



Republique Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 02 Mohamed BENAHMED
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du

Diplôme de Master 2 en géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

Implantation et suivi hydrogéologique des travaux de forage
d'eau à la commune d'Ain Skhouna w-Saida

Présenté par :

M.GUERBOUZ Mouaad

Devant les membres du jury :

BOURSALI Toufik

ABLAOUI. Halima

SAFA Aissa

BOUABDELLI Sahraoui

MCA

MAA

Professeur

Magister

Président

Examineur

Encadreur

Co encadreur

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

Avant tout, je rends grâce à ALLAH, le tout puissant qui m'a guidé dans tout ce que j'ai entrepris.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mon encadreur Monsieur SAFA Aissa, pour ses précieux conseils, son aide, sa disponibilité, ses pertinentes remarques et ses encouragements tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier BOURSALI Toufik, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes sincères remerciements vont également à Mlle ABLAOUI. Halima, qui m'a fait grand honneur d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je tiens à remercier vivement le Directeur de l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH) de la wilaya de Saida mon Co-rapporteur M. BOUABDELLI Sahraoui et ses employés notamment M. SAIDI Z.

Mes sincères remerciements à M. RAHMANI N, le maire d'Ain Skhouna et les travailleurs de forage qui m'a aidé à m'adapter facilement

Je remercie mes parents et mes frères pour leur affection, leurs conseils et encouragements.

Je remercie aussi mes amis d'avoir été là lors de la réalisation de ce travail.

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, à tous ceux qui m'ont encadré, à tous ceux qui m'ont encouragé, à tous ceux qui m'ont accordé leur confiance, à tous ceux qui m'ont montré leur intérêt, à vous tous MERCI.

DEDICACE

Le fruit de l'effort et du succès, par sa grâce, je le dédie à mes honorables parents, que Dieu les préserve, les protège et leur donne une longue vie.

À la mémoire de mes chers parents

Aucune dédicace ne serait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

À mes frères Fettah, Badro, Oussama, Med Alla et Djalil.

À toute la généreuse famille qui m'a soutenue et continue à me soutenir.

Pour le Département d'Hydrogéologie et mes collègues (Younes, Hamza, Charef, Walid, saadia, Hiziya ,Houria, Soumia, Djahida, et Imen).

À mes amis proches qui ont partagé ces moments avec moi, que Dieu les bénisse et leur accorde le succès : Bahous, Houari, Yacine, Saleh, Sofiane, Aloula, Attalah,

Snoci, Walid et abdelghani.

Mouaad

Résumé :

L'objectif de ce travail est l'implantation et la réalisation d'un forage dans la région d'Ain Skhouna wilaya de Saida, la reconnaissance géologique et litho-stratigraphique des formations, aussi de connaître les horizons hydrogéologiques et de préciser la géométrie des niveaux aquifères.

Le travail est basé sur des données géologiques et Hydrogéologiques ainsi qu'une coupe hydrogéologiques prévisionnelle préétablie par nos soins.

La réalisation de ce forage a été exécutée en plusieurs étapes particulièrement le forage de reconnaissance, la diagraphie, l'examen des cuttings, les équipements de forage et les essais de pompage.

Les résultats obtenus montrent que le forage réalisé dans la région d'étude est caractérisé par un débit très important estimé à 37 l/s.

Mots clés : Débit, Implantation d'un forage, essais de pompage, cuttings, niveaux aquifères.

Abstract:

The purpose of this work is to implement and realize a drilling in the region of Ain Skhouna, Geological and lithostratigraphic knowledge of formations. Know the hydrogeological horizons and specify the geometry of the aquifer levels.

The work is based on geological and hydrogeological data as well as a predictive hydrogeological section established by us.

Drilling has been developed through several stages of drilling (reconnaissance drilling, logging, examination of cuttings, drilling equipment and pumping tests).

The results obtained show that this drilling in the study area is characterized by a very high flow rate of 37 l/s.

Keywords: Flow, Implantation of drilling, pumping tests, cuttings, aquifer levels.

Table des matières

Remerciements

Dedicas

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale..... 1

Chapitre I Considération Générale

I. Cadre géographique de la wilaya de Saida 3

I.2 Cadre géographique de la région d'étude..... 3

II. Cadre géologique 4

II.1. Introduction 4

II.2. Description lithostratigraphique 4

II.2.1. Socle Hercynien..... 4

II.2.1. Période triasique : série saline triasique 4

II.2.2. Lias et Infralias 5

II.2.3. Aaléno-Bathonien 5

II.2.4. Callovien – oxfordien 5

II.2.5. Lusitanien 6

II.2.6. Kimméridgien 6

II.2.7. Portlandien et couches de passage au crétacé..... 6

II.2.8. Crétacé inférieur et moyen continental (barremo-albien) 6

II.2.9. Cénomaniens et Turonien 7

II.2.10. Sénonien 7

II.2.11. Tertiaire continental (tc) 7

II.3. Structure Tectonique..... 10

III. Cadre Hydrogéologique 12

III.1. Formations aquifères 12

III.1.1. Dolomies Aaléno-bathoniennes..... 12

III.1.2. Grès barremo-albiens 13

III.1.3. Remplissage du tertiaire continental 13

III.2. Paramètres hydrodynamiques..... 13

III.3. Alimentation de la nappe de l'aaléno-bathonien 14

III.3.1. Recharge pluviométrique..... 14

III.3.2. Évapotranspiration..... 15

III.3.3. Évaluation de la recharge pluviométrique 16

III.4. Interaction entre nappes.....	17
III.5. Réseau Hydrographique	17
IV. Aperçu géomorphologique :	18
V. Hydrochimie.....	19
V.1. Chimie des eaux de la nappe de l'aaleno-bathonien.....	19
V.2. Chimie des eaux de la nappe du barremo-albien.....	20
V.3. Chimie des eaux de la nappe du tertiaire continental	20
VI. Conclusion	21

Chapitre II Réalisation de forage

I. Introduction.....	23
I.1 Appareil de forage.....	23
I.2 Description de la machine.....	23
II. Phase implantation.....	24
II.1 Prospection géophysique	24
II.2 Implantation du forage.....	24
III. Phase installation.....	25
III.1. Installation du chantier	25
III.2 La garniture du forage et les outils.....	26
IV. Construction de la plateforme	27
V. Construction des bassins et rigoles.....	27
VI. Phase avant puits.....	28
VI.1 Tube guide.....	28
VII. Phase forage.....	30
VII.1. Reconnaissance.....	30
VII.2. Enregistrement des diagraphies ou carottage électrique	33
VII.3. Essai de nappe.....	34
VIII. Conclusion.....	34

Chapitre III Équipement de forage

I. Introduction.....	36
II. L'équipement de forage.....	36
II.1. Chambre de pompage	36
II.2 Colonne de captage.....	37
III. Massif filtrant (gravier additionnel)	38
III.1. Quantité nécessaire de gravier additionnel.....	38
III.2. Mise en place du gravier additionnel.....	39
IV. Le développement.....	39

IV.1 Développement a l'Air lift	40
IV.2. Traitement à l'hexamétaphosphate.....	40
IV.3. Développement par pompage.....	40
V. Conclusion.....	41

Chapitre IV Exploitation du forage

I. Introduction.....	43
II. Essai de pompage	43
II.1. Définition et but.....	43
II.2. Caractéristique de la pompe utilisée	43
II.3. Essai de pompage de longue durée.....	43
II. Analyse chimique	46
II.1. Type de faciès de l'eau	46
II.2. Présentation graphique des analyses.....	48
III. Conclusion.....	50

Chapitre V Les périmètres de protection

I. Introduction.....	52
II. Vulnérabilité à la pollution.....	52
III. La Pollution.....	52
IV. Méthode utilisée pour le dimensionnement des zones de protection.....	53
IV.1. Critères de détermination des zones de protection.....	53
V. Temps de transfert.....	54
V.1. Détermination des temps de transfert (par calcul).....	54
V.2. Méthodes de calcul de l'isochrone 50 j	55
V.2.1. Sauty et Thiery	55
V.2.2. Hofmann et Lillich	55
V.2.3. Wyssling.....	55
VI. Les périmètres de protection des champs de captage des eaux souterraines	56
VII. Les différents types de périmètres de protection.....	57
VII.1. Évolution de la législation	57
VIII. Objectif de la Protection du champ captant d'Ain Skhouna	59
VIII.1. Zone de protection immédiate	59
VIII.2. Zone de protection rapprochée	59
VIII.3. Zone de protection éloignée	59
IX. Conclusion	60
Conclusion Générale	61
Références bibliographiques	63

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la wilaya de Saïda.....	3
Figure 2 : Localisation de la région d'étude.....	4
Figure 3 : Carte géologique du bassin versant Chott Ech Chergui(Cornet et al, 1952, modifié).....	9
Figure 4 : Localisation des stations pluviométriques et aires de recharge de la nappe de l'aaléno-bathonien-sénonien	14
Figure 5 : Pluviométrie mensuelle sur l'ensemble du bassin.....	15
Figure 6 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle (histogramme) et de la température (courbe) (ANRH, 2002)	16
Figure 7 : Coupe schématique montrant les liaisons hydrologiques possibles entre les divers niveaux (Clair, 1956).....	17
Figure 8 : Carte de la répartition des résidus secs de l'aquifère aaléno-bathonien	20
Figure 9 : schéma d'un forage rotary	23
Figure 10 : localisation de forage.....	24
Figure 11 : L'appareil de forage rotary sur le site.....	25
Figure 12 : Les tiges	26
Figure 13 : Le trépan.....	26
Figure 14 : les bassins et les rigoles (sur chantier).....	28
Figure 15 : Cimentation d'une colonne de tubage (Source : Le forage d'eau A. Mabillot) ..	30
Figure 16 : cuttings.....	31
Figure 17 : Coupe lithologique du forage d'Ain Skhouna.....	32
Figure 18 : Tubes pleins (sur site).....	36
Figure 19 : Tubes crépines pvc	37
Figure 20 : Tubes pleins & sabot	37
Figure 21 : La courbe de la descente.....	45
Figure 22 : La courbe de la remontée	45
Figure 23 : diagramme de Piper de forage d'eau d'Ain Skhouna.....	48
Figure 24 : diagramme de Schoeller — Berkaloff de forage d'eau d'Ain Skhouna	49
Figure 25 : Détermination des isochrones (Méthode Wyssling) (1987).....	56
Figure 26 : Délimitation des périmètres de protection de captage d'eau.....	58
Figure 27 : Délimitation des périmètres de protection de captage d'eau d'Ain Skhouna.....	60

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées du point d'eau de forage d'Ain Skhouna	24
Tableau 2 : Donnée de la remontée.....	44
Tableau 3 : Les résultats des analyses physico-chimiques d'eau (ANRH 2022)	46
Tableau 4 : Classe de la conductivité d'eau	47

Introduction Générale

De plus en plus de ressources en eaux souterraines sont nécessaires pour répondre à la demande croissante en eau dans divers domaines (alimentation en eau potable, irrigation, industrie, ...etc.). Cependant, ces ressources en eaux souterraines sont menacées par plusieurs facteurs liés à la mauvaise gestion agricole, à la surexploitation et à l'utilisation intensive d'engrais chimiques et de pesticides (milieu anthropique).

Compte tenu du développement socioéconomique, d'une part, et de la forte pression démographique et urbaine, d'autre part, les besoins en eaux continuent d'augmenter.

Le but de notre travail est d'étudier et de surveiller la réalisation d'un forage d'eau implanté dans la zone d'Ain Skhouna (wilaya de Saida).

La réalisation de ce forage fait partie du plan de développement communal, permettant l'alimentation d'un complexe touristique contenant d'une pisciculture près de ce forage.

Ce travail est structuré en cinq chapitres, le premier chapitre présente le secteur d'étude, un aperçu géologique, l'hydrochimie et l'hydrogéologie, ensuite un second chapitre qui décrit l'appareil de forage ou la sondeuse. Le troisième chapitre traite le déroulement des travaux de fonçage, un quatrième chapitre ou nous allons réaliser une étude hydraulique des différents forages d'eau, ensuite un cinquième chapitre traitant le dimensionnement des périmètres de protection, et enfin une conclusion générale.

Chapitre I

Considération Générale

I. Cadre géographique de la wilaya de Saida

Saïda est le chef-lieu d'une wilaya de 330 641 habitants composée de 16 communes regroupées en 06 daïras et d'une superficie de 6 631 Km². Elle occupe une position centrale dans l'Ouest de l'Algérie, elle est limitée :

- Au Nord, la wilaya de Mascara,
- Au Sud, la wilaya d'El Bayadh,
- À l'Ouest, la wilaya de Sidi Bel Abbès,
- À l'Est, la wilaya de Tiaret.

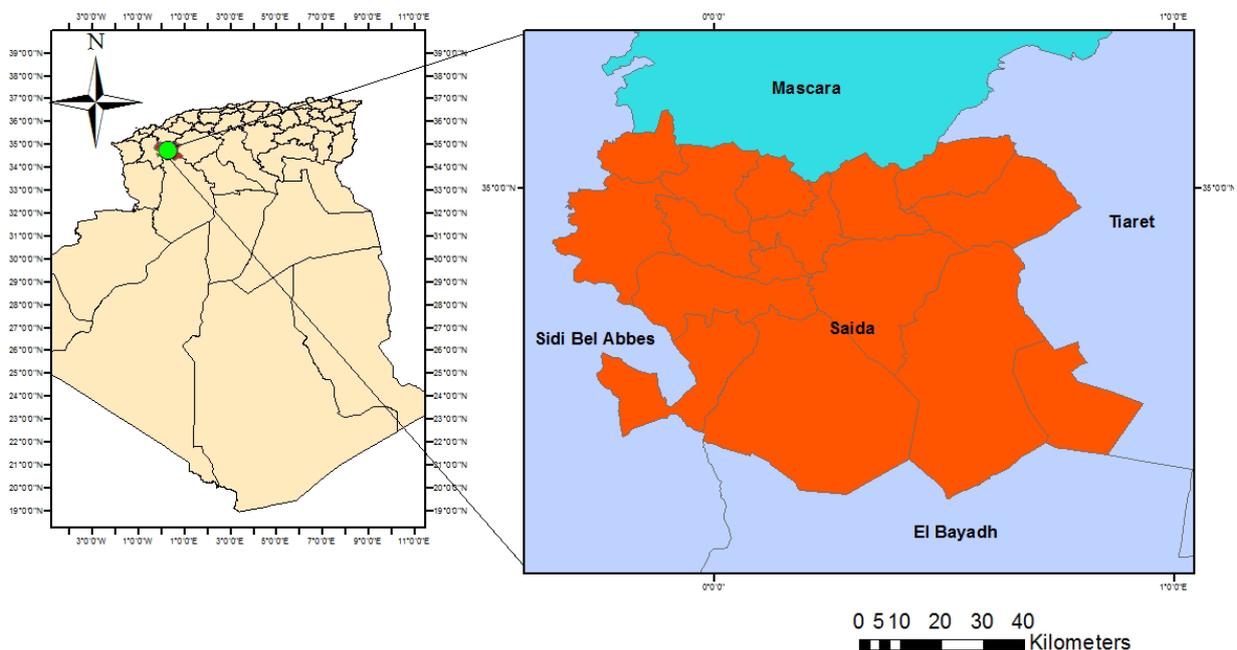


Figure 1 : Localisation de la wilaya de Saïda

I.2 Cadre géographique de la région d'étude

Notre périmètre d'étude est représenté par l'espace communal d'Ain Skhouna, un maillon des hautes plaines steppiques sud oranaises, distante de 70 km au sud de la ville de Saïda, constituant la pointe nord-ouest du Chott Chergui, La région d'Ain Skouna est limitée :

- Au Nord, la commune de Madna wilaya de Tiaret,
- Au Sud, la commune de Rogassa wilaya de el Bayadh,
- À l'Ouest, la commune de el Maamora,
- À l'Est, les communes de sidi Abderahmane wilaya de Tiaret.

