une évaluation des impacts environnementaux du projet. Cela peut inclure des études sur la qualité de l'eau, l'impact sur les écosystèmes environnants et les mesures de protection de l'environnement.

#### **4.3.2.5. ÉLABORATION DU PLAN D'AFFAIRES**

Un plan d'affaires solide doit être élaboré pour démontrer la viabilité financière du projet. Cela comprend une analyse détaillée des coûts d'investissement et d'exploitation, des revenus projetés, des prévisions de clientèle, des stratégies de marketing et de promotion, ainsi que des sources de financement envisagées.

#### **4.3.2.6. RECHERCHE DE FINANCEMENT**

Une fois le plan d'affaires établi, il est nécessaire de rechercher des sources de financement pour le projet. Cela peut inclure des prêts bancaires, des investisseurs privés, des subventions gouvernementales ou des partenariats avec des acteurs de l'industrie. La présentation du projet de manière convaincante et la recherche de partenaires financiers appropriés sont des étapes clés de cette étape [43].

#### **4.3.2.7. GESTION DE PROJET**

Une fois les fonds sécurisés, la gestion de projet entre en jeu. Cela comprend la sélection des entrepreneurs et des fournisseurs, la coordination des travaux de construction, l'acquisition des équipements, la gestion des délais et des coûts, ainsi que la supervision de la conformité aux réglementations.

### **4.3.3. COMPARAISON DES EAUX D'OULED CHEIKH AVEC L'EAU PERRIER**

L'eau Perrier est une eau connue pour ses bienfaits pour les personnes souffrants de calculs rénaux, de ce fait nous avons voulu comparer les eaux de notre zone d'étude avec celle de l'eau Perrier pour voir si dans notre cas les eaux étudiées peuvent être classées comme eau

médicinales. On remarque sur le tableau 6 que pour le pH de l'eau de la zone d'étude est alcalin modéré, la conductivité électrique est faible de 773 micro siemens / cm, quant au magnésium, élément important dans la réduction des calculs rénaux par dissolution du calcium, sa concentration dans l'eau est de 20.66 mg/l. Si on compare le taux de calcium des eaux Perrier avec les eaux de la zone d'étude, on remarque qu'il est plus important (150 mg/L) que celui de la zone d'étude (2.3 mg/L) alors que le calcium qui est connu comme mauvais pour les reins, concernant le magnésium, les eaux Perrier contiennent seulement 3.9 mg/L alors que celle de la zone d'étude est de 20.66 mg/L ; ce qui indique que l'eau de dar ben tata est meilleure que celle de Perrier pour les maladies rénales.

Ces résultats montrent que les eaux de dar ben tata peuvent être considérées comme eau médicinale pour les maladies rénales.

**Tableau 06 : Comparaison des eaux d'OULED CHEIKH avec Eau Perrier**

	pH	T	O <sub>2</sub>	Tub	Cond	Tds	Coul	TH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TA	TAC	Cl <sup>-</sup>	Sal
Unité		°C	mg/L	NTU	µS/cm	mg/L	Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	ppt
Norme	6.5-9	/	/	5	2800	/	15	500	200	/	/	/	/	/	500	/
Zone d'étude	8.03	16	10.73	0.24	773	421	0	150	2.6	20.66	0	283.65	0	310	106.5	0.42
Eau Perrier	5.5	/	/	/	/	/	/	/	150	3.9	/	420	/	/	19.5	/

#### 4.4. SYNTHÈSE

Dans ce chapitre nous avons procédé à la réalisation de l'appareil de Wenner-Schlumberger permettant la prospection géophysique de la ressource hydrique.

Nous avons par la suite effectué une campagne de mesure du site potentiel, nous pour une première enquête détecté la source souterraine à une profondeur de 70 mL.

Et pour finir, nous avons comparé l'eau Perrier avec les eaux de notre zone d'étude où on a conclu que cette dernière peut être classée comme eau médicinale et thérapeutique.



## CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette recherche, nous avons réussi à mettre au point un prototype novateur de détection de la ressource hydrique, visant spécifiquement le captage et la valorisation des sources souterraines.

Notre étude a été réalisée en utilisant l'appareil de captage "sondage électronique vertical", qui s'est avéré être un outil précieux pour explorer les caractéristiques hydrogéologiques des formations souterraines.

Grâce à notre méthodologie de recherche rigoureuse, nous avons pu obtenir des résultats prometteurs.

