

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Thème

Le forage d'eau : Aspects théorique et pratique :

Cas du forage : F01(Zekri, Tizi-Ouzou).

Réalisé par :

STITI Juba

Soutenu le 13/10/2022 devant le jury composé de :

M. AMROUCHE Farid.....	M. A. A. à l'UMMTO.....	Président
M. KARDACHE Ramdane.....	M. C. A. à l'UMMTO.....	Promoteur
M ^{lle} BOUKERB Sophi.....	Ingénieur à Foremhyd.....	Co-promoteur
M. DROUCHE Abdelmadjid.....	M. C. B. à l'UMMTO.....	Examineur

Année Universitaire 2021/2022

Remerciement

Je tiens à présenter mes plus profonds et sincères remerciements à ma copromotrice Mademoiselle Boukerb S. qui a sacrifié son temps pour m'aider dans la réalisation de ce mémoire par son entière disponibilité à mon égard malgré les conditions exceptionnelles.

Je voudrais aussi remercier grandement monsieur KARDACHE, Chef de département des sciences géologiques qui a accepté d'encadrer mon travail. Je lui suis reconnaissant pour le temps qu'il a consacré pour corriger mon travail. Je le remercie aussi pour m'avoir transmis son savoir et son aide et son soutien tout au long de ces années.

Je tiens à remercier sincèrement l'ensemble des personnes qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce travail :

- **Les membres de l'agence nationale des ressources hydrique (ANRH, Tizi Ouzou) particulièrement Monsieur Bouadjla M.**
- **Monsieur Mokrani M. de l'hydraulique de Tizi-Ouzou.**

Mes remerciements seraient incomplets si je n'adressais pas ma gratitude à tous mes enseignants du département des Sciences géologiques qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Je tiens à présenter mes vifs remerciements aux membres de jury qui me font l'honneur d'examiner mon travail

A la fin, je remercie chaleureusement et à titre personnel mes très chers parents pour leur Amour, leur soutien moral dans les moments difficiles que j'ai endurés au cours de mon cursus et leurs prières pour moi, à mes sœurs et à mon frère pour son aide morale et financière depuis mon enfance.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère et mon père qui ont fait des sacrifices et cru en moi tout au long de mon parcours universitaire.

A mon frère et sœurs bien aimés, pour leurs encouragements et leurs soutiens. Sans eux ma vie n'aura pas de sens.

A toutes la familles STITI.

A tous mes amis sans exception.

A toute la promotion d'Hydrogéologie « 2021/2022 »

A tous les Géologues de l'UMMTO.

JUBA STITI

Résumé :

L'augmentation de la demande en eau dans le Nord de l'Algérie est liée essentiellement à l'augmentation du nombre d'habitants, le développement industriel et agricole. La faible pluviométrie observée dans ces dernières années a compliqué la situation dont le volume d'eaux stocké dans les barrages a baissé considérablement. Un programme de réalisation de forages a été lancé par les décideurs du domaine hydraulique pour compenser le déficit. La wilaya de Tizi-Ouzou a bénéficié d'un lot de 13 forages pour capter les eaux souterraines afin de renforcer les capacités d'alimentation en eau potable. Le forage F01 ZEKRI, localisé dans la daïra de Azazga, a été retenu pour le suivi dans le cadre de notre projet de fin d'étude. C'est un forage de 49 m de profondeur, réalisé par Battage, pour capter la nappe de l'Oligocène. Le programme de réalisation du forage est composé de plusieurs étapes. la foration et la mise en place du tube de maintien, l'analyse des cuttings a permis d'identifier les niveaux d'eau et d'établir un programme de tubage. Après la mise en place des tubes en TNRS et le massif filtrant, le forage a été nettoyé par développement à l'air lift.

Mots clé : Forage, Battage, Nappe, Air lift, Oligocène. Eaux souterraines, Azazga.

Abstract:

The increase in water demand in northern Algeria is mainly linked to the increase in the number of inhabitants, industrial and agricultural development. The low rainfall observed in recent years has complicated the situation, whose water level stored in dams has dropped considerably. A drilling program has been launched by decision-makers in the hydraulic field to compensate for the deficit. The wilaya of Tizi-Ouzou has benefited from a batch of 13 boreholes to capture groundwater in order to strengthen drinking water supply capacities. Drilling F01 Zekri), located in the daira of Azazga, was selected for monitoring as part of my end-of-study project. It is a drilling of 49 m deep, carried out by Battage, to capture the aquifer the sandstones of Oligocene... The drilling program is composed of several étapes. la drilling and the installation of the holding tube, the analysis of the cuttings allowed to iden ...