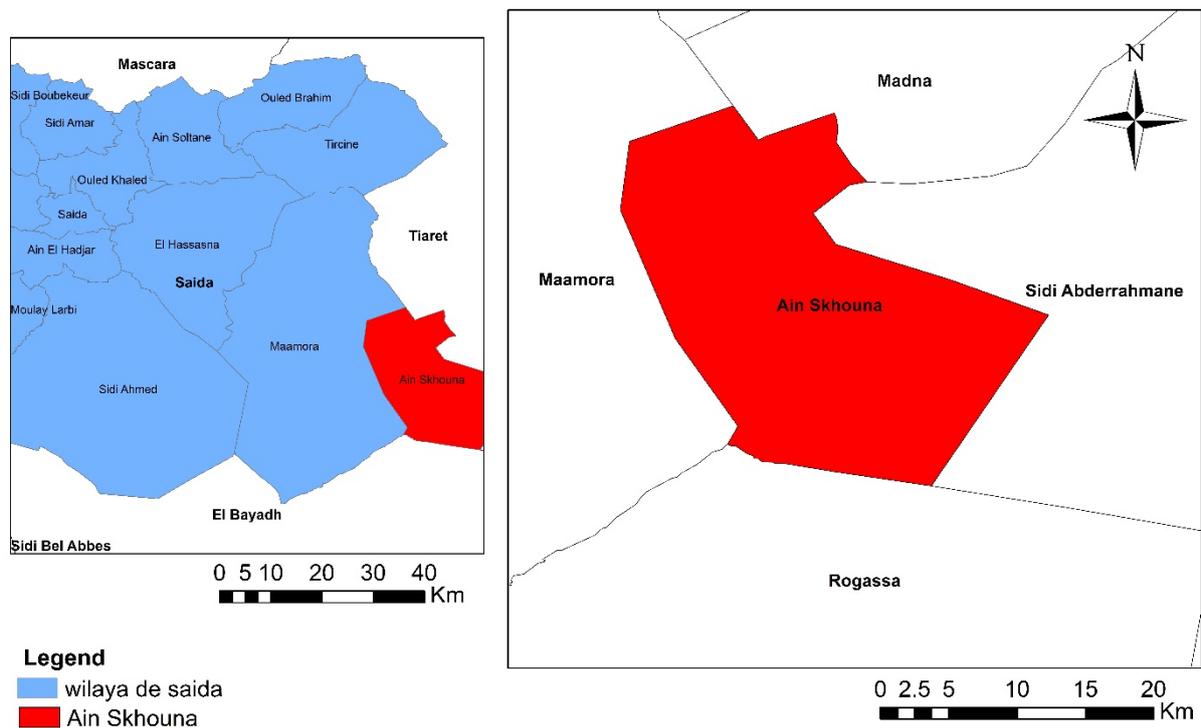


Figure 2 : Localisation de la région d'étude

II. Cadre géologique

II.1. Introduction

La géologie du Chott Chergui a été étudiée de façon approfondie par André CLAIR (Étude hydrogéologique du Chott Chergui, 1956). Les paragraphes suivants s'appuient particulièrement sur cette étude.

II.2. Description lithostratigraphique

II.2.1. Socle Hercynien

Le socle granitique hercynien a été atteint à la cote 187, soit une profondeur de 810 m, par un seul sondage (F34) situé au SW de l'Île de Skhouna. Il est surmonté en ce point par la série saline coupée d'un niveau de basalte à sa base.

II.2.1. Période triasique : série saline triasique

Dans la région de l'Aïn Skhouna, plusieurs sondages ont recoupé une série saline alternant avec des argiles gréseuses bigarrées, à la base de laquelle s'intercale un niveau de

basalte. Cette série d'origine continentale et lagunaire, est à rattacher au Lias et au Trias.

Cette série est formée de près de 250 m de chlorure de sodium, souvent cristallisé, intercalé d'argiles rouges briques sableuses ; elle est recoupée par 25 m de basalte, et est surmontée de 50 m de gypse et d'anhydrite massifs ou en filonnets dans des argiles gréseuses grises. Au nord du bassin, cette formation saline disparaît, faisant place à des argiles rouges brique à gypse.

Période jurassique

II.2.2. Lias et Infralias

Dans la région d'Aïn Skhouna, le Lias marin est représenté par 130 m de dolomies bréchiques surmontées par plus de 110 m d'argile grise ou violette à intercalations dolomitiques.

Au sud, on retrouve le Lias supérieur calcaréo-marneux dans la chaîne de l'Antar-Guetar où il affleure sous les dolomies de l'Aaléno-Bathonien.

II.2.3. Aaléno-Bathonien

Au nord, l'Aaléno-bathonien a été recoupé par de nombreux sondages. Il est constitué de :

- 120 à 150 m de dolomies de base,
- 150 à 200 m d'alternances où l'on rencontre des niveaux gypseux et des niveaux argileux d'une épaisseur de l'ordre de 20 m.

L'Aaléno-bathonien s'enfonce rapidement au sud du chott et n'est plus visible en bordure de l'Atlas saharien.

Par contre au sud-ouest, près de Méchéria, l'Aaléno-bathonien affleure largement dans la chaîne de l'Antar – Guetar où il est essentiellement dolomitique et a plusieurs centaines de mètre d'épaisseur. Au sud et au sud-est de Méchéria, ces dolomies passent latéralement à une série schisto-gréseuse et calcaréo-marneuse très puissante (1000 à 1500 m).

II.2.4. Callovien – oxfordien

Au nord dans l'axe des Monts de Saïda, le Callovo-oxfordien débute par des grès roux qui reposent sur une surface souvent rubéfiées de dolomies ou de calcaires du sommet de l'Aaléno- bathonien. Il est constitué par 250 m d'argiles verdâtres schisteuses à intercalations de grès.

À l'est, le niveau gréseux de base prend plus d'importance.

Sur le flanc sud des Monts de Saïda, le Callovo-oxfordien redevient essentiellement argileux et gris vert tandis que son épaisseur croît notablement : les sondages H17 et F33 à 30

km à l'Est de l'A.Skhouna, ont traversé plus de 700 m d'argile souvent schisteuses à rare niveaux gréseux du Callovo-oxfordien.

II.2.5. Lusitanien

Le Lusitanien, formé au nord par des argiles et des grès en petits bancs, est essentiellement argileux dans l'axe du chott où il atteint plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

Cette série semble devenir progressivement plus gréseuse vers le sud où le sondage H19 a traversé 100 m de grès tendres à délits argileux, très aquifères.

II.2.6. Kimméridgien

Erodé au niveau des Monts de Saïda, le Kimméridgien a été retrouvé dans l'axe du chott au niveau du forage F27 (82 km à l'est-nord-est de l'Aïn Skhouna) sous forme d'argiles rouges à violettes à passées dolomitiques.

Au sud, dans l'Atlas saharien, il est représenté par des calcaires à faciès récifal dont l'épaisseur très variable peut atteindre 100 m. Vers l'ouest, il se termine en biseau dans la série gréseuse du Jurassique Supérieur.

II.2.7. Portlandien et couches de passage au crétacé

À l'est du chott, le Portlandien, constitué de calcaires blancs à passages marneux (250 m), a été recoupé par le forage F27, Au sud, le passage du Jurassique vers le Crétacé se fait par l'intermédiaire de 500 m de grès comprenant le Portlandien et une partie du Crétacé inférieur. Ces couches de passage ont été rencontrées sur une épaisseur de 426 m sur le forage H23 (62 km à l'ouest de l'Aïn Skhouna).

Dans la partie nord du bassin du Chott, le Crétacé inférieur et moyen n'est pas représenté et le Crétacé supérieur est transgressif sur les différents termes du Jurassique.

A sud, au-dessus de la série gréseuse de passage du Jurassique au Crétacé, on rencontre 500 m de calcaires marneux à lumachelles et marnes à gypses, surmontés par 150 m de grès à bois silicifiés : c'est le Valanginien dont l'épaisseur croît notablement du nord vers le sud.

L'Hauterivien est formé par des argiles à gypse recouvertes d'un banc de calcaires à huîtres ; il a été atteint sur le forage H11 (38 km à l'est-sud-est de l'Aïn Skhouna) où il a 120 m de puissance, et sur le forage H15 (50 km au sud-est de l'Aïn Skhouna) où son épaisseur atteint plus de 340 m à la bordure sud de la dépression.

Période crétacé

II.2.8. Crétacé inférieur et moyen continental (barremo-albien)

Le Barrémo-albien est représenté par des grès continentaux roux, parfois argileux, à

niveaux plus grossiers (grès à dragées), très développés au sud de l'Atlas saharien où leur épaisseur peut dépasser 2000 m. Ces grès qui affleurent encore largement au sud des Menidjel et au dôme d'Alfaville, se termine en biseau en bordure sud du chott.

Ils ont été traversés sur 50 m par le sondage H22 (56 km au Sud/Sud-Est de l'Aïn Skhouna) et sur 35 m par le sondage H24 (60 km à l'Est/Sud-Est de l'Aïn Skhouna).

II.2.9. Cénomaniens et Turonien

Le Cénomaniens et le Turonien ne sont pas connus dans la partie nord du bassin du chott, tandis qu'au sud dans l'Atlas saharien, ils sont représentés par des argiles et des marnes vertes ou rouges gypseuses (125 m au sondage H22) surmontées par un niveau calcaréo-dolomitique blanc (125 m au sondage H22). Le niveau calcaréo dolomitique est attribué au Turonien, son épaisseur est relativement constante.

II.2.10. Sénonien

Le Sénonien qui affleure sous forme de lambeaux au nord-est de l'Aïn Skhouna, est constitué par des calcaires blancs parfois oolithiques ou crayeux. A la base, ces calcaires deviennent brèchiques à délit argileux et peuvent montrer des intercalations de poudingues. Les calcaires Sénonien sont transgressifs et discordants sur le Jurassique moyen (Aaléno-bathonien, Callovo-oxfordien ou Lusitanien) et deviennent plus argileux au nord-est d'Aïn Kermes.

Ces calcaires ont été recoupés par la majorité de forages effectués dans la région d'Aïn Skhouna où ils forment une lentille très altérée à sa partie supérieure, puissante d'une centaine de mètres en contact direct avec les dolomies de l'Aaléno-bathonien.

Ère Cénozoïque

II.2.11. Tertiaire continental (tc)

La dépression du chott est comblée par le remplissage tertiaire continental formé par des argiles briques souvent sableuses et gypseuses, où s'intercalent plusieurs niveaux de calcaires lacustres souvent siliceux et des niveaux de graviers et de galets plus ou moins lenticulaires.

Dans cet ensemble qui peut atteindre une épaisseur de 350 m, on peut distinguer à la base une zone où les marnes et les calcaires lacustres sont plus nombreux et tectonisés (avec des pendages pouvant atteindre 30 ou 45°). Au-dessus de ce remplissage ancien tectonisé, le remplissage « mio-pliocène » est plus argileux, souvent moins gypseux à niveaux lacustres plus rares, peu ou pas déformés.

À son extrême base, le remplissage tertiaire continental remaniant le substratum jurassique

ou crétacé, montre un niveau grossier d'autant plus important que le substrat est formé de calcaires ou de dolomies. Ce niveau grossier de base formé d'éléments peu roulés plus ou moins colmatés par des argiles, atteint une épaisseur de 30 à 40 m au dessus des calcaires sénoniens dans la région d'Aïn Skhouna, mais se réduit à un petit niveau graveleux au dessus de la série argileuse du Callovo-oxfordien.

La surface subtabulaire du remplissage tertiaire continental est recouverte par une carapace calcaire, constituée par des calcaires lacustres blancs, rosés ou ocrés. Ces calcaires ont une puissance de 10 à 20 m en bordure du chott. Avec ses alternances de calcaires lacustres et d'encroûtements, la carapace calcaire s'est vraisemblablement formée au cours du Pliocène supérieur ou au Quaternaire ancien.

Postérieurement à la formation de la carapace calcaire, se sont constituées en bordure du chott ou des grandes dépressions, plusieurs terrasses quaternaires dont la plus ancienne située 45 à 55 m au-dessus du chott, est encroûtée en surface et largement présente.

Des alluvions limoneuses ou finement sableuses recouvrent souvent en faible épaisseur la carapace calcaire, et sont bien développées le long des vallées et dans les daïas (grandes dépressions) parsemant la carapace calcaire.

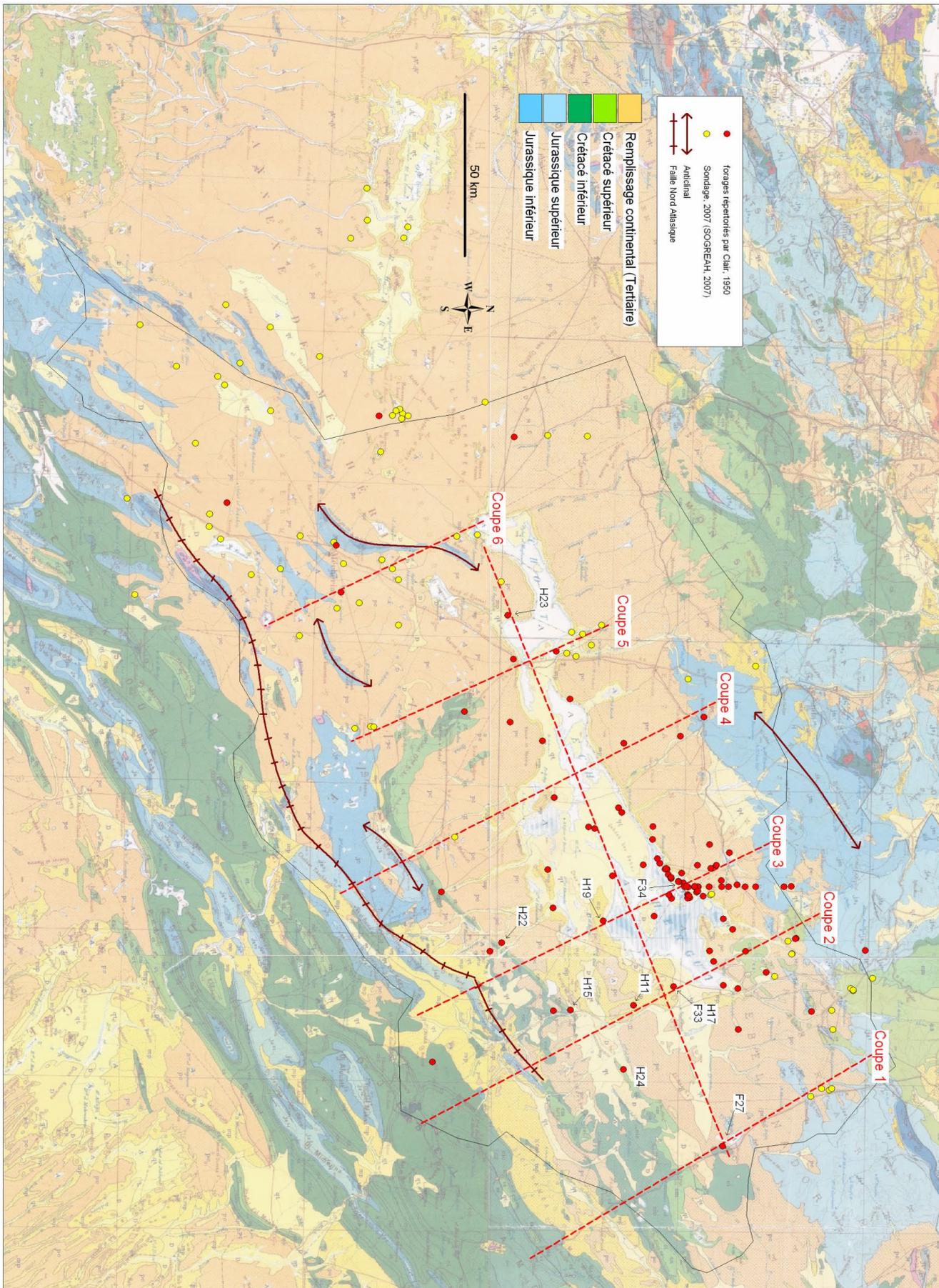


Figure 3: Carte géologique du bassin versant Chott Ech Chergui (Cornet et al, 1952, modifié).