L'appareil de captage "sondage électronique vertical" a démontré sa capacité à localiser avec précision les sources souterraines d'eau, à évaluer leur abondance et à fournir des informations cruciales sur leur qualité et leur accessibilité. Ces données sont essentielles pour une gestion durable des ressources hydriques souterraines.

Notre recherche a également permis d'identifier des domaines d'application potentiels pour notre prototype de détection de la ressource hydrique.

Il peut être utilisé dans divers contextes, tels que la planification de l'approvisionnement en eau, l'agriculture, l'industrie minière et la gestion des ressources naturelles. En fournissant des informations précises sur la présence et la distribution des sources souterraines d'eau, notre prototype offre des possibilités d'exploitation optimale de cette ressource précieuse.

Les résultats de notre étude ouvrent la voie à de futures recherches et à des applications pratiques dans le domaine de la détection et de la valorisation des sources souterraines.

Ainsi au cours de ce travail, nous avons procédé à l'étude du milieu physique du site concernée, à savoir Ouled Chih dans la localité de Dar Bentata (Commune d'El-Bore Yaghmorassen). Ensuite nous avons effectué des analyses des eaux du forage existant dans le périmètre ; il s'est avéré que la source a effectivement des caractéristiques médicales en la comparant avec les eaux embouteillées de Perrier orientées à la consommation pour les maladies de type rénales.

Enfin, nous avons procédé à une campagne de mesure étalée sur plusieurs jours, en balayant l'ensemble du périmètre, en utilisant l'appareil conçu et étalonné au niveau de la faculté. Nous avons choisi une série de mesure de trois lignes que nous avons jugées représentatives ; les résultats ont indiqué que la source est captée à partir d'une profondeur de 70 mL.

Des améliorations supplémentaires peuvent être apportées à notre prototype, en explorant de nouvelles techniques de mesure, en intégrant des systèmes de collecte et de stockage de l'eau, et en développant des modèles de prédiction pour optimiser la gestion des ressources en eau souterraine.