Key words: Ground, Battage, Aquifer, Airlift , Oligocene, Groundwater, Azazga.

Liste des abréviations

A :	Surface (km ²)
AEP :	Alimentation en Eau Potable
ANRH :	Agence Nationale des Ressources Hydriques
BV :	Bassin Versant
CGG :	Campagne Générale de Géophysique
Kc :	Indice de Compacité
L :	Longueur du rectangle équivalent (km)
l :	Largeur du rectangle équivalent (km)
MFT :	Marteau Fond de Trou
ND :	Niveau Dynamique
NS :	Niveau Statique
P :	Périmètre (km)
PS :	Polarisation Spontanée
PVC :	Polychlorite de vinyle
Q :	Débit (m ³ /s)
S :	Coefficient d'emmagasinement
s :	Rabattement (m)
SBV :	Sous Bassin Versant
T :	Transmissivité (m ² /s)
t :	Temps (s)
TNRS :	Tôle Noire Roulée Soudée

Chapitre 01 : présentation de la zone d'étude

Introduction générale	4
1.1. Situation géographique	4
1.2. Caractéristiques morphologiques du sous bassin versant Cap Sigli.....	5
1.2.1. Indice de compacité de Gravelius.....	5
1.2.2. Rectangle équivalent	6
1.3. Réseau hydrographique	7
1.4. Couvert végétal.....	7
1.5. Cadre climatologique.....	8
1.5.1. Etude des précipitations.....	9
➤ Précipitations mensuelles	9
➤ Précipitations annuelles.....	11
1.5.2. Etude des Températures	12
Conclusion	15

Chapitre 02 : Contextes géologique et hydrogéologique

Introduction.....	23
2.1 Contexte géologique.....	24
2.1.1 Les zones internes	24
➤ Le socle kabyle.....	25
➤ La dorsale kabyle.....	25
2.1.2 Le domaine des flyschs	26
2.1.3 Les zones externes.....	27
2.2 Géologie locale.....	28
2.3 Cadre tectonique.....	32
2.4 Contexte hydrogéologique.....	26

Sommaire

Conclusion	33
------------------	----

Chapitre 03 : Conception d'un forage : aspect théorique

Introduction.....	35
3.1. Présentation d'un forage.....	35
3.1.1. Le forage.....	35
3.1.2. Types de forages.....	35
3.1.3. Technique de foration.....	36
3.2. Description de la machine de foration : forage par battage.....	38
3.2.1. Principe d'un appareil de forage par battage.....	38
3.2.2. L'appareil de forage et ces différents organes.....	40
3.3. Description des travaux de foration.....	44
a. Mode de foration	44
b. Réalisation de la plate-forme, des bassins de boue et rigoles.....	44
c. Profondeur	45
d. Diamètre de la perforation.....	45
e. Enregistrement des diagraphies.....	45
f. Mise en place du tubage	46
g. Mise en place des crépines	46
h. Massif filtrant	46
i. Développement et traitement à l'hexa-métaphosphate	46
Conclusion	48

Chapitre 04 : Conception de forage : Aspect pratique

Introduction.....	42
4.1. Présentation du forage F01 ZEKRI.....	42
4.2. Déroulement des travaux du forage F01	44
4.2.1 Installation du tube guide	44

Sommaire

4.2.2 La foration	44
4.2.3 Etude des cutting	47
4.2.4 Diagraphie	49
4.2.5 Mise en place du tubage et massif filtrant.....	50
Conclusion.....	52

Chapitre 05 : Suivi des forages

Introduction.....	65
5.1. Localisation des forages	65
5.2. Description et coordonnées des forages étudiés.....	65
Conclusion	74
Conclusion générale... ..	62
Références bibliographiques	