II.3. Cadre Tectonique

Le bassin du chott Chergui est formé par un grand synclinal dissymétrique orienté de l'ouest-sud-ouest vers l'est-nord-est, dont l'axe se situe très au sud, à la bordure des derniers affleurements de l'Atlas Saharien.

L'axe de ce synclinal (voir coupe longitudinale de la dépression du Chott Chergui) présente un « point haut » au niveau des Monts de Méchéria, il reste ensuite sensiblement horizontal dans la partie centrale de la dépression, puis s'abaisse au niveau de la bordure orientale.

Le flanc nord de ce synclinal (voir coupes transversales) prolonge en pente douce le flanc sud de l'anticlinal des Monts de Saïda. Quelques failles ont pu être relevées sur les affleurements de bordure de la dépression, par contre elles sont masquées par les atterrissements en bordure du chott. Selon Alain Clair, rien n'autoriserait à tracer une grande faille passant par le Kreider, Aïn Skhouna et Aïn Saouss, souvent invoquée pour expliquer facilement l'alignement des plus grosses résurgences de la bordure nord du chott.

Le flanc nord du synclinal est marqué par des petites rides anticlinales de direction parallèle à l'ensemble de la dépression, rides qui, au nord-est du chott, sont soulignées par des affleurements jurassiques ou sénoniens, et qui, sous les atterrissements sont souvent recouvertes par des lambeaux de calcaires sénoniens épargnés par l'érosion.

Au sud du chott, le flanc nord du synclinal est affecté par deux accidents :

- Les Monts de Méchéria à l'ouest formant un anticlinal coffré de direction sud-ouest / nord-est ou même nord / sud, souligné à sa bordure occidentale par des failles importantes,
- Le dôme d'Alfavielle au sud-est du Kheiter, dôme surbaissé mais marqué par des affleurements crétacés.

Le flanc sud du synclinal, au contraire, se relève brusquement et est recoupé par une série de failles dont la plus importante peut avoir un rejet supérieur à 1000 m. Elles constituent le grand accident nord-atlasique très marqué au sud et au sud-ouest, mais s'atténuant vers le sud-est et qui limite la structure typique de l'Atlas saharien.

Au nord de la dépression affleurent le Jurassique des Monts de Saïda, les différents termes du Crétacé à l'ouest en bordure des Monts de Daïa, et le Jurassique supérieur et le Sénonien transgressif à l'est en bordure des Monts de Frenda.

Au sud de la dépression affleurent le Jurassique supérieur et le Crétacé en bordure nord de l'Atlas saharien, prolongés par les affleurements crétacés du dôme d'Alfaville et les affleurements jurassiques des Monts de Méchéria.

Entre ces deux zones d'affleurements, la partie centrale de la dépression est formée par le remplissage tertiaire continental qui, du nord au sud, recouvre successivement les différents termes du Jurassique et du Crétacé. Le Sénonien transgressif se retrouve seulement dans la partie Nord et Nord-Est de la dépression où il repose sur le Jurassique moyen et supérieur.

L'ensemble des atterrissements, recouverts par la carapace calcaire ou par les terrasses récentes en bordure du chott, a une pente douce vers le centre de la dépression occupée par le chott, ou, au nord des Guenatis, vers le Daïet ez Zraguet qui topographiquement semble former un petit bassin indépendant de celui du chott Chergui.

Coupé, en partie tout au moins à l'ouest, par les Monts de Méchéria, le synclinal du chott Chergui, dont le bassin géographique est imprécis, est donc d'un point de vue géologique, largement ouvert à chacune de ses extrémités à l'ouest, vers chott Rharbi, et à l'est vers le bassin du haut Chélif, tandis qu'au nord et au sud le relèvement des flancs du synclinal forme une fermeture plus apparente que réelle.

III. Cadre Hydrogéologique

Le bassin du chott chergui comporte plusieurs aquifères à lithologie très variable, entraînant des différences de perméabilité de formation.

III.1. Formations aquifères

D'après les connaissances géologiques, on peut distinguer 3 principales formations aquifères au sein du bassin du Chott Chergui :

- L'aquifère aaléno-bathonien, formations affleurant au Nord du bassin
- L'aquifère barrémo-albien, formations affleurant au Sud du bassin
- L'aquifère tertiaire.

La présence de plusieurs sources artésiennes dans le bassin indique un potentiel aquifère important, lié au réservoir Aaléno Bathonien où se trouve le plus grand réservoir de la région.

III.1.1. Dolomies Aaléno-bathoniennes

La formation dolomitique de l'Aaléno-bathonien représente l'aquifère le plus important du bassin du Chott Chergui.

Cet aquifère, d'une épaisseur moyenne de 200 à 400 m, repose sur les formations imperméables du Toarcien. Ses limites hydrogéologiques sont facilement identifiables au nord et au sud du bassin mais plus difficile à définir sur les bordures ouest et est, où la formation aaléno-bathonienne n'affleure pas.

Les dolomies sont recouvertes soit par les formations argilo-gréseuses du Jurassique supérieur ou en contact direct avec la formation argileuse du Tertiaire continental. Localement, les calcaires sénoniens, existant sous forme de lentilles au nord-est du bassin, sont transgressifs sur l'Aaléno-bathonien. Cette formation fortement perméable représente un drain naturel de la nappe du Jurassique moyen. La source d'Aïn Skhouna représente un exutoire naturel de cet aquifère.

La perméabilité de cet aquifère est variable : importante au nord avec le faciès dolomitique et moins perméables au sud, le long de l'Atlas saharien, où le faciès devient essentiellement schisto-gréseux.

L'aquifère de l'Aaléno-Bathonien est alimenté à partir des affleurements :

- De la bordure sud des monts de Saïda (1 000 km² environ),

- Des monts de Méchéria (260 à 350 km²),
- Des affleurements sénoniens (300 à 400 km²).

Les principales sorties de l'aquifère sont :

- Les prélèvements anthropiques,
- Les sources,
- Le déversement d'une partie des eaux souterraines vers le Nord dans le secteur des Guenatis.

III.1.2. Grès barremo-albiens

La formation gréseuse du Barrémo-Albien représente une formation aquifère et repose en général sur les argiles du Crétacé inférieur. Cette formation affleure très largement à la bordure nord de l'Atlas saharien et se termine en biseau vers le nord. L'aquifère du Barrémo-Albien affleure au cœur du dôme d'Alfaville et au sud de la chaîne de Menidjel. La perméabilité de cette formation est très variable (présence de nombreux niveaux argileux).

III.1.3. Remplissage du tertiaire continental

Les niveaux grossiers de la base du Tertiaire continental constituent le faciès le plus perméable du remplissage continental. Cette nappe n'a qu'une extension limitée. Dans le secteur Alfaville, le remplissage tertiaire, plus sableux, est en contact direct avec la formation du Crétacé. Les sources du Kheiter et de Sfisifa, à l'ouest du bassin, sont alimentées par cet aquifère.

III.2. Paramètres hydrodynamiques

Les caractéristiques hydrodynamiques des terrains permettent d'évaluer d'une part, leur 'facilité' à laisser l'eau circuler lorsqu'ils sont soumis à un gradient de charge hydraulique, et d'autre part, leur capacité à emmagasiner de l'eau.

Les paramètres qui décrivent ces caractéristiques sont respectivement la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement :

- La transmissivité représente la capacité d'un matériau à laisser circuler l'eau souterraine. Il s'exprime en m²/s et est fonction du coefficient de perméabilité et de l'épaisseur mouillée de l'aquifère.

- Le coefficient d'emmagasinement représente la capacité d'un aquifère à libérer l'eau sous l'effet d'un abaissement de la charge hydraulique.

III.3. Alimentation de la nappe de l'aaléno-bathonien

L'alimentation de la nappe de l'Aaléno-Bathonien se fait au niveau des principaux affleurements. Les apports sont de différents types :

- Recharge par les précipitations en surface,
- Apports des différents aquifères sous-jacents,
- Apports par le réseau hydrographique.

III.3.1. Recharge pluviométrique

Pluviométrie

Variation mensuelle

D'après la carte pluviométrique de l'Algérie du nord établie par l'ANRH (période 1922/1960-1969- 1989), la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 250 mm sur le bassin du Chott Chergui. Cette valeur est caractéristique d'un climat semi-aride.

Nous disposons de 3 stations pluviométriques réparties du nord au sud du bassin avec des chroniques pluviométriques mensuelles (Figure 5).

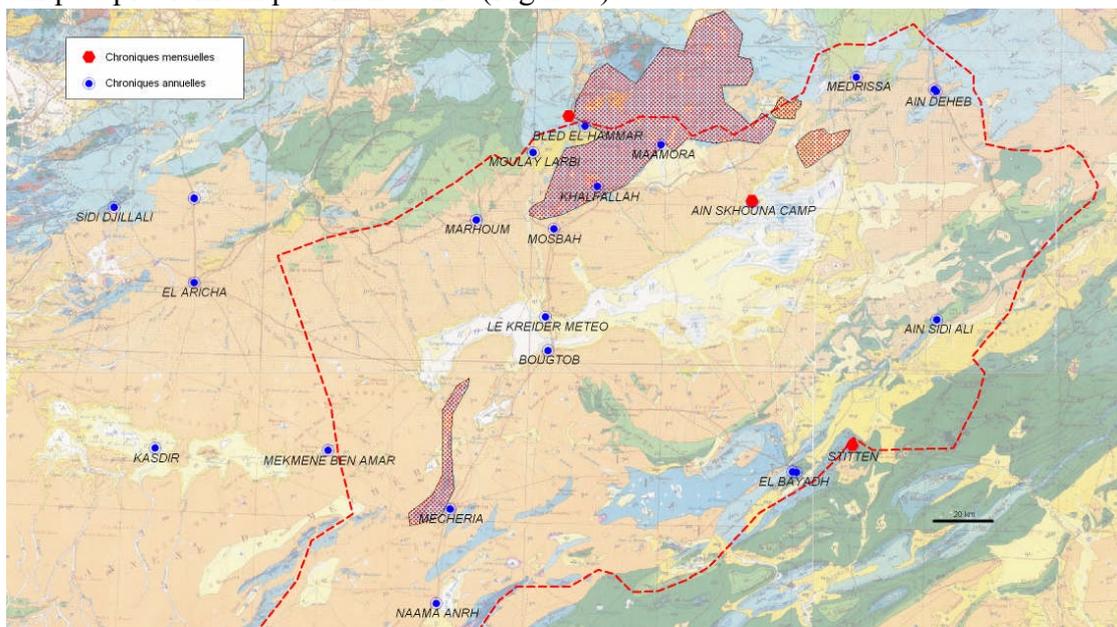


Figure 4 : Localisation des stations pluviométriques et aires de recharge de la nappe de l'aaléno-bathonien-sénonien

Pour l'ensemble du bassin, la répartition des pluies est divisée en 2 périodes : la saison sèche de juin à septembre et la saison humide le reste de l'année (Figure 6). À l'échelle du bassin, on observe un décalage de l'ordre de 10 mm / mois pendant la saison humide entre la station de Saïda, au nord, et celle d'El Bayadh, au sud.

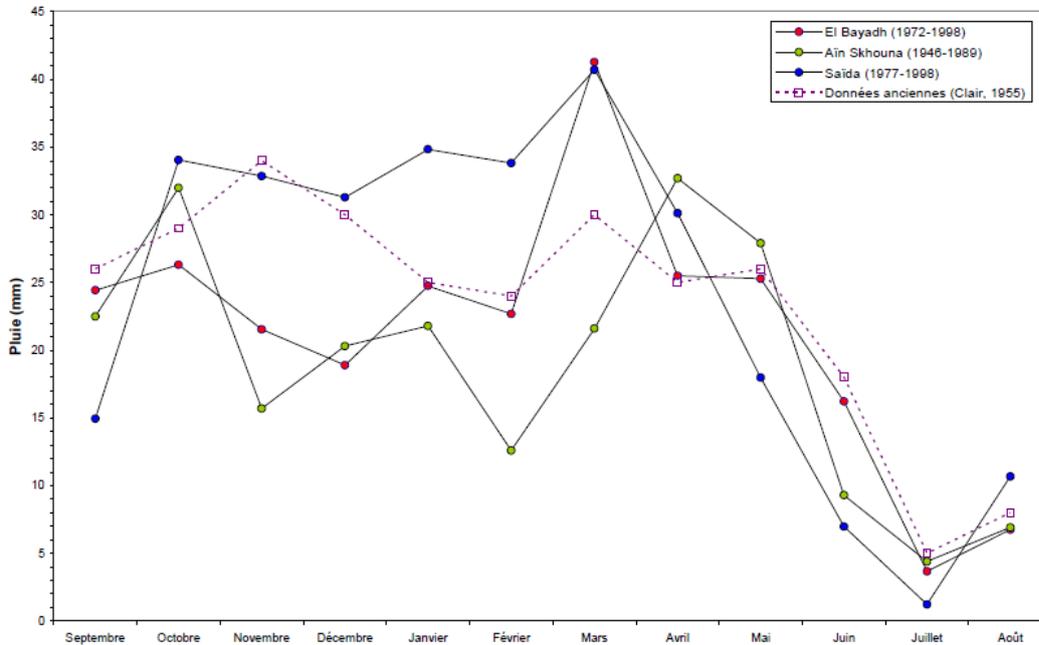


Figure 5 : Pluviométrie mensuelle sur l'ensemble du bassin

III.3.2. Évapotranspiration

Évaporation

L'évaporation moyenne annuelle d'une nappe d'eau libre a été estimée à 1600 mm à l'aide d'un bac type Colorado (données 1949-1950).

Évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle, ETP, équivaut à la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol et la transpiration de la végétation d'une région donnée pendant le temps considéré. Elle s'exprime en hauteur d'eau.

D'après l'Atlas établi par l'ANRH en 2002, l'évapotranspiration potentielle sur le bassin du Chott Chergui est de l'ordre de 1500 mm/an. D'après la Figure 7, l'évapotranspiration est la plus élevée pendant la saison sèche lorsque la pluviométrie est la plus faible et la température la plus élevée.

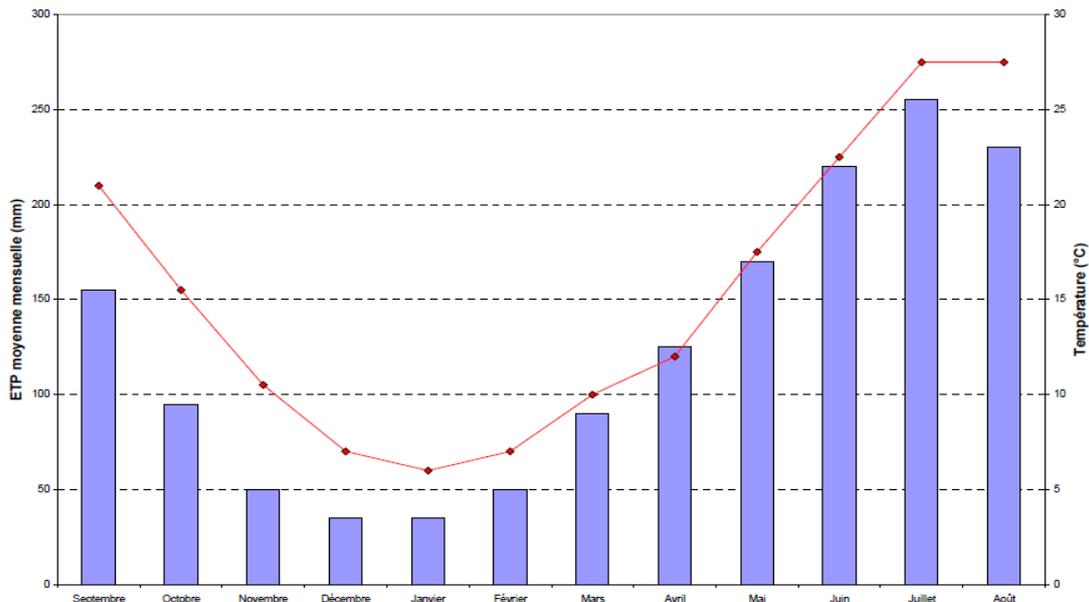


Figure 6 : Évolution de l'évapotranspiration potentielle (histogramme) et de la température (courbe) (ANRH, 2002).