**REFERENCES  
BINLIOGRAPHIQUES**



## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

### Site Web :

- [1]. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/71-SGN-108-HYD.pdf>
- [2]. de MARSILY, G., & Besbes, M. (2017). Les eaux souterraines. In *Annales des Mines-Responsabilité et environnement* (Vol. 86, No. 2, pp. 25-30). FFE.
- [3]. Breusse, J. J. (1963). La prospection géophysique des eaux souterraines. *La Houille Blanche*, (4), 407-413.
- [4]. [http://cbrosson.free.fr/Public/Divers/Master2pro/Cours\\_Doc/DIVISION%20GÉOPHYSIQUE\\_CEBTP/methodes/methode%20sondage%20électrique.pdf](http://cbrosson.free.fr/Public/Divers/Master2pro/Cours_Doc/DIVISION%20GÉOPHYSIQUE_CEBTP/methodes/methode%20sondage%20électrique.pdf)
- [5]. <https://www.innogeo.fr/wp-content/uploads/2020/04/FT-INNOGEO-SONDAGE-ELECTRIQUE.pdf>  
Lavoie, A. C. (1998). Application de la méthode des sondages électriques à la caractérisation des aquifères et des dépôts meubles, Basses-Terres du St-Laurent, région Nord de Montréal (Doctoral dissertation, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique).[https://www-ig.unil.ch/pdf/doc\\_pro/pro\\_f.pdf](https://www-ig.unil.ch/pdf/doc_pro/pro_f.pdf)
- [6]. HAMLAOUI Mahmoud COURS PROSPECTION ÉLECTRIQUE  
[ProspectionElectriqueL3M1Geo21%20\(1\).pdf](https://www.ideeseaux.com/fr/geophysique-56.html)
- [7]. <https://www.ideeseaux.com/fr/geophysique-56.html>
- [8]. <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-53137-FR.pdf>
- [9]. SHOUT, H. POLYCOPE DE GEOPHYSIQUE S4.
- [10]. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/83-SGN-877-GPH.pdf>
- [11]. <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eaux.souterraines.html>
- [12]. <https://www.sage-born-et-buch.fr/Portrait-du-territoire/Les-ressources-en-eau/Les-nappes-superficielles-et-souterraines/Nappes-libres-et-captives>
- [13]. <https://www.almsal.com/post/740027>
- [14]. <https://www.clicours.com/generalites-sur-le-captage-de-source/>
- [15]. SENAOU, K. (2022). Production et contrôle de qualité des comprimés «METFORMINE». GOURARI, I., & MOHAMMEDI, K. Etude bibliographique synthétique des méthodes et outils de protection des eaux souterraines-Cas de la source d'Ain Fouara Supérieure (Tlemcen)- (Doctoral dissertation).
- [16]. <https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article416#:~:text=Les%20sources%20de%20d%C3%A9versement%20naissent,aquif%C3%A8re%20et%20la%20surface%20topographique.>
- [17]. [https://fr.wiktionary.org/wiki/forage\\_rotatif](https://fr.wiktionary.org/wiki/forage_rotatif)
- [18]. <https://www.massenzaforeuses.fr/forage-par-percussion/>
- [19]. <https://rural-water-supply.net/fr/implementation-french/drilling-wells-and-boreholes-french/355-le-forage-manuel>
- [20]. <https://forage.ooreka.fr/comprendre/forage-puits>
- [21]. [https://environnement.public.lu/fr/waasser/eau-potable/eau-potable-issue-de-l-eau-souterraine/captage\\_eau\\_souterraine.html](https://environnement.public.lu/fr/waasser/eau-potable/eau-potable-issue-de-l-eau-souterraine/captage_eau_souterraine.html)
- [22]. [https://sigescen.brgm.fr/Methodes-de-forage.html#:~:text=Marteau%20fond%20trou%20\(MFT\)%20%3A,recherche%20hydrog%C3%A9ologique%20en%20terrains%20durs.](https://sigescen.brgm.fr/Methodes-de-forage.html#:~:text=Marteau%20fond%20trou%20(MFT)%20%3A,recherche%20hydrog%C3%A9ologique%20en%20terrains%20durs.)
- [23]. <https://www.subterrea.fr/index.php/fr/societe/nos-moyens/techniques-destructives.html>
- [24]. [https://www.researchgate.net/profile/Bouselsal-Boualem/publication/333172998\\_FORAGE\\_D'EAU\\_Procedes\\_et\\_mesures/links/5cdede492851c4eaba97e25/FORAGE-DEAU-Procedes-et-mesures.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bouselsal-Boualem/publication/333172998_FORAGE_D'EAU_Procedes_et_mesures/links/5cdede492851c4eaba97e25/FORAGE-DEAU-Procedes-et-mesures.pdf)
- [25]. [http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/athamena\\_ali/files/chapitre\\_ii\\_techniques\\_de\\_forage\\_compressed.pdf](http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/athamena_ali/files/chapitre_ii_techniques_de_forage_compressed.pdf)
- [26]. REIFFSTECK, P. (2018). Forage et carottage dans les roches.
- [27]. <http://www.plastechplus.ca/nouvelles/augmenter-le-debit-de-votre-puits-artesien-66.aspx#:~:text=Un%20d%C3%A9bit%20de%20puits%20acceptable,gal%2Fmn%20pourrait%20%C3%AAtre%20suffisant.>