Liste des figures

Figure 1. 1: Carte représentative de la zone d'étude.....	4
Figure 1. 2: Forme du bassin versant en fonction de la valeur de l'indice de Gravelius Kc.....	5
Figure 1. 3: Réseau hydrographique du sous bassin versant Cap Sigli.....	7
Figure 1. 4: Exemple de forêt de liège	8
Figure 1. 5: Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles de la station Yakourene.	10
Figure 1. 6: Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles de la station Tagma.	8
Figure 1. 7: Précipitations moyennes annuelles des station Yakourene et Tagma.(2008-2018).	11
Figure 1. 8: Variations des Températures moyennes mensuelles a la Station Tizi- Ouzou (2012-2019).	12
Figure 2. 1: Les différents domaines géologiques en Algérie.....	24
Figure 2. 2: Situation de la zone étudiée dans l'orogène alpin périméditerranéen (D'après M. Durand Delga, 1969).....	26
Figure 2. 3: Rapport entre les grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (D'après M. Durand Delga, 1969).....	26
Figure 2. 4: Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides.	27
Figure 2. 5: Carte géologique de Cap Sigli	28
Figure 2. 6: Colonnes litho stratigraphiques des flyschs Massylien et Mauritanien (J.P. Gélard, 1979).	31
Figure 2. 7: Carte structurale.....	32
Figure 3. 1: Composants d'un appareil de forage par battage	38
Figure 3. 2: Moteur	41
Figure 3. 3: Treuil	41
Figure 3. 4: Mât.....	42

Liste des figures

Figure 3. 5: Câble.....	43
Figure 3. 6: Poulie articulée	43
Figure 3. 7: Trépan.....	44
Figure 3. 9: Développement au système d'Air-lift.....	48

Liste des figures

Figure 4. 1: Localisation du point du forage	51
Figure 4. 2: Bassin de boue et rigoles.	51
Figure 4. 3: Tube guide en TNRS.	52
Figure 4. 4: Chute du Trépan.	54
Figure 4. 5: Curage du trou de forage à l'aide d'une curette à clapet.	55
Figure 4. 6: Remontée de la curette de débris.	45
Figure 4. 7: Vidange de la curette de ses déblais.	46
Figure 4. 8: Grés argileux.	58
Figure 4. 9: Grés gris.	58
Figure 4. 10: Grés jeune	47.
Figure 4. 11: Coupe du forage.....	59
Figure 4. 12: Mise en place du tubage	61
Figure 4. 13: Crépines utilisées	50.
Figure 4. 14: Massif filtrant	50
Figure 4. 15: Sortie d'eau à haute pression avec des déblais.....	62
Figure 5. 1: Localisation des points de forages.....	65
Figure 5. 2: Forage F01 zekri.....	67
Figure 5. 3: Conduite utilisée	68
Figure 5. 4: Forage Assi-Youcef , développement.	68
Figure 5. 5: Compresseur utilisé	69
Figure 5. 6: Forage Ouadias.....	69
Figure 5. 7: Fiche technique F 01 Ouadias.	70
Figure 5. 8: Enregistrement de la diagraphie.	71
Figure 5. 9: Forage Ait Bouadou.....	73

Liste des tableaux

Tableau 1. 1: Tableau représentant les dimensions du rectangle équivalent.	6
Tableau 1. 2: Caractéristiques des stations adoptées (ANRH).....	9
Tableau 1. 3: Récapitulatif des précipitations moyennes mensuelles	6
Tableau 1. 4: précipitations moyennes annuelles (2008-2018).....	11
Tableau 1. 5: Températures moyennes mensuelles (en degrés Celsius) de la Station Tizi- Ouzou (2012-2019).....	12
Tableau 5. 1: Données du forage.....	50

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La wilaya de Tizi-Ouzou a connu un manque des précipitations et un développement socio-économique durant les deux dernières décennies. Cette situation a engendré une demande d'eau importante. Un programme d'urgence de réhabilitation et de réalisation de nouveaux forages a été affectué, pour permettre d'assurer une alimentation continue en eau potable à travers la wilaya durant cet été pour parer au manque de pluviométrie enregistré cette année et qui a induit une baisse du niveau de stockage du barrage de Taksebt, principale source d'alimentation en eau potable, de la wilaya. Zekri est l'une des communes qui connaît un déficit en eau potable depuis plusieurs années.

Dans le cadre de mon projet de fin d'étude, ma mission a consisté en un suivi technique lors de la réalisation du forage F01 implanté dans le village de Tabarourt commune Zekri. Cet ouvrage hydraulique est destiné à l'alimentation en eau potable de la population de ce village.