Évapotranspiration réelle

L'évapotranspiration réelle, ETR, équivaut à la lame d'eau effectivement évapotranspirée par le sol et son couvert végétatif, en fonction des données climatiques (ETP), du couvert végétal et de ses besoins (kc), de la quantité d'eau contenue dans les sols (RU).

L'évapotranspiration réelle a été mesurée sur le terrain à l'aide de verrières placées sur le Chott de 1950 à 1956 (Clair, 1956). La moyenne annuelle est de l'ordre de 115 à 140 mm/an.

III.3.3. Évaluation de la recharge pluviométrique

Pour l'aquifère de l'Aaléno-bathonien, l'infiltration a lieu uniquement sur les zones d'affleurement des formations perméables, en périphérie du bassin. Les calcaires sénoniens, en contact direct avec les dolomies du Jurassique, représentent aussi une aire de recharge vers l'aquifère principal.

Étant donné la faible pluviométrie annuelle sur l'ensemble du bassin, l'infiltration directe jusqu'à la nappe est faible.

D'après les études de l'ANRH, le taux d'infiltration des pluies est de l'ordre de 5% à 10%, soit pour une pluviométrie moyenne de 250 mm, une recharge de 12 à 25 mm. Cette valeur est cohérente avec les études réalisées dans des contextes climatiques similaires où la recharge directe par les pluies peut être estimée comme un pourcentage des pluies totales

IV. Aperçu géomorphologique :

Le dispositif morphologique de la région traduit une large prédominance de la dynamique de la morphogenèse. Ce qui explique la faible épaisseur des sols dans la majeure partie de la zone et leur appartenance à la catégorie des sols peu évolués.

La zone se présente comme une large cuvette de remblaiement détritique provenant de la désagrégation des reliefs qui l'entourent immédiatement ou d'autres environnants. On distingue différentes unités morphologiques :

Les massifs, les glacis, les dépressions fermées et les formations éoliennes sont les principales unités qui caractérisent la zone.

- Les massifs : peu nombreux, ils fournissent néanmoins l'essentiel des produits détritiques des formations superficielles.
- Les glacis : ils prolongent en aval les massifs, le raccord se faisant par un adoucissement de la pente jusqu'à son annulation en plaine. On a ainsi, des glacis de piedmont et des glacis de plaine.
- Les dépressions fermées : elles regroupent les dayas et les zones d'épandage (zones inondables). Elles sont de dimensions variables : de la toute petite daya circulaire et bien individualisée jusqu'à une grande dépression de la dimension de dayas el khoder qui faute d'un bon drainage, est marécageuse en période de pluie.
- Les formations éoliennes : elles s'étendent sur toute la surface de la zone sous forme de voiles sableux ou de petits amas de sables pièges dans de petites touffes de végétation, mais particulièrement dans le secteur nord-ouest aux environs de la commune de tousmouline qui semble en être bien affectée.

Les principaux facteurs d'érosion qui ont marqué (et qui marquent encore, même à un degré moindre), l'évolution de la région sont le ruissellement, sous ses deux formes (concentre et diffus) d'une part, et l'action du vent qui prend le relais notamment à l'ère actuelle. Ces deux processus, conjugués, sont responsables de l'ablation, le transport et l'accumulation des matériaux détritiques arrachés à la roche mère. Ces deux facteurs d'érosion sont davantage favorisés par la nature lithologique du substrat contenant des matériaux éolisables (généralement des grès), le climat (la rareté des précipitations et leur mauvaise répartition), ou encore par l'absence d'une couverture végétale protectrice. L'apparition de nombreux affleurements rocheux en est un exemple édifiant. (Maizi, 2007).

V. Hydrochimie

Les données physico chimiques sont issues essentiellement de l'étude hydrogéologique des années 50. En 1950, une centaine d'analyses sont disponibles pour l'ensemble des aquifères du bassin.

Plus récemment, l'ANRH a effectué des analyses, mais uniquement sur des forages localisés dans les wilayas de Saïda et Tiaret et uniquement pour 2 paramètres : le résidu sec et le pH. Les données les plus récentes ont été réalisées en 1999.

V.1. Chimie des eaux de la nappe de l'aaleno-bathonien.

Une vingtaine d'analyse des eaux aaléno-bathonniennes a été répertoriée. Les eaux souterraines présentent une minéralisation très variable avec un résidu sec compris entre 190 et 94 000 mg/L et une température comprise entre 22 et 75°C (données ANRH).

L'interprétation des données permet de distinguer 5 zones de composition relativement homogène :

Les eaux de la zone d'Aïn Skhouna qui ont globalement la même composition chimique ($RS_{moyen} = 1\ 400\ \text{mg/l}$),

Vers le sud-est, les eaux se chargent rapidement en sels dissous, en même temps que la perméabilité des dolomies diminue fortement. Les eaux deviennent très salées au sud-est de la bordure du Chott à partir du forage H41 où la teneur en NaCl est comprise entre 30 000 et 60 000 mg/l. Au sud de F32 et F33, cette teneur dépasse les 90 000 mg/l.

Au sud-ouest d'Aïn Skhouna, les eaux proviennent des dolomies des Monts de Méchéria et possèdent des teneurs en sels dissous plus faibles que dans le secteur de la source. Le résidu sec augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de Skhouna.

Au nord-ouest, entre la bordure du Chott et les affleurements de la bordure Sud des Mont de Saïda, les eaux sont souvent plus chargées en sels dissous, ce qui se corrèle avec une moins bonne perméabilité des dolomies aaléno-bathonniennes.

Au nord, entre Aïn Skhouna et l'axe des Guenatis, la nappe aaléno-bathonnienne connaît un net refroidissement des eaux liée probablement à une arrivée d'eau par les affleurements des monts de Saïda.

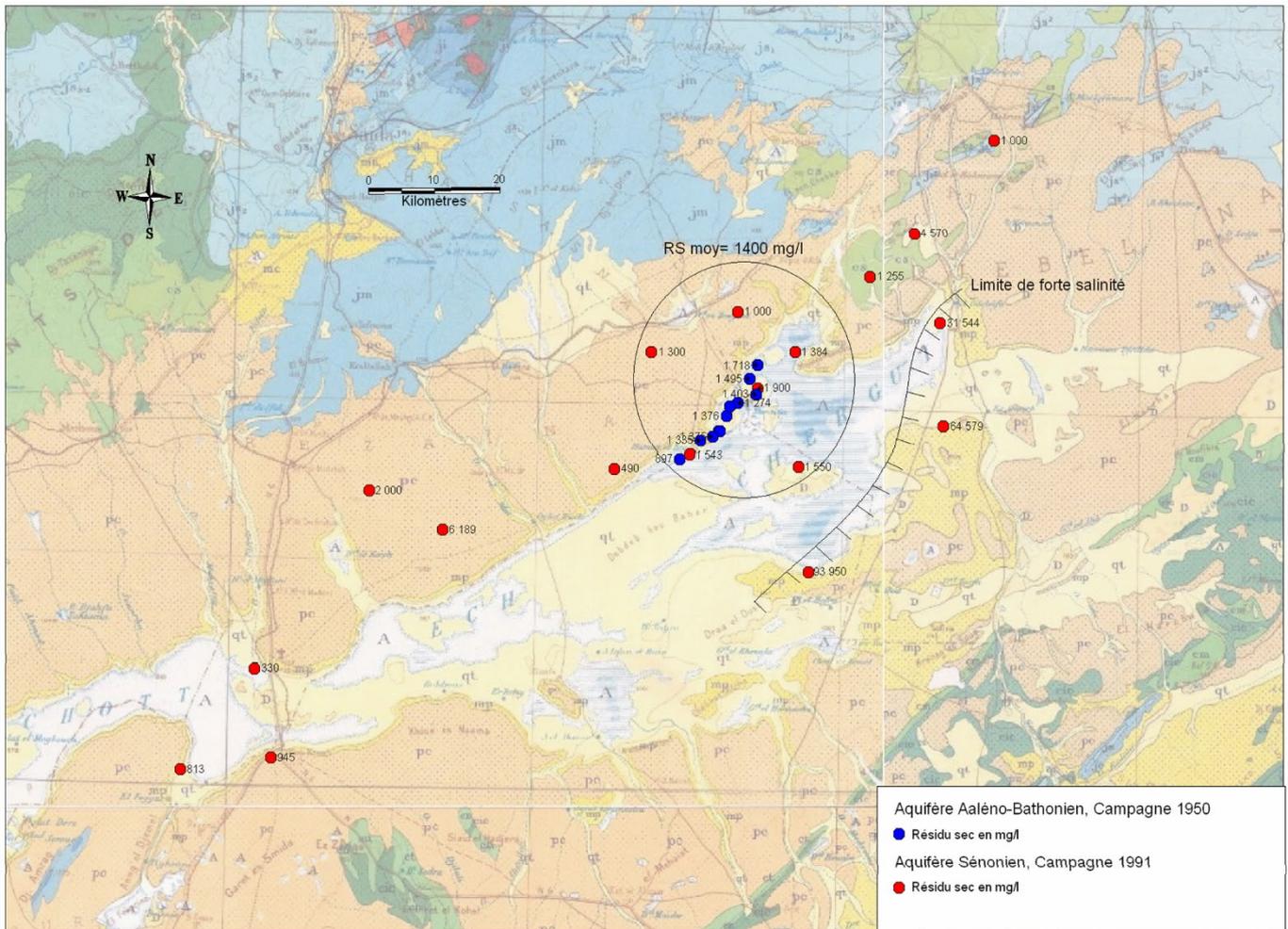


Figure 8 : Carte de la répartition des résidus secs de l'aquifère aaléno-bathonien.

V.2. Chimie des eaux de la nappe du barrémo-albien

Contenues dans des grès souvent argileux et donc peu perméables, les eaux du Barrémo-Albien sont souvent relativement chargées en sels dissous (sulfates et chlorures) avec un résidu sec compris entre 2 000 et 3 000 mg/l vers l'est du Chott. Vers l'Ouest, les eaux sont en général plus douces (forage F28 : RS=500 mg/l, forage F29 : RS=1 200 mg/l).

V.3. Chimie des eaux de la nappe du tertiaire continental

Pour la nappe du remplissage tertiaire, les caractéristiques chimiques des eaux sont très variables : peu sulfatées et chlorurées avec un résidu sec inférieur à 1 000 mg/l dans les couches sédimentaires au nord, ces eaux deviennent plus chargées en sels dissous au sud où les atterrissements sont plus sableux (sud-ouest principalement) et souvent plus gypseux (sud-est).

VI. Conclusion

Le bassin versant du Chott Ech Chergui est caractérisée par une vaste dépression qui s'étend de l'Atlas saharien au sud jusqu'à l'Atlas tellien au nord. Cette dépression qui est encadrée à l'est par la R.N 26, à l'ouest par un ensemble de massifs montagneux, est occupée par les monts de Mécheria et le Djebel Amrag; le centre du bassin se caractérise par une grande étendue humide orientée globalement SW-NE.

D'un point de vue géologique Le bassin versant du chott chergui est constitué par des terrains d'âge secondaire. Les affleurements du jurassique moyen correspond par calcareo-dolomitiques aaléno-bathonien sont surmontés parfois de formations marneuses callovo-oxfordiennes. Au nord-est du bassin, des calcaires sénoniens sont transgressifs sur les différents termes plissés du jurassique et du crétacé. Les terrains secondaires plongent du nord au sud et disparaissent sous le remplissage tertiaire.

Au versant sud du bassin versant du chott chergui les formations affleurants secondaires comprennent le jurassique supérieur, le crétacé inférieur jusqu'à l'albien. Un ensemble puissant gréseux affleure près de l'Atlas saharien et vient se terminer en biseau au milieu de la dépression du chott, les formations secondaires sont recouvertes par un remplissage mio-pliocène, constitué essentiellement d'argiles et de sables.

Chapitre II

Réalisation de forage

I. Introduction

Selon le type des travaux de recherche et le contexte géologique, plusieurs techniques de forage d'eau ont été développées, tel que le forage par havage, par battage, marteau fond de trou et rotary

I.1 Appareil de forage

Le choix du forage par la méthode rotary avec circulation de boue benthonitique est dans le but de rechercher et exploiter l'eau en profondeur.

I.2 Description de la machine

Il existe deux types de procédés dans le domaine de forage rotary :

1. Foreuse à table de rotation,
2. Foreuse à tête de rotation.

Le type procédé dans ce forage rotary c'est Foreuse à tête de rotation

Foreuse à tête de rotation L'appareil de forage à tête rotative fournit une rotation par une tête rotative qui monte et descend le mât (Figure 10).

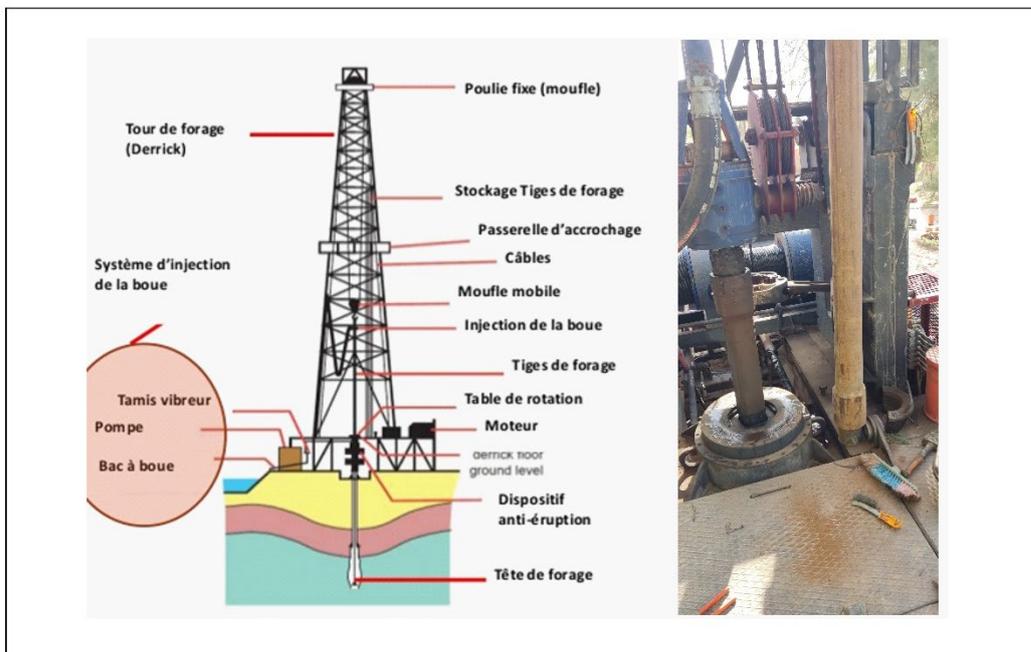


Figure 9 : schéma d'un forage rotary

II. Phase implantation

Les hydrogéologues sont les premiers intervenants pour mettre en œuvre des forages hydrauliques ou pétroliers.

Une investigation et une reconnaissance de terrain du point de vue géologique, hydrogéologique avec les services techniques de l'Agence Nationale des Ressources en Eau (Régionale de Saida) ont été effectuées.

II.1 Prospection géophysique

La Géophysique ou physique de la Terre a pour but d'étudier les propriétés physiques du globe terrestre. Son objectif principal est de déduire ces propriétés à partir de phénomènes physiques qui leur sont associés, par exemple, le champ géomagnétique, la pesanteur, les courants telluriques, etc... Le géologue, par exemple utilise l'observation directe et visuelle, il examine les roches qui affleurent, prélève des échantillons, les étudie et en déduit la structure du sous-sol.