- [28]. <https://blog.saur.com/equipements-de-pompage-3-erreurs-a-eviter-et-leurs-solutions>
- [29]. <https://ihome.techinfus.com/vodosnabzhenie/kakie-truby-luchshe-ispolzovat-dlya-skvazhiny-na-vodu-pvx-nvpx-plastikovye-ili-stalnye/>
- [30]. <https://fr.scribd.com/document/392160451/Equipements-Des-Puits-Eruptifs-2>
- [31]. <https://www.cu-elbayadh.dz/ar/wp-content/uploads/2020/03/aep.pdf>
- [32]. <https://www.un-igrac.org/fr/areas-expertise/surveillance-des-eaux-souterraines>
- [33]. [acf\\_wash\\_-\\_eu\\_assainissement\\_et\\_hygiene\\_manuel\\_-\\_01-2007\\_-\\_fr.pdf](#)
- [34]. <https://theses.hal.science/tel-00193513/document>
- [37]. MANUEL BEDROCK Kit de sondage électrique et son application smartphone
- [38]. PDF : MESURE DE LA RESISTIVITE DU SOL : Résisté des sols
- [39]. [http://www.sfpt.fr/hyperspectral/?page\\_id=168](http://www.sfpt.fr/hyperspectral/?page_id=168)
- [40]. Chávez, B. V., & Bernal, A. S. (2008). Planning hydroelectric power plants with the public: a case of organizational and social learning in Mexico. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 26(3), 163-176.
- [41]. Van, T. N. (2015). Aménagements hydroélectriques et conséquences environnementales dans le nord du Vietnam (Doctoral dissertation, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II).
- [42]. [http://elearning.centre-univ-mila.dz/pluginfile.php/69029/mod\\_resource/content/1/chap4.pdf](http://elearning.centre-univ-mila.dz/pluginfile.php/69029/mod_resource/content/1/chap4.pdf)
- [43]. [https://www.territorial.fr/PAR\\_TPL\\_IDENTIFIANT/5617/TPL\\_CODE/TPL\\_OVN\\_CHAPITRE\\_FICHE/2700-consultation-le-guide-l-assainissement-des-collectivites.html](https://www.territorial.fr/PAR_TPL_IDENTIFIANT/5617/TPL_CODE/TPL_OVN_CHAPITRE_FICHE/2700-consultation-le-guide-l-assainissement-des-collectivites.html)
- [44]. [http://elearning.centre-univ-mila.dz/pluginfile.php/69029/mod\\_resource/content/1/chap4.pdf](http://elearning.centre-univ-mila.dz/pluginfile.php/69029/mod_resource/content/1/chap4.pdf)
- Article et livre:**
- [36]. REVISION DU PLAN DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME (P.D.A.U) DE LA CIMMUNE DE DAR YAGHMORACEN RAPPORT D'ORIENTATION ET REGLEMENT EDIRTION FINALE URBAT agence Oran septembre 2008
- Lien des photos :**
- [1]. <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eaux.souterraines.html>
- [2]. <https://charente-eaux.fr/eau-potable/du-captage-au-robinet/>
- [3]. <https://wikiwater.fr/E28-Les-divers-types-de-puits-et-de-forages-Generalites>
- [4]. <https://www.dsnsolar.com/solar-powered-pump/9kw-solar-panel-powered-5-5kw-ac-water-pump.html>
- [5]. [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQKiYoUfQKvGdWJGypSrZhXaXBIPq5msBgN72pYPXu\\_&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQKiYoUfQKvGdWJGypSrZhXaXBIPq5msBgN72pYPXu_&s)
- [6]. <https://cm.loozap.com/ads/de-leau-medicinale-et-therapeutique-en-vente-a-yaounde-zz/75640804.html>
- [7]. <https://cm.loozap.com/ads/de-leau-medicinale-et-therapeutique-en-vente-a-yaounde-zz/75640804.html>
- [8]. <https://lecarrefourdalgerie.dz/chlef-recensement-de-forages-puits-traditionnels-et-reseaux-dassainissement/>
- [9]. <https://www.gouttiere-expert.fr/puit-d-infiltration-110mm.html>
- [10]. [https://fr.made-in-china.com/co\\_hengshui-guangxing/product\\_Stainless-Steel-Water-Well-Casing\\_eohnhyeyy.html](https://fr.made-in-china.com/co_hengshui-guangxing/product_Stainless-Steel-Water-Well-Casing_eohnhyeyy.html)
- [11]. <http://www.made-in-algeria.com/annonce/vente-tube-en-pvc-pour-les-forage-deau-potable-637384450.html>
- [12]. <https://www.forumconstruire.com/construire/topic-300982-faire-un-puits-avec-buses-en-beton.php>
- [13]. <https://fr.depositphotos.com/stock-photos/usine-conditionnement.html>
- [14]. <https://foraloc.fr/produit/colonne-odex/>

# ANNEXES



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان-

## Business Model Canvas

### نموذج العامل التجاري

تاريخ الاداع :

المؤطر :

السم : لطفي

اللقب : بن عدة

الطالب :


السم : lasri - serhane

اللقب : charihen – rachid

رمز المشروع FT\_34 :

اسم المشروع SMART-HYDROMEDICALE :

السنة الجامعية : 2023/2022

**1- Value proposition :** 

valeur de notre appareil de capacités de sondage électrique et de détection géophysique pour l'identification des ressources en eau souterraine. Cela peut inclure une meilleure précision des mesures, une plus grande profondeur de détection, une identification des caractéristiques hydrogéologiques, une optimisation des forages,

2- شرائح العمال:

**2- Customer segments:**



les groupes de clients cibles pour notre appareil de sondage électrique et de détection géophysique pour les eaux. Cela peut inclure des entreprises de forage d'eau, des géologues, des entreprises de services environnementaux, des organismes gouvernementaux, etc.

3- العلاقات مع العمال:

**3- Customer relationships:** 

le type de relations que vous allez établir avec vos clients. Cela peut inclure un support technique, des services de formation, des services de consultation en interprétation des données, etc.