Mon travail est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré :

- Une présentation des caractéristiques générales ;
- La situation géographique ;
- Les caractéristiques morphométriques et hypsométriques ;
- L'aspect climatologique ;

Le deuxième chapitre :

- Les aspects géologiques local et régional et l'Hydrogéologique du la région de Zekri

Le troisième chapitre présente :

- Les différents types de foration ;
- Décrit les moyens matériels du forage par Battage ;
- Rotary et marteau fon de trou ;

Introduction générale

Le quatrième chapitre :

- Le déroulement des travaux du forage F01 sur les différentes étapes : installation du chantier, la mise en place de tubage (Guide et de maintien) ;
- Le cinquième chapitre :
- Compte rendu des visites de chantiers de forages dans la willaya de Tizi-Ouzou

Une conclusion générale et des recommandations qui clôturent le travail.

Chapitre 1

Présentation de la zone d'étude

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation générale de la zone d'étude. Après la situation géographique, on s'intéresse essentiellement aux caractéristiques morphométriques, hydrologiques et climatologique du sous bassin versant Cap Sigli

1.1. Situation géographique

Zekri est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, située dans la daïra d'Azazga. Elle est localisée à 75 km au Nord-est de Tizi-Ouzou. (Figure 1.1)

Sur le plan administratif, Zekri est limitée :

- Au Nord par Ait Chafai
- À L'Est par Adekkar
- Au Sud par Akfadou
- A l'Ouest par Yakouren

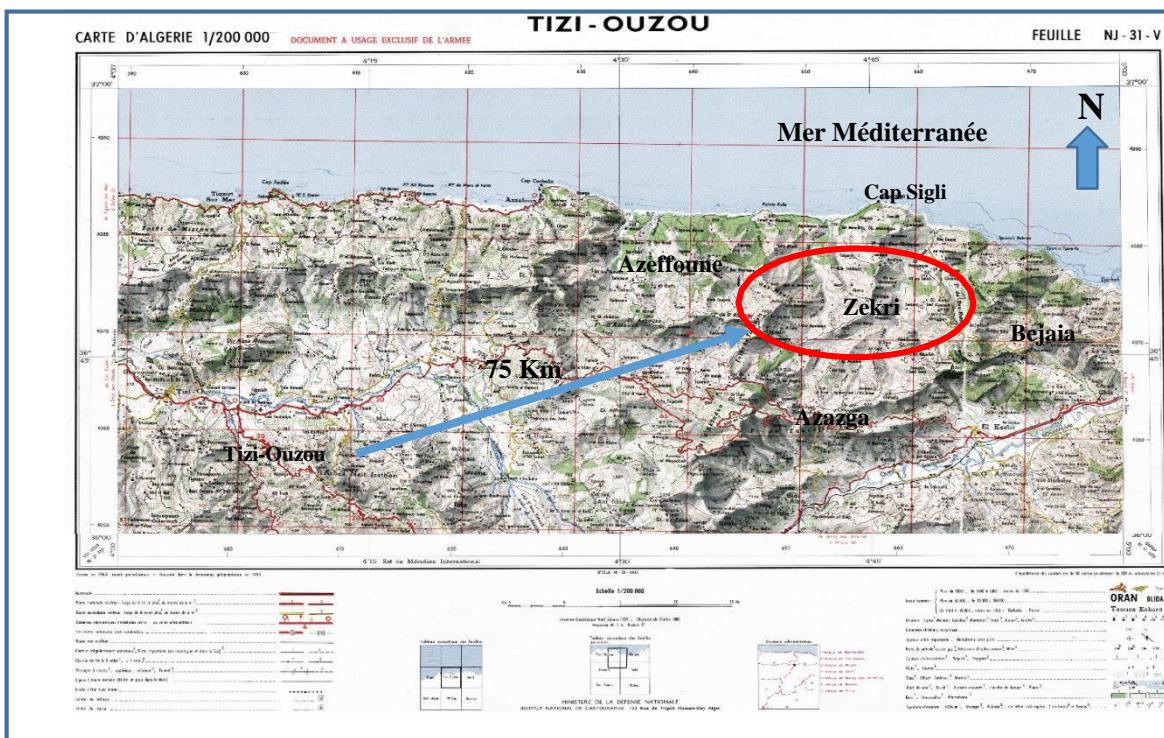


Figure 1. 1: carte de localisation de la zone d'étude.

1.2. Caractéristiques morphologiques du sous bassin versant Cap Sigli

La forme du sous bassin versant joue un rôle important sur les modalités des écoulements superficiels, un bassin allongé ne réagira pas de la même façon qu'un bassin de forme ramassée. En effet, le temps de concentration des eaux sera plus long dans le cas du bassin allongé car la distance entre le point le plus éloigné et l'exutoire est plus importante, ce qui favorise l'infiltration au dépend du ruissellement si les conditions sont favorables.