À partir des phases de documentation et d'investigation chantier a été installé.

II.2 Implantation du forage

Le point d'impact a été matérialisé comme suit :

Tableau 1 : Coordonnées de du point d'eau de forage d'ain Skhouna.

Nom de Forage	Wilaya	Daïra	Commune	Coordonnées du point d'eau	
				Lambert	UTM 31S
Ain Skhouna	Saida	Hessasna	Ain Skhouna	X=329973	X=302249
				Y=135582	Y=3819982

Figure 10 :
localisation de
forage



III. Phase installation**III.1. Installation du chantier****Organisation du chantier**

L'organisation du chantier de forage hydraulique soit faite d'une manière qui permet au foreur d'intervenir rapidement en cas de problème

Les précautions pratiques à prendre sont les suivantes :

- Déterminer un périmètre de sécurité autour du chantier
- Un accès pour les véhicules.
- Un approvisionnement en eau (Citernes)
- Un accès facile pour le remplissage des fosses
- Une cabine géologue pour la rédaction (Bureau)
- Une zone de déblais (Cuttings)
- Un terrain aplani pour faciliter le calage de la machine
- L'emplacement et le creusage des fosses à boue
- Le positionnement du compresseur de façon à ce qu'il ne reçoive pas de la poussière de forage
- L'installation de toutes les unités de pompage, de pression hydraulique et des moteurs sur un plan horizontal
- L'outil de mesure de la pression hydraulique doit être protégé du soleil.

L'appareil de forage utilisé est de type (Drill Rigs and Drilling Machine), c'est un appareil de capacité moyenne au crochet de 40 tonnes qui peut atteindre une profondeur de 300 à 600 mètres (Figure 11).



Figure 11 : L'appareil de forage rotary sur le site

III.2 La garniture du forage et les outils

La garniture du forage est l'ensemble du train de tiges de diamètre autour de 9.5m avec des masses tiges qui tourne et entraine l'outil par l'intermédiaire de la table de rotation (Figure 12 et 13).



Figure 12 : Les tiges*Figure 13 : Le trépan*

IV. Construction de la plateforme

Pour maintenir l'appareil de forage droit et éviter le coincement de l'outillage, une plateforme de 30 m² de surface a été construite grâce à la pelle mécanique. Par la suite, une dalle de béton armé a été coulée afin de consolider cette plateforme et éviter tout risque d'effondrement du terrain durant le forage du puits jusqu'à sa finalité.

Deux bassins (L'un pour la circulation et l'autre pour la décantation) ont été aménagés pour la préparation de la boue de forage.

Le volume de ces deux bassins égale au moins à trois fois le volume de forage probable (Kanoun H. et Saidi Z, 2020).

V. Construction des bassins et rigoles

Bassins à boue constituent une réserve de fluide de forage et permettent son recyclage par décantation. Elles se forment d'un bassin de décantation, d'un bassin de pompage et de canaux

Deux bassins sont construits : La première fosse (Fosse de décantation) pour faciliter la sédimentation.

Dans le canal tandis que la seconde fosse (Fosse de pompage) facilite la réserve de la boue à pomper pour être injectée dans le train de tige (Figure 14).

Le dimensionnement des fosses à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser : Idéalement, le volume total des fosses doit être égal à 3 fois le volume du forage.

Le volume des fosses de forage (v) pour un diamètre (d) de 12 pouces et une profondeur de 200 m est :

$$V = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot h ;$$

$$V = 3,14 \cdot 0,24 / 4 \cdot 200, \quad V = 3,77 \text{ m}^3$$

Les fosses et les canaux sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés au cours du forage, la rigole permettra la circulation et le retour de la boue de forage vers les bassins de décantation et lors de la circulation des fluides et la remontée des cuttings elles nous permettent de prendre des échantillons pour une éventuelle lecture et corrélation géologique mètre par mètre entre différentes formations.



Figure 14 : les bassins et les rigoles (sur chantier)

VI. Phase avant puits

VI.1 Tube guide

Il permet d'orienter l'outil en conservant les Parois du forage contre le l'effondrement des formations non consolidées et de progresser avec un diamètre uniforme.

L'installation d'un tube guide 22"ou 20" de diamètre est nécessaire pour la garniture, foré en 24"ou 26" ne pas dépasser 30 m et cimenté au terrain par un mélange à base de

ciment, l'espace annulaire est compris entre le tube guide et les parois des trous foré.

Le dosage du laitier de ciment (ciment + eau) est de 50 litre d'eau pour 100 kg de ciment ce qui donne 75 litre de laitier de ciment à 1.5 de densité

Mode opératoire

Il faut calculer avec précision le volume de laitier de ciment à injecter, puis le volume de boue qui sert comme volume de gâchage.

➤ Calcul du volume de laitier de ciment

Le volume de laitier de ciment est égal au volume de l'espace annulaire entre le terrain foré en 24" et le tube guide 20".

$$V_1 = h/2 \cdot (d_2^2 - d_1^2)$$

$$V_1 = 10/2 \cdot (24^2 - 22^2) \rightarrow V_1 = 660 \text{ litres} = 0.66 \text{ m}^3$$

Pour obtenir 660 litres de laitier de ciment, l'abaque montre qu'il faut environ 551 kg de ciment et 3200 litres d'eau.

V_1 : Volume de laitier de ciment en litre

h : Hauteur du forage tube en mètre

d_1 : Diamètres du tube en pouce

d_2 : Diamètres du trou en pouce

➤ Calcule du volume de boue

$$V_2 = (h \cdot d^2) / 2$$

$$V_2 = 10 \cdot 24^2 / 2 \quad V_2 = 2.88 \text{ m}^3$$

V_2 : Volume de boue en litres

h : Profondeur du forage tube en mètres

d : Diamètre du tube en pouces

➤ Procédé de cimentation gravitaire

Le tube guide de 20" est suspendue librement dans le trou de forage par deux colliers prenant appui sur les parois de ce trou, munie de deux rangées d'arceaux de centrage pour qu'elle tienne bien dans l'axe de forage. Le tube est coiffé par la tête de cimentation qui est

réalisé par deux tube, le premier par l'injection de ciment, elle-même reliée au bassin dont lequel sera fabrique le laitier de ciment ; Le deuxième à la pompe d'injection de la boue connectée au bassin a boue.

La quantité du laitier est refoulée par la pompe à travers le ciment et descend dans la colonne de tubage.

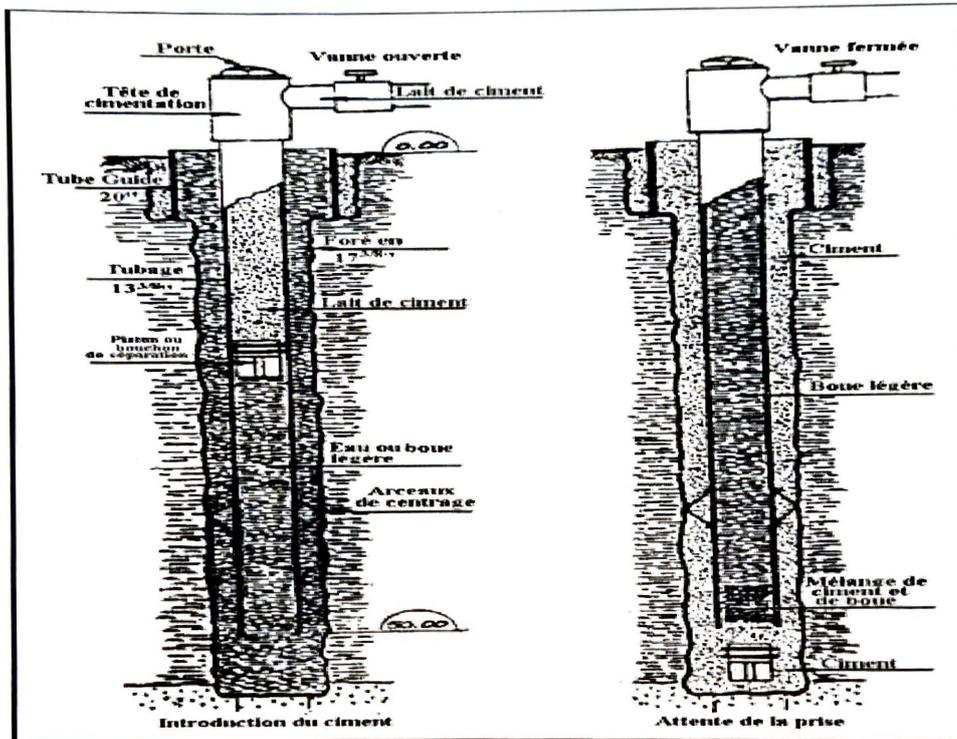


Figure 15 : Cimentation d'une colonne de tubage (Source : Le forage d'eau A. Mabillot)

VII. Phase forage

VII.1. Reconnaissance

Au cours de cette opération, les cuttings (Figure 16) sont remontes à la surface mètre par mètre, sous l'action d'une circulation continue de la boue a l'intérieur des tiges et dans l'espace annulaire.

Le dépouillement des cuttings permet d'établir une coupe géologique réelle du forage.

La boue est un mélange colloïdal dont le produit de base est une variété d'argile appelé bentonite de densité 2.6, elle s'hydrate au passage de l'eau et forme un produit visqueux ou une masse gélatineuse.

Le dosage est de 10% de bentonite soit 100 kg de produit par mètre cube d'eau.

Après 24 heures d'attente nécessaire pour la prise du ciment, on poursuit les travaux. Un outil de diamètre réduit 8" est d'abord utilisé jusqu'à la profondeur 200 m, pour vérifier et préciser le nombre de formations.

La description géologique des échantillons prélevés sur site mètre à mètre est la suivante :

De 0 à 10 m : Alluvions rougeâtre

10 à 40 m : Alternances argilo-calcaire

40 à 80 m : Calcaire friables blanchâtre et très fissurés

80 m à 85 m : Calcaire gréseux blancs

85 m à 100 m : Alternance argilo-calcaire

100 m à 120 m : Calcaire tendre blancs

120 m à 150 m : Calcaire durs blancs à rougeâtre

150 m à 200 m : Dolomie très fissurés rougeâtre



Figure 16 : cuttings

La coupe ou log lithologique du forage présenté par la figure

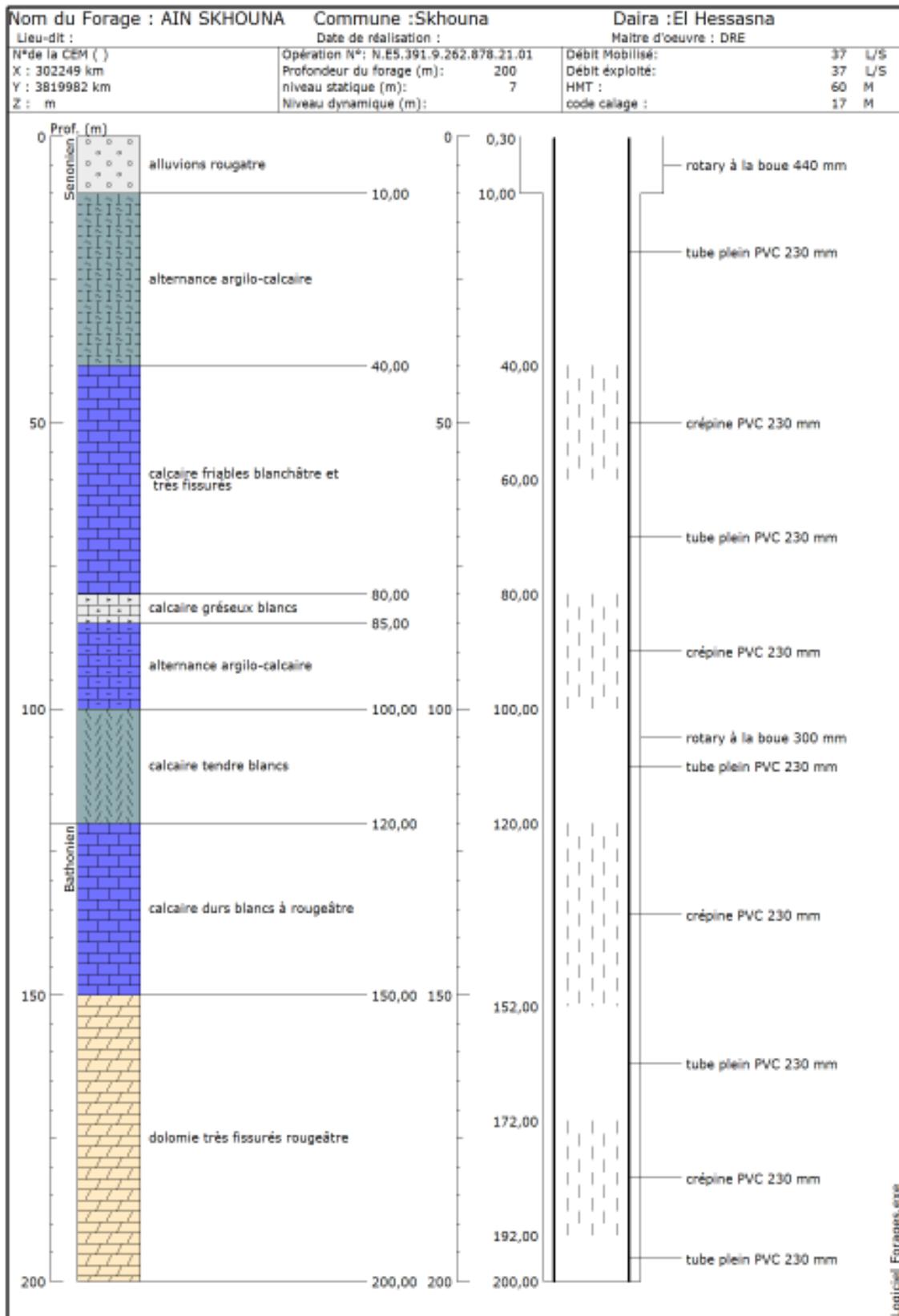


Figure 17 : Coupe lithologique du forage d'Ain Skhouna

Caractéristique physique de la boue

La boue joue un rôle essentiel dans la mise en œuvre du forage, la remontée des cuttings, la stabilisation des parois et lubrification de l'outil. Les caractéristiques intrinsèques de cette boue (Densité, Viscosité) sont contrôlées régulièrement et modifiées selon les besoins (Allègement ou épaissement de la boue en cours de forage).

- La densité de la boue, influe sur la remontée des cuttings et la stabilisation des parois.
- La température de la boue permet de refroidir l'outil de forage.
- La viscosité influe sur la lubrification de l'outil.

VII.2. Enregistrement des diagraphies ou carottage électrique

La diagraphie est une technique géophysique mise en œuvre à l'intérieur d'un forage de faible diamètre.

Elle sert à mesure en place les paramètres physiques du terrain, avec la meilleure résolution verticale possible (Résistivité, Radioactivité, Vitesse de son) ou des paramètres géométriques tels que le diamètre intérieur du forage et l'épaisseur des dépôts de la boue (Cake).

Elle consiste à descendre une sonde électrique à l'intérieur du forage avec un enregistrement en surface par l'intermédiaire d'un appareillage bien spécifique.

Les enregistrements effectués dans le forage sont :

- Polarisation Spontanée (P.S)
- Les résistivités électriques Grandes Normales (G.N) et Petit Normale (P.N)
- Gamma ray
- Diamètreur (Caliper)

L'interprétation de l'enregistrement a permis de distinguer des niveaux perméables et des niveaux imperméables.

Cette distinction a été possible suite à l'examen de l'allure des courbes de gamma-ray et de la PS qui ont permis de situer les niveaux argileux.

L'enregistrement des résistivités permet d'apprécier la qualité lithologique des niveaux aquifères.