4- القنوات:

**4- Channels :** 



les canaux par lesquels nous allons commercialiser et distribuer votre appareil de sondage électrique et de détection géophysique. Cela peut inclure des ventes directes, des partenariats avec des distributeurs spécialisés, des collaborations avec des entreprises de forage d'eau, des ventes en ligne, etc.

5- الشركات الرئيسية

**5- Key partners:**



Identifiez les partenaires clés avec lesquels vous allez collaborer pour soutenir votre entreprise. Cela peut inclure des fabricants, des distributeurs, des entreprises de forage d'eau, des géologues, des organismes gouvernementaux, des instituts de recherche, etc.

6- الأنشطة الرئيسية:

**6- Key activities :**



les activités clés que notre entreprise devra entreprendre pour développer, commercialiser et entretenir votre appareil de sondage électrique et de détection géophysique. Cela peut inclure la recherche et le développement, la production, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la prestation de services de détection, la formation des utilisateurs, etc.

## 7-Key Activities:



## 7- الموارد الرئيسية:

les activités clés que notre entreprise devra entreprendre pour développer, commercialiser et entretenir votre appareil de sondage électrique et de détection géophysique. Cela peut inclure la recherche et le développement, la production, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la prestation de services de détection, la formation des utilisateurs, etc.

## 8-Cost structure:



## 8- هيكل التكاليف:










les coûts associés à la mise en place et au fonctionnement de notre entreprise. Cela peut inclure les coûts de développement, les coûts de fabrication, les coûts de marketing et de vente, les frais de personnel, les coûts de maintenance, etc

## 9-Revenue streams:



## 9- مصادر الإيرادات:

les différentes sources de revenus pour notre entreprise. Cela peut inclure la vente directe de l'appareil de sondage électrique et de détection géophysique, des contrats de prestation de services de détection, des contrats de formation, des contrats de maintenance, etc.

<p><b>Partenaires clés</b> </p> <p>les partenaires clés avec lesquels nous allons collaborer pour soutenir votre entreprise. Cela peut inclure des fabricants, des distributeurs, des entreprises de forage d'eau, des géologues, des organismes gouvernementaux, des instituts de recherche, etc.</p>	<p><b>Activités</b> </p> <p>les activités clés que notre entreprise devra entreprendre pour développer, commercialiser et entretenir votre appareil de sondage électrique et de détection géophysique. Cela peut inclure la recherche et le développement, la production, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la prestation de services de détection, la formation des utilisateurs, etc.</p>	<p><b>Propositions</b> </p> <p>la valeur de notre appareil en capacités de sondage électrique et de détection géophysique pour l'identification des ressources en eau souterraine. Cela peut inclure une meilleure précision des mesures, une plus grande profondeur de détection, une identification des caractéristiques hydrogéologiques, une optimisation des forages,</p>	<p><b>Relation</b> </p> <p>le type de relations que vous allez établir avec vos clients. Cela peut inclure un support technique, des services de formation, des services de consultation et d'interprétation des données, etc. </p>	<p><b>Clients</b> </p> <p>les groupes de clients cibles pour notre appareil de sondage électrique et de détection géophysique pour les eaux. Cela peut inclure des entreprises de forage d'eau, des géologues, des entreprises de services environnementaux, des organismes gouvernementaux, etc.</p>
	<p><b>Key Activities</b> </p> <p>les activités clés que notre entreprise devra entreprendre pour développer, commercialiser et entretenir votre appareil de sondage électrique et de détection géophysique. Cela peut inclure la recherche et le développement, la production, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la prestation de services de détection, la formation des utilisateurs, etc.</p>		<p><b>Canaux</b></p> <p>les canaux par lesquels nous allons commercialiser et distribuer votre appareil de sondage électrique et de détection géophysique. Cela peut inclure des ventes directes, des partenariats avec des distributeurs spécialisés, des collaborations avec des entreprises de forage d'eau, des ventes en ligne, etc.</p>	
<p><b>Coûts</b> </p> <p>les coûts associés à la mise en place et au fonctionnement de notre entreprise. Cela peut inclure les coûts de développement, les coûts de fabrication : 2 million</p> <p>les coûts de marketing et de vente, les frais de personnel, les coûts de maintenance, etc</p>		<p><b>Revenus</b> </p> <p>les différentes sources de revenus pour notre entreprise. Cela peut inclure la vente directe de l'appareil de sondage électrique et de détection géophysique, des contrats de prestation de services de détection, des contrats de formation, des contrats de maintenance, etc.</p>		

## Business Model Canvas