VII.3. Essai de nappe

Un essai de nappe a été effectué par une pompe immergée vu l'indisponibilité du compresseur d'air, dont la pompe était calée à la cote 37 m

Cette opération dure quelque minute pour que le volume de chasse soit injecté à la surface. Au cours de cet essai un échantillon d'eau été prélevé pour analyse physico-chimique et des mesures des niveaux statistiques, dynamiques et du débit :

Débit : 37 l/s

Niveaux statistique : 7 m

Niveaux dynamique : 7 m

VIII. Conclusion

On distingue trois catégories de techniques de forage les plus couramment utilisées comme suit :

Forage par mouvement alternatif (Battage ou Percussion),

Forage par combinaison des deux mouvements (Rotation-Percussion),

Forage par rotation (Rotary). Qui est la technique la plus adaptée à la réalisation de notre forage.

Chapitre III

Équipement de forage

I. Introduction

Le forage doit être considéré comme une source importante d'outils de production d'eau potable ou industrielle, dont les conséquences sont souvent graves et coûteuses en cas de défaillance.

II. L'équipement de forage

Un forage d'eau est prévu pour permettre (l'extraction de l'eau contenue dans une formation aquifère.

L'équipement comporte toujours une colonne d'exploitation maintenue sur le terrain dans la partie supérieure.

Il y a trois éléments essentiels dans l'équipement de forage. :

- Les tubages plein
- Les crépines (Tubage perfore)
- Le massif filtrant

II.1. Chambre de pompage

Le forage est équipé de 0.5 m jusqu'à 200 m par un ensemble de tube pleins et crépine a diamètre 9 pouces et de 6 mm d'épaisseur.



Figure 18: Tubes pleins (sur site)

II.2 Colonne de captage

Cette colonne est constituée d'un ensemble de tubes pleins et crépines à diamètre 13 Pouces jusqu'à 90 m, les crépines sont placées dans les niveaux aquifères.

La composition de la colonne captant est présentée ci- après de haut en bas

Le forage est équipé en PVC de 0 à 200 mètre et de diamètre 230 mm et qui sera comme suit :

✓	De 0.30 m	à 40 m	Tubes pleins	Ø 230'	pvc
✓	De 40 m	à 60 m	Tubes crépines	Ø 230'	pvc
✓	De 60 m	à 80 m	Tubes pleins	Ø 230'	pvc
✓	De 80 m	à 100 m	Tubes crépines	Ø 230'	pvc
✓	De 100m	à 120 m	Tubes pleins	Ø 230'	pvc
✓	De 120m	à 152 m	Tubes crépines	Ø 230'	pvc
✓	De 152m	à 172 m	Tubes pleins	Ø 230'	pvc
✓	De 172m	à 192 m	Tubes crépines	Ø 230'	pvc
✓	De 192m	à 200 m	Tubes pleins & Sabot	Ø 230'	pvc



Figure 19 : Tubes crépines pvc



Figure 20 : Tubes pleins & sabot

III. Massif filtrant (gravier additionnel)

Le rôle du gravier additionnel est d'augmenter les débits d'exploitation, de diminuer les vitesses d'écoulement, et d'éviter le risque d'érosion en évitant l'entrée des sables fins.

Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine. Il doit être uniforme, propre, calibré et siliceux de préférence.

Le gravier descend dans l'espace annulaire le long du tubage. Une remontée de boue par le tube de forage indique une descente correcte du gravier.

Lorsque le niveau du gravier atteint le haut des crépines, la boue ne remonte pas par le tube mais par l'espace annulaire : le massif de gravier doit alors dépasser le haut des crépines sur quelques mètres.

Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine.

Le rôle du gravier additionnel est :

- Augmenter les débits d'exploitation (la filtration)
- Diminuer les vitesses d'écoulement
- Empêcher l'érosion souterraine, ainsi que l'entrée des sables fins
- Prévenir le colmatage (Bessaillet A. Boudi M, 2019)

III.1. Quantité nécessaire de gravier additionnel

Volume du gravier

Le volume nécessaire du gravier peut être défini théoriquement (volume du trou moins volume de tubage) ou de la manière empirique :

$$V = h/2. (D^2 - d^2) \text{ avec :}$$

V = Volume de gravier, en litres

h = Hauteur de massif de gravier, en mètres

D = Diamètre du trou, en pouces

d = Diamètre des tubes, en pouces

L'estimation du volume de gravier à installer est une fonction du volume théorique de l'annulaire auquel il convient d'ajouter 20 % (ou plus) de ce volume théorique correspondant au délavage de certains horizons (cavage)

III.2. Mise en place du gravier additionnel

Comme le forage est profond, l'injection du gravier s'est faite de bas en haut jusqu'à la cote avec une circulation de boue légère de bas en haut.

IV. Le développement

Développement du forage est nécessaire pour maximiser la productivité du forage et optimiser la capacité de filtration du massif filtrant. On y parvient en enlevant les particules fines et les additifs de fluide de forage, et en compactant le massif filtrant (Van Der Wal ,2018)

Cette opération permet de :

- Corriger toute perturbation ou colmatage qui auraient pu être provoqués dans la formation durant le forage.
- Augmenter la porosité et la perméabilité de la formation au voisinage du forage donc (augmente le débit de l'ouvrage).
- Stabiliser la formation sableuse autour de la crépine de telle sorte que le forage débite une eau limpide (exempte de matière solide en suspension).

Pour diminuer le pourcentage des particules fines, on met en place du gravier filtre calibré. De cette manière, on enveloppe la crépine d'une gaine filtrante naturelle, dont la finesse des constituants augmente régulièrement vers la périphérie.

Les grains de sable sont en effet d'autant plus difficiles à déplacer qu'ils se trouvent plus éloignés de sa paroi

Méthode de développement

L'opération du développement a été réalisée par le procédé « air lift » comme suit :

- Développement à l'air lift (pneumatique) au compresseur.
- Traitement à l'hexamétaphosphate.
- Développement à l'air lift.
- Traitement à l'hexamétaphosphate.

- Pompage jusqu'à obtention d'une eau claire.

IV.1 Développement a l'Air lift

Le développement pneumatique (L'air lift) est le plus efficace et le plus répandu. L'avantage est que le matériel de pompage ne subit pas de détérioration. Il s'agit de faire subir au captage des compris assez fortes dans toutes les directions, pression et dépression en introduisant d'importants volumes d'air et de mettre en production l'ouvrage par " air lift ".

L'opération consiste à alterner les phases de pompage a l'air lift et les phases de soufflage direct d'air au niveau des crépines.

Pratiquement, cela consiste à introduire deux tubes dans le forage :

- Un tube de diamètre 5 pouces, appelé tube d'eau, par lequel l'eau pompée remontera a la surface.
- Un tube de diamètre 2 pouces, appelé tube d'air qui est introduit dans le tube d'eau et par lequel l'air comprime est injecte.

À l'aide d'un compresseur on injecte de l'air comprime jusqu'à ce que le volume de chasse soit projeté à la surface. On mesure le débit et on prend un échantillon pour l'analyse chimique, de même qu'on mesure le niveau dynamique.

IV.2. Traitement à l'hexamétaphosphate

Ce traitement chimique comprendra l'injection de deux phases d'hexamétaphosphate de sodium de 100 kilogramme chacune avec attente d'effet de 24 heures max, puis développer le forage entre les phases jusqu'à eau claire.

L'objectif du traitement chimique du forage est d'améliorer les capacités d'exploitation de l'ouvrage par un décolmatage, des formations et un nettoyage des crépines.

Le traitement chimique sera par un développement à l'air lift.

- Premier traitement l'hexamétaphosphate 100 kilogramme de produit.
- Pompage air-lift pendant un total de 24 heures.

IV.3. Développement par pompage

Une pompe submersible a été placée à 37 m de la côte afin de pouvoir évacuer le sable qui a pénétré dans le forage et les éléments fins restant près de la crépine.

Le principe est de pomper à différents débits jusqu'à obtenir une eau propre.

V. Conclusion

Le forage à Ain Skhouna a pour but de déterminer le potentiel de la nappe aaléno-bathonienne (Dogger ou Jurassique moyen). Cet aquifère est recoupé par forage à une profondeur de 200 m. L'équipement de forage fonctionnait dans de très bonnes conditions grâce à la lecture des diagraphies liées aux déblais. Le forage d'Ain Skhouna nécessite des tubes crépines de type PVC.

Chapitre IV

Exploitation du forage

I. Introduction

L'essai de pompage permet de déterminer les caractéristiques Hydrodynamique de l'aquifère. Il consiste à abaisser par pompage la surface piézométrique de la nappe et à mesurer, en fonction du temps, les variations du niveau de cette surface ainsi que le débit pompé.

II. Essai de pompage**II.1. Définition et but**

Les pompages d'essai sont la base de toute étude de nappe. Ils sont effectués au moyen d'une pompe immergée électrique, facile à mettre en œuvre et régulière quant au régime.

Un pompage d'essai doit répondre à un objectif de :

La détermination des paramètres hydrodynamiques de la nappe : Essai de nappe (Longue durée). C'est un facteur très important pour la gestion de la ressource.

II.2. Caractéristique de la pompe utilisée

Débit min : 15 l/s

Débit max : 40 l/s

Profondeur max : 300 m

II.3. Essai de pompage de longue durée

Le pompage a été réalisé le 28 /06 /2022, Il s'agit d'un pompage exécuté par un seul palier avec un débit constant de 37 l/s à durant 72 heures.

La remontée des niveaux d'eau est observée pendant une heure (tableau 2).

Le but principale de ce pompage ; est de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère, la transmissivité (T) et le coefficient d'emmagasinement (S).

Tableau 2 : Donnée de la remontée

Temps (h)	ND (m)	Rabattement (m)
24	7	0
48	7	0
72	7	0

Les paramètres ont été calculés par la méthode graphique d'approximation logarithmique de Jacob dont l'équation est la suivante :

$$\Delta s = 0.183 Q \frac{\log 2025Tt}{r^2 S}$$

Δs : Abaissement de niveau par cycle logarithmique de temps.

Q : Le débit de pompage en (m³/h).

t : Le premier temps de pompage en (s).

T : La transmissivité (m²/s).

r : Rayon d'action.

S Coefficient d'emménagement.

Dans l'absence d'un piézomètre, le coefficient d'emménagement n'a pas été évalué, et le seul paramètre à évaluer est la transmissivité.

$$T = 0.183 Q / \Delta s$$

Pour cela, sur un papier semi-log, nous avons porté le rabattement (s) en ordonnées et le logarithme du temps en abscisse.

La courbe de la descente :

$$\Delta s = 0 \text{ m}$$

$$T = 0,183Q/\Delta s$$

La courbe de la remontée

$$\Delta s = 7 \text{ m}$$

$$T = 0,183Q/\Delta s$$

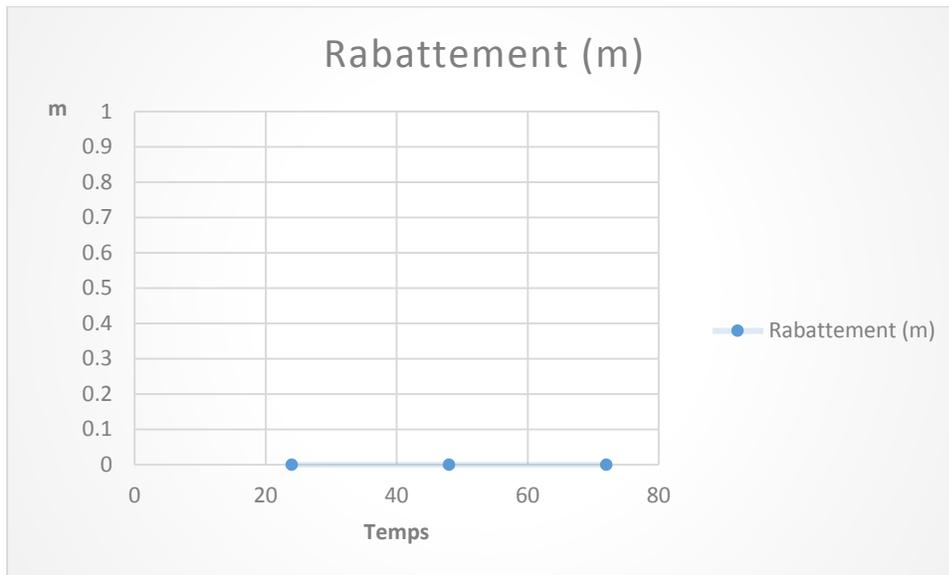


Figure 21 : La courbe de la descente

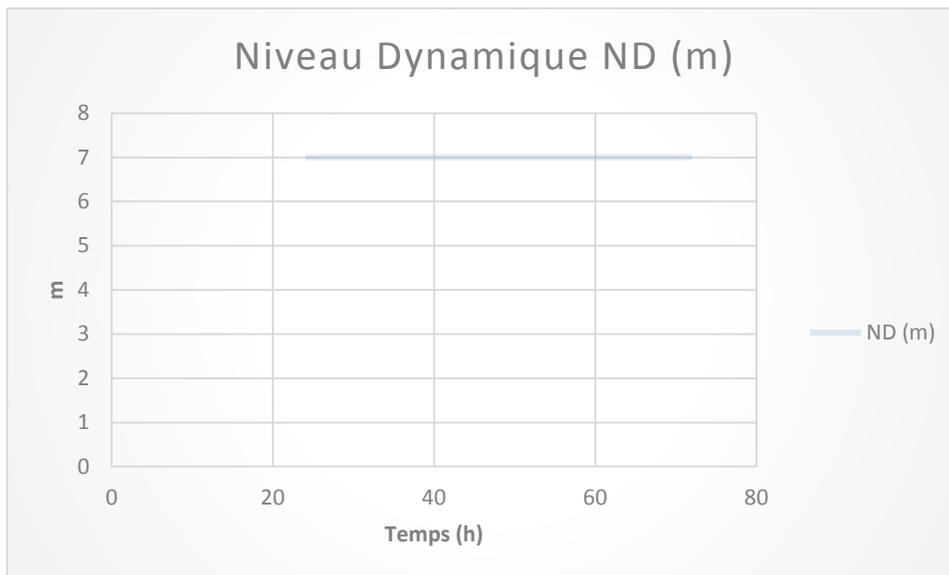


Figure 22 : La courbe de la remontée

Interpréter les deux figures

Les résultats des deux courbes (Figure 21 et 22) après le pompage de longue durée, Le rabattement et le niveau dynamique sont constants.

Donc on peut donc dire qu'il n'y a pas de perte de charge dans le forage.

II. Analyse chimique

Une analyse physico-chimique de l'eau a été effectuée au laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique ANRH de Saida qui ont porté sur :

Le dosage des cations : Calcium (cal), Magnésium (Mg^{+}), Potassium (C) et Sodium (Na^{+}).

Le dosage des anions : Bicarbonates (HCO_3^{-}), Sulfates (SO_4^{-}), Chlorures (Cl) et Nitrates (NO_3^{-}).

La mesure des paramètres suivants : La conductivité électrique, le résidu sec et PH. Pour déterminer la qualité chimique de l'eau nous avons pris un échantillon à analyser en mois de juin 2022.

Les résultats de l'analyse est synthétisée sur le tableau 3, ils sont également représentés graphiquement par les diagrammes de « Schoeller — Berkaloff » et de « Piper »

Tableau 3 : Les résultats des analyses physico-chimique d'eau (ANRH 2022)

N°	Calcium	Magnésium	Sodium	Potassium	Chlorures	Sulfates	Bicarbonates	Nitrates	pH	CE μ/cm	Σr^{+}	Σr^{-}	Rési du Sec mg/l	TH
mg/l	95	57	304	10	338	378	214	9.0	7.2	2,230	22.82	21.04	1,798	48
meq /l	4.6 5	4.7 0	13.22	0.26	9.52	7.88	3.5 0	0.15						

II.1. Type de faciès de l'eau

Pour déterminer la formule caractéristique de l'eau ainsi que le faciès, nous avons vérifié l'électro-neutralité de cette eau.

D'après le tableau (3) nous distinguons que :

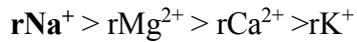
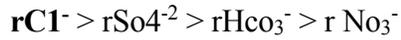
La balance ionique de cette eau :

$$e\% = \frac{\Sigma r^{+} - \Sigma r^{-}}{\Sigma r^{+} + \Sigma r^{-}} * 100$$

$e\% = 4.06\%$

$2 < e\% < 5$ donc : **Analyse acceptable**

La formule caractéristique de cette eau est la suivant :



Donc le faciès chimique de l'eau c'est : **Chloruré Sodique**

Le PH de l'eau du forage est 7.2 c'est-à-dire que l'eau a une neutralité proche.

On peut estimer la minéralisation par rapport à la conductivité :

Tableau 4 : classe de la conductivité d'eau

Cond. réelle $\mu s/cm$	Classe de la Cond. $\mu s/cm$	Facteur min.	Minéralisation mg/l = Cond x0.758
2230	833<2230-<10000	0.758	1690.34

Nous remarquons que la valeur de la minéralisation est égale à 1690.34mg/l caractérisant une eau à une minéralisation élevée.

II.2. Présentation graphique des analyses

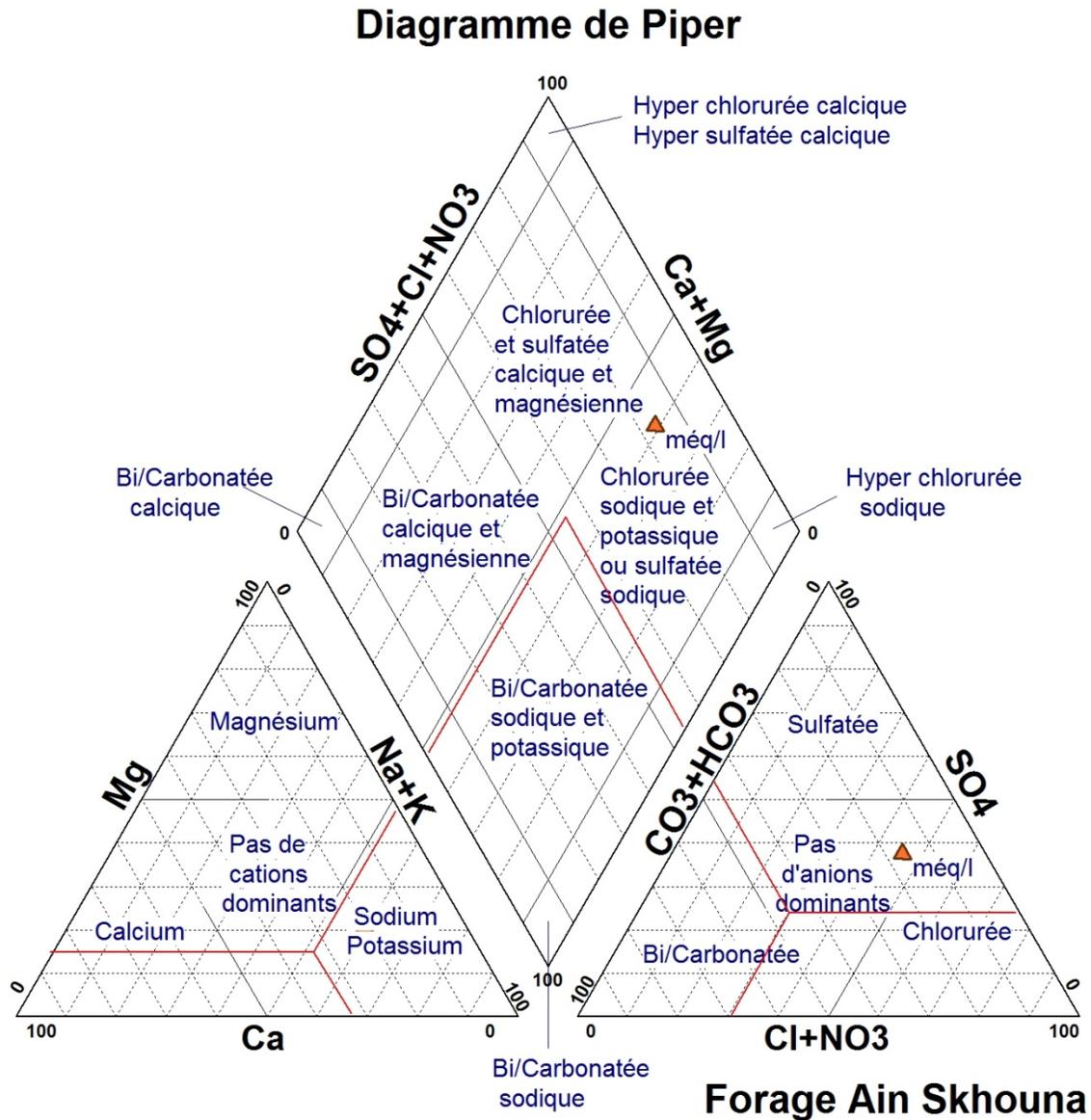


Figure 23 : diagramme de Piper de forage d'eau d'Ain Skhouna

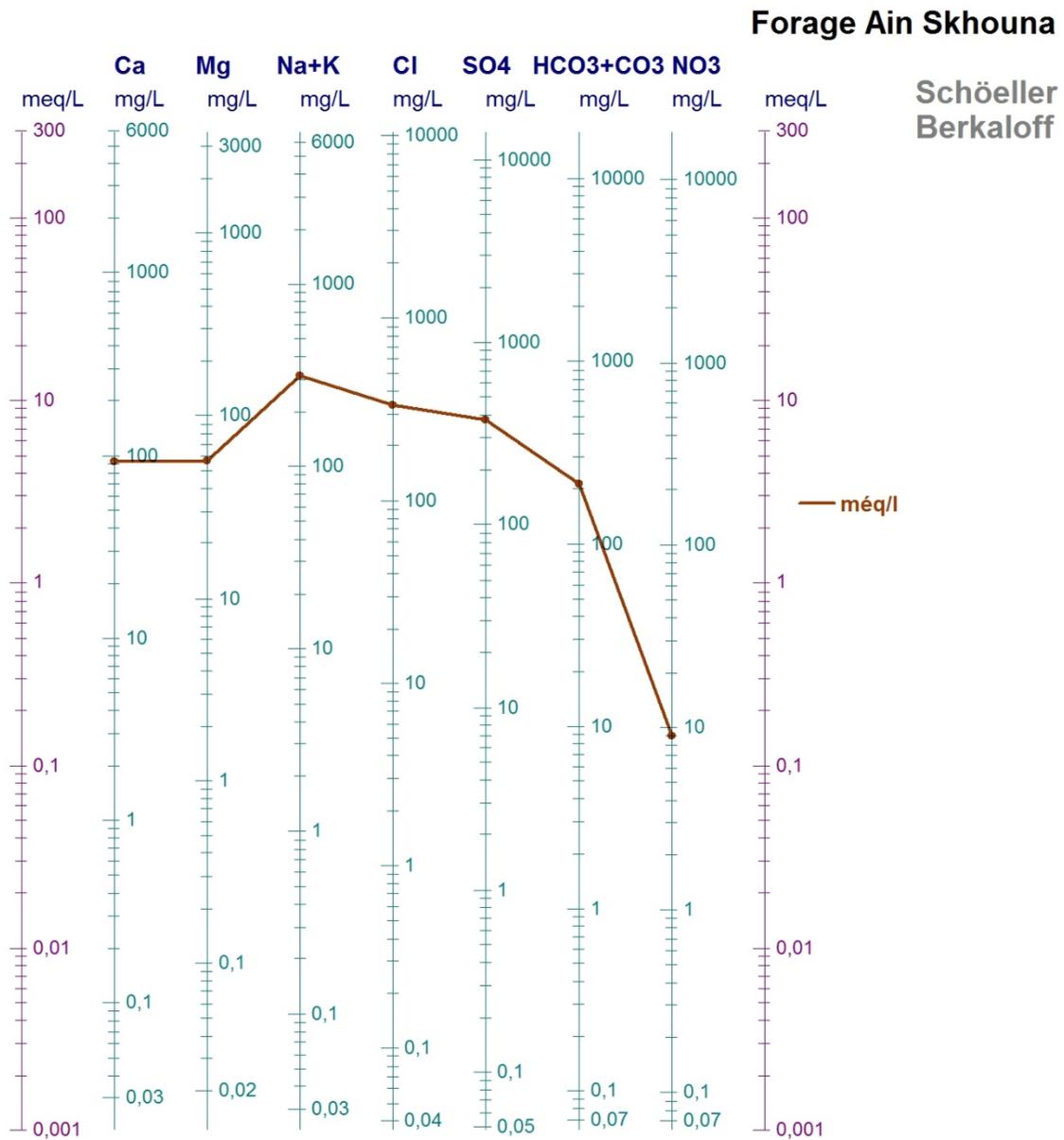


Figure 24 : diagramme de Schoeller — Berkaloff de forage d'eau d'Ain Skhouna

III. Conclusion

D'après un Essai de pompage de longue durée on peut dire qu'il n'y a pas de perte de charge dans le forage.

Les analyses physico-chimiques montre que l'eau à une minéralisation élevée, le faciès prédominant de l'eau qui est **Chloruré Sodique**.

Les diagrammes de « Schoeller — Berkaloff » et de « Piper » sont très importants car ils permettent de préciser le faciès de l'eau et déterminer sa potabilité.

Chapitre V

Les périmètres de protection

I. Introduction

Une fois le forage réalisé, il convient de le protéger contre la contamination de toute source de pollution extérieure. Pour cela, les captages sont entourés d'un certain nombre de zones de protection.

II. Vulnérabilité à la pollution

La vulnérabilité est la capacité du point d'eau d'être affecté par la pollution de toute nature. Elle est fonction des facteurs du milieu qui déterminent les grands types de circulation d'eau et de l'occupation du sol.

Ainsi, la vulnérabilité se définit comme la sensibilité d'un territoire à un aléa.

L'étude de vulnérabilité aux pollutions constitue une base d'information essentielle pour la gestion de l'aquifère et par conséquent la mise en place des mesures destinées à la prévention des pollutions accidentelles.

C'est à cet effet que les hydrogéologues ont inventé le système de périmètre de protection pour protéger les points de prélèvement ou champs de captage (Forage, puits, sources).

D'après une étude réalisée par l'ANRH, notre zone d'étude se situe dans une zone peu vulnérable.

III. La Pollution

On dit qu'une eau souterraine est polluée, lorsqu'elle contient des substances autres que celles liées à la structure naturelle des terrains où elle a séjournée, et en particulier, lorsque les concentrations des éléments dissous ou en suspensions dépassent les concentrations maximales admissibles fixée par L'OMS.

Au cours des dernières années, trois types de pollution se sont abattus sur l'aquifère alluvial d'Ain Skhouna :

- ❖ La pollution d'origine domestique et urbaine : ce sont les rejets d'eaux usées domestique et municipaux sans traitement.
- ❖ La pollution agricole : l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides.
- ❖ La pollution industrielle : elle a été défini par les rejets d'eaux industrielles non traitées.

Le plus grand risque de pollution des eaux souterraines a été identifié par les nitrates. La présence de nitrates est produite par l'infiltration des eaux chargées en azote apporté en excès aux cultures maraichères et aux agrumes qui sont les principaux produits utilisés dans la région.

Néanmoins les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines prélevées durant les essais de pompage indiquent des valeurs inférieures à 50 mg/l, donc les concentrations sont admissibles.

D'autre part, il faut noter que l'absence totale d'activités industrielles dans notre région d'étude est un paramètre bénéfique pour la préservation de l'aquifère.

IV. Méthode utilisée pour le dimensionnement des zones de protection

IV.1. Critères de détermination des zones de protection

Les méthodes analytiques utilisent les mêmes critères retenus par la réglementation internationale actuelle, pour délimiter les zones de protection. Les valeurs attribuées aux critères représentent des limites au-dessus ou au-dessous desquelles les critères considérés fournissent le degré de protection souhaité.

Les critères pris en compte sont :

- Pouvoir protecteur ou épurateur du recouvrement ;
- Rabattement ;
- Temps de transfert ;
- Distance ;
- Limites d'écoulement ;

Le choix de l'un des critères dépendra à la fois des considérations techniques et des considérations socio-économiques et réglementaires.

Le but à atteindre est :

➤ Selon Andrée L-B et Jean-Claude R, (1989), Soit la délimitation d'une zone à travers laquelle la concentration du polluant sera atténuée avant d'atteindre le captage, dans ce cas, on choisit le pouvoir épurateur du sol et de la zone non saturée

➤ Soit la délimitation d'une zone permettant un temps d'intervention suffisant en cas de pollution, pour que le captage ne soit pas contaminé. Dans ce cas, le critère choisi sera le temps de transfert.

Dans le cas d'une pollution qui se produit à la surface du sol, le temps de transfert inclut le temps de migration verticale dans la zone non saturée puis le temps de migration horizontale dans la nappe vers le captage.

On choisit le rabattement, dans le cas de l'aménagement d'une zone de protection autour d'un champ de captage sur une grande partie de la zone d'appel.

- Soit la détermination d'un rayon ou d'une distance mesurée entre le point de pompage et un point concerné, dans ce cas le critère choisi sera la distance.
- Soit la protection de toute l'aire d'alimentation du captage, on utilise dans ce cas les limites d'écoulement.

V. Temps de transfert

Le temps de transfert est un critère établi en fonction du temps qu'il faut à un polluant pour passer du point d'entrée dans l'aquifère au point d'arrivée. Il faut également tenir compte du transfert en zone non saturée. Ce critère inclut plus de processus physique que les autres critères, il comprend en effet la convection, la dispersion et l'interaction solide-soluté.

La convection est le facteur prédominant pour les champs captant où les vitesses d'écoulement sont élevées, dans les nappes à vitesses faibles, la dispersion et les particules de substances polluantes n'arrivent pas simultanément au point d'eau.

V.1. Détermination des temps de transfert (par calcul)

Différentes méthodes consistent à calculer la distance correspondante à un temps de transfert, dans notre pays, ce temps choisi est égal à 50 jours (Nassah H. Omdi F.E, 2011). Comme critère de délimitation du périmètre de protection rapprochée ; c'est le temps minimal nécessaire à l'élimination d'une pollution bactériologique, et permettant un délai d'intervention suffisant en cas de pollution chimique accidentelle.

Le temps de transfert est déterminé soit par la technique de HOFMANN et LILLICH, Technique de WYSSLING ou bien celle d'EPA soit par des abaques (Mis au point par SAUTY & THIERY (1987).

V.2. Méthodes de calcul de l'isochrone 50 j

Concernant la détermination de l'isochrone 50 jours, on a procédé de la manière suivante :

Calcul de la vitesse de transfert vertical par les différentes méthodes (Formule de cylindre, Wyssling, etc...) à l'aide d'un programme spécifique. Le choix de l'une ou l'autre de ces méthodes se fait selon le contexte étudié.

V.2.1. Sauty et Thiery

La méthode SAUTY et THIERY présente un moyen pratique pour la détermination des courbes d'égal temps de transfert. Dans le cas d'une nappe en équilibre hydrostatique (Avant pompage) ainsi que pour une nappe en écoulement uniforme dans un aquifère (Soumis à un pompage à un débit constant).

V.2.2. Hofmann et Lillich

La technique de HOFMANN et LILLICH ne s'applique que si le milieu est homogène. Et si le rabattement est faible en faisant appel à des données telles que la porosité efficace, la Perméabilité, les caractéristiques du captage et un essai de pompage.

V.2.3. Wyssling

Elle consiste à calculer à la fois la zone d'appel et le temps de transfert en tenant compte du contexte hydrogéologique ou intervenant les caractéristiques Transmissivité T , Perméabilité K , porosité efficace (Ou le coefficient d'emmagasinement S assimilé à la Porosité).

Formule de Wyssling

Les données utilisées sont les suivantes :

b = Epaisseur de l'aquifère en mm ;

K = Perméabilité en m /s ;

I = Gradient ;

W = Porosité efficace ;

Q =Débit du puits m³/s ;

Dans un premier temps on détermine la zone d'appel par le calcul.

Dans une nappe Libre, si **B** est la largeur du front d'appel.

On a :

$$Q = kBbi ; \text{ et}$$

$$B = Q/Kbi \quad \text{en mètres}$$

Le rayon d'appel :

$$X_0 = Q/2\pi Kbi$$

La largeur du front d'appel à hauteur du captage :

$$B' = B/2 = Q/2Kbi$$

D'autre part la vitesse effective U est égale :

$$U = Ki /w$$

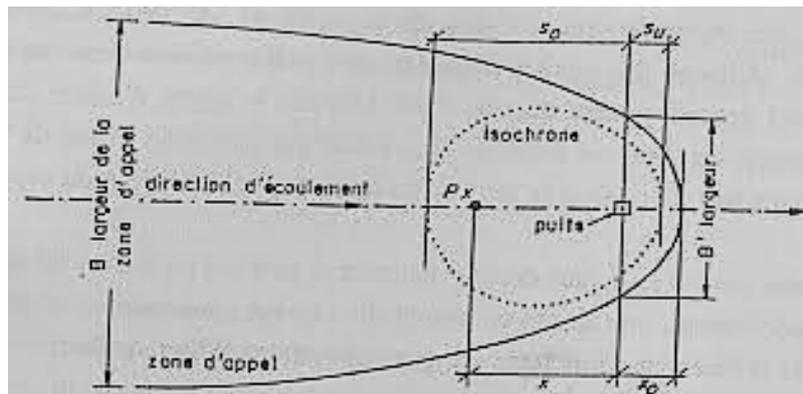


Figure 25 : Détermination des isochrones (Méthode Wyssling, 1987).

VI. Les périmètres de protection des champs de captage des eaux souterraines

Un périmètre de protection est un espace délimité physiquement (Clôture, cercle de pierres...) afin de sauvegarder et protéger l'accès à un espace qui présente un intérêt esthétique ou patrimonial, ou bien une dangerosité certaine.

Les périmètres de protection des champs de captage des eaux souterraines sont définis comme un outil idéal pour aviser et réduire toute cause de pollution susceptible de nuire à la qualité des eaux destinées à l'alimentation en eau potable.

La mise en place des périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation et la surveillance des prescriptions associées, améliore la sécurité sanitaire en réduisant le risque de pollution microbienne ou toxique massive et brutale en contrôlant les

activités susceptibles de générer des pollutions accidentelles pouvant avoir un impact sur la qualité de l'eau.

La notion des périmètres de protection est largement traitée dans la littérature internationale. Au niveau national, l'article 38 de la loi n° 05-12 du 28 jourada Ethania 1426 correspondant au 04 aout 2005, susvisé, et selon les nécessités de prévention des risques de pollution, la protection qualitative des ressources en eau est assurée par trois types de protection des ressources en eau (Forages, champs captant, barrages, sources, etc...) La zone de protection immédiate ; La zone de protection rapprochée et la zone de protection éloignée.

VII. Les différents types de périmètres de protection

VII.1. Évolution de la législation

La présente loi a pour objet de fixer les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau.

Article 1

En application des dispositions de l'article 40 de loi n 05-12 du 28 jourada ethania 1426 correspondant au 4 aout 2005, le présent décrit a pour objet de fixer les conditions des périmètres de protections qualitatives des ressources en eau, la nomenclature des périmètres de protection requise pour chaque type d'ouvrage ou de stockage d'eau, ainsi que les mesures de réglementation d'activités dans chaque périmètre de protection qualitative (J.O. 30 rajab 1426, 4 septembre 2005).

Article 2

Conformément à la disposition de l'article précédent, et selon les nécessités de prévention des risques de pollution, la protection qualitative des ressources en eau est assurée par trois types de périmètres de protection (J.O. 30 rajab 1426, 4 septembre 2005).

Périmètre de protection immédiate (P.P.I)

Le périmètre de protection immédiate qui a pour but d'empêcher l'introduction directe de substances polluantes dans l'eau.

Périmètre de protection rapprochée (P.P.R)

Le périmètre de protection rapprochée qui a pour but d'empêcher la dégradation de la qualité de l'eau par migration souterraine ou superficielle de substances dangereuses, toxiques ou indésirables à partir des lieux d'émission des pollution, son étendue le lieu d'émission de la pollution et le point de prélèvement de la ressource en eau.

Périmètre de protection éloignée (P.P.E)

Le périmètre de protection éloignée qui a pour but de prolonger le périmètre de protection rapprochée pour renforcer la protection contre les risques de pollution chroniques, diffuses ou accidentelles, son étendue périmètre de protection rapproché à la limite du bassin versant pour les eaux superficielles ou du bassin d'alimentation pour les nappes d'eau souterraines.

La Figure ci-dessous représente les périmètres de protection :

1. Périmètre de protection immédiate (PPI) ;
2. Périmètre de protection rapprochée (PPR) ;
3. Périmètre de protection éloignée (PPE) ;

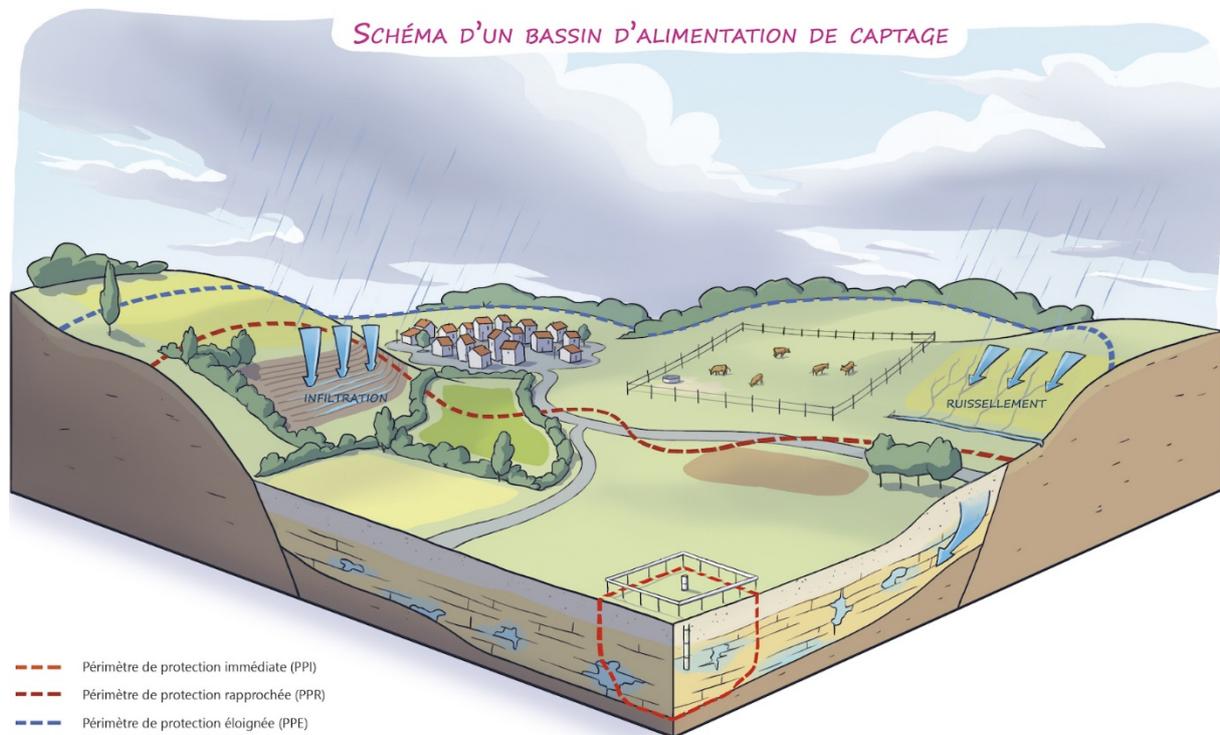


Figure 26 : Délimitation des périmètres de protection de captage d'eau

Article 3

La récupération suffisante des coûts d'intervention publique liés à la protection quantitative et qualitative des ressources en eau et des milieux aquatiques, à travers des systèmes de redevances d'économie d'eau et de protection de sa qualité. (J.O. 30 rajab 1426, 4 septembre 2005).

Article 4

La protection qualitative autour des parties vulnérables des nappes d'eau souterraine ou des oueds est assurée exclusivement par l'établissement d'un périmètre de protection rapprochée et d'un périmètre de protection éloignée. (J.O. 30 rajab 1426, 4 septembre 2005).

VIII. Objectif de la Protection du champ captant d'Ain Skhouna

Dans une zone de captage, les eaux souterraines sont menacées par les divers types de pollution causés par les diverses activités menées dans la région. Il est donc nécessaire de prendre des mesures appropriées pour réduire le risque de contamination de ces ressources. Il en résulte que la délimitation des périmètres de protection est une priorité.

VIII.1. Zone de protection immédiate

La zone de protection immédiate varie entre 10 à 20 m autour du captage.

En ce qui concerne le puits du champ captant d'Ain Skhouna de la zone de protection immédiate présentera un carré de 15 m de côté.

VIII.2. Zone de protection rapprochée

Pour la délimitation du périmètre de protection rapprochée, il faut calculer dans un premier temps la zone d'appel du captage, puis à chercher la distance correspondante au temps de transfert souhaité, dans la direction d'écoulement. Cette méthode demande un pompage d'essais et certaines données : Porosité efficace, perméabilité, épaisseur de l'aquifère, gradient hydraulique.

VIII.3. Zone de protection éloignée

La fonction d'une zone d'étude tampon autour de la zone rapprochée, elle constitue une protection contre les installations et activités qui représentent un risque important pour les eaux souterraines, elle permet de disposer de suffisamment d'espace et de temps pour intervenir et pour prendre les mesures d'assainissement nécessaires.



Figure 27 : Délimitation des périmètres de protection de captage d'eau d'Ain Skhouna

IX. Conclusion

Afin d'être conforme à la loi sur l'eau protection nous avons déterminé les périmètres de protection par la méthode de Wyssling. Ces périmètres doivent être respectés et surveillés par un agent du service de l'eau notamment pour le périmètre rapproché qui est le plus délicat, en raison des contraintes qui sont imposées aux occupants de l'espace. Concernant la gestion du périmètre immédiat et celle du périmètre éloigné sont relativement faciles.

Conclusion Générale

Sur le plan géologique la région du bassin versant du chott chergui est constituée par des terrains d'âge secondaires. Les affleurements du jurassique moyen correspond par des calcaréo-dolomitiques aaléno-bathonien sont surmonté parfois de formations marneuses callovo-oxfordiennes. Au nord-est du bassin, des calcaires sénoniens sont transgressifs sur les différents termes plissés du jurassique et du crétacé. Les terrains secondaires plongent du nord au sud et disparaissent sous le remplissage tertiaire. Au versant sud du bassin versant du chott chergui les formations affleurants secondaires comprennent le jurassique supérieur, le crétacé inférieur jusqu'à l'albien.

D'un point de vue Hydrogéologique, on peut distinguer 3 principales formations aquifères au sein du bassin du Chott Chergui :

- L'aquifère aaléno-bathonien, formations affleurant au Nord du bassin.
- L'aquifère barrémo-albien, formations affleurant au Sud du bassin.
- L'aquifère tertiaire.

La présence de plusieurs sources artésiennes dans le bassin indique un potentiel aquifère important.

Ain Skhouna, liée au réservoir Aaléno Bathonien se trouve le plus grand réservoir de la région qui était recoupée par un forage de 200 m de profondeur.

L'équipement du forage a pu être effectué dans de très bonnes conditions grâce à la lecture de l'enregistrement de la diagraphie en corrélation avec les cuttings.

Le type de tube crépines dans ce forage de Ain Skhouna été du PVC

Le forage réalisé a été fait selon les prescriptions techniques suivantes : au début c'est avant trou après tube guide de 20 pouces de diamètre, Forage reconnaissance de 12 pouces de diamètre, ensuite l'opération de diagraphie permettant de préciser les niveaux productifs et finalement l'examen de cuttings qui a permis d'établir la coupe ou log lithologique du forage.

À la fin les essais de puits exécutés sur le forage nous ont permis de déterminer ces caractéristiques hydrauliques, qui sont le débit d'exploitation 37 l/s avec un niveau statique et dynamique identique égalent à 07 m, d'où un rabattement nul.

Références bibliographiques

A.B.H. Agence de Bassin Hydrographique. Les cahiers de l'Agence.

A.N.R.H. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Albert M. (1986) : Forage d'eau, guide pratique, ingénieur A& M- ICF 237P.

Andric L-B et Jean-Claude R, (1989).

Bakir K. et Rebhi F., (1993) : Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée d'O.Saida. Activité thermique des eaux de Hammam Rabin.

Belaoul A. (1986) : Notice explicative de la carte de vulnérabilité à la pollution. SAIDA 1/50000.

Bessalet A. Boudi M. (2019) : Suivi hydrogéologique des travaux de réalisation d'un forage d'eau F26 pour l'AEP de la ville de L'Arbaa (Plaine de Mitidja).

Birbent J.N., (1950) : Exploration souterraines dans l'ouest algérien. Ann. Spéléo.

Bouselsal B. Forage d'eau 2015.

C.D.T.N. (1994) : Étude isotopique et hydrochimique des eaux souterraines de la région de Saida.

Castany G. (1982) : Principe et méthode de l'hydrogéologie, BORDAS, paris : ISBN, 236p.

Clair A., (1952) : Étude hydrogéologique des monts de Saida. Act XIXeme. Cong. Geol...intern. (Alger 1952).

Clair A., (1956) : Eude Hydrogéologique du Chott Ech chergui supplément scientifique N° 7 4e trimestre 1955- 1e trimestre 1956 Bulletin annexe au n° 27 de « Terre et Eaux ».

CORNET. A, 1952 : l'Atlas saharien sud-oranais. XIX congr. Géol. Intern. Alger, Monographies régionales, 1ère série

Decamps P. (1970) : Étude hydrogéologique de la région de Saida.

Ganev M. Kbristeehev J. et Moev M. (1969) : Carte géologique du djebel Sidi Youcef. Sere. Géol. d'Algérie.

Hallonet M. et Kemmel IV1. (1975) : Étude géophysique de la région d'Ain el hadjar.

IFR1 (1988) : Expédition rivière souterraines et plongée de siphons dans l'ouest d'Algerie.Rev Spe. Club. Boufarik...

Journal.O : 30 rajab 1426. 4 septembre (2005).

Kanoun H. et Saidi Z. (2020) : Implantation et suivi hydrogéologique des travaux de forage d'eau pour l'alimentation en eau potable de la commun d'Ain Soltane wilaya de Saida.

Maizi, D. (2007) : Etude hydrogéologique du bassin versant du Chott Ech Chergui : cas du Synclinal d'El BAYADH, Magister USTHB.

Maizi, D. et Issaadi, A. (2014) Caractérisation hydrochimique et isotopique des eaux de l'Aaléno-Bathonien du bassin versant du Chott Ech Chergui (Hauts Plateaux Ouest - Algérie) Bulletin du service géologique national de l'Algérie, volume 25, n° 1/Janvier 2014.

Michel D. (1993) : Forage d'eau, réalisation, entretien et réhabilitations, Masson paris 1993,376p.

Michel D, (1993) : Le forage d'eau Réalisation, entretien et réhabilitation, Masson paris. Livre. P : 207-212.

Nassah H.Omdi F E. (2010-2011) : Mémoire de tin d'études.

Sethyor. (1982) : Protection de la nappe de Saida.

Vassolo S. (2014) : Guide National de Détermination des Périmètres de Protection des Captages d'Eau destinée à la Consommation Humaine. Coopération Allemande / Institut Fédéral des Géosciences et Ressources Naturelles (BGR) / GPES Gestion et Protection des Ressources en Eau Souterraine au Burundi.