1.2.1. Indice de compacité de Gravelius

La forme du bassin est caractérisée par l'indice de compacité de Gravelius (K_c) défini par la formule suivante :

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K_c = \frac{162,7}{2\sqrt{3,14 \cdot 962}} = 1,48$$

P	Périmètre du sous bassin versant = 162,7 km
A	Surface du sous bassin versant = 962 km ²

D'après la figure 1.2 et la valeur du K_c obtenue, on constate que le sous bassin versant du Cape sigli présente une forme peu allongée, ce qui favorise l'infiltration au dépend du ruissellement.

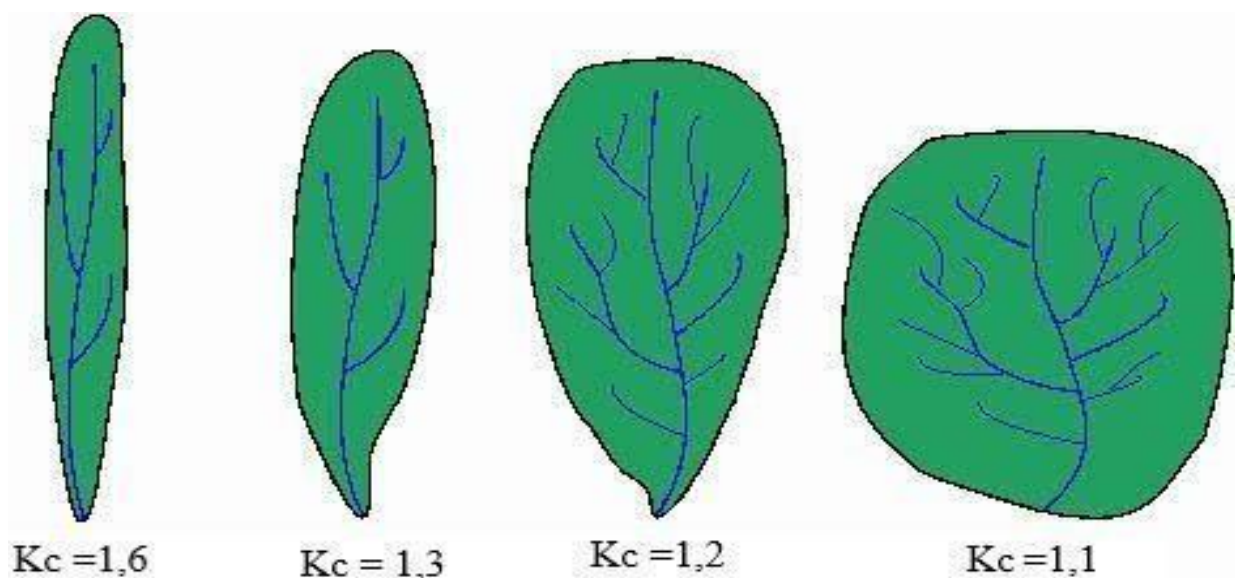


Figure 1. 2: Forme du bassin versant en fonction de la valeur de l'indice de Gravelius K_c .

1.2.2. Rectangle équivalent

La méthode consiste à déterminer les dimensions d'un bassin fictif de forme rectangulaire ayant même superficie, même périmètre et même indice de compacité que ceux du bassin versant initial.

La formule qui nous permet de déterminer les dimensions du rectangle équivalent (longueur et largeur) s'écrit comme suit :

Parameter	Unité	Formule de calcul	
Superficies (S)	Km ²		962
Périmètre (P)	Km		162.7
Longueur du rectangle équivalent (L)	Km	$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Kc} \right)^2} \right]$	67,78
Larguer du rectangle équivalent (I)	Km	$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Kc} \right)^2} \right]$	14,35

Tableau 1. 1: le tableau représente les dimensions du rectangle équivalent.

On constate que la largeur du rectangle équivalent est approximativement quatre fois plus petite que sa longueur, confirmant ainsi les résultats obtenus par le calcul du Kc.

1.3. Réseau hydrographique

Le sous bassin versant du Cap sigle est caractérisé par un réseau hydrographique dense.

Oued DAAS a une longueur de 30km depuis la forêt de TAKSEBT jusqu'à son embouchure sur la mer Méditerranée.

Le réseau hydrographique est bien développé, la convergence des oueds forment les drains principaux qui déversent vers la mer dont les écoulements se font du Sud vers le Nord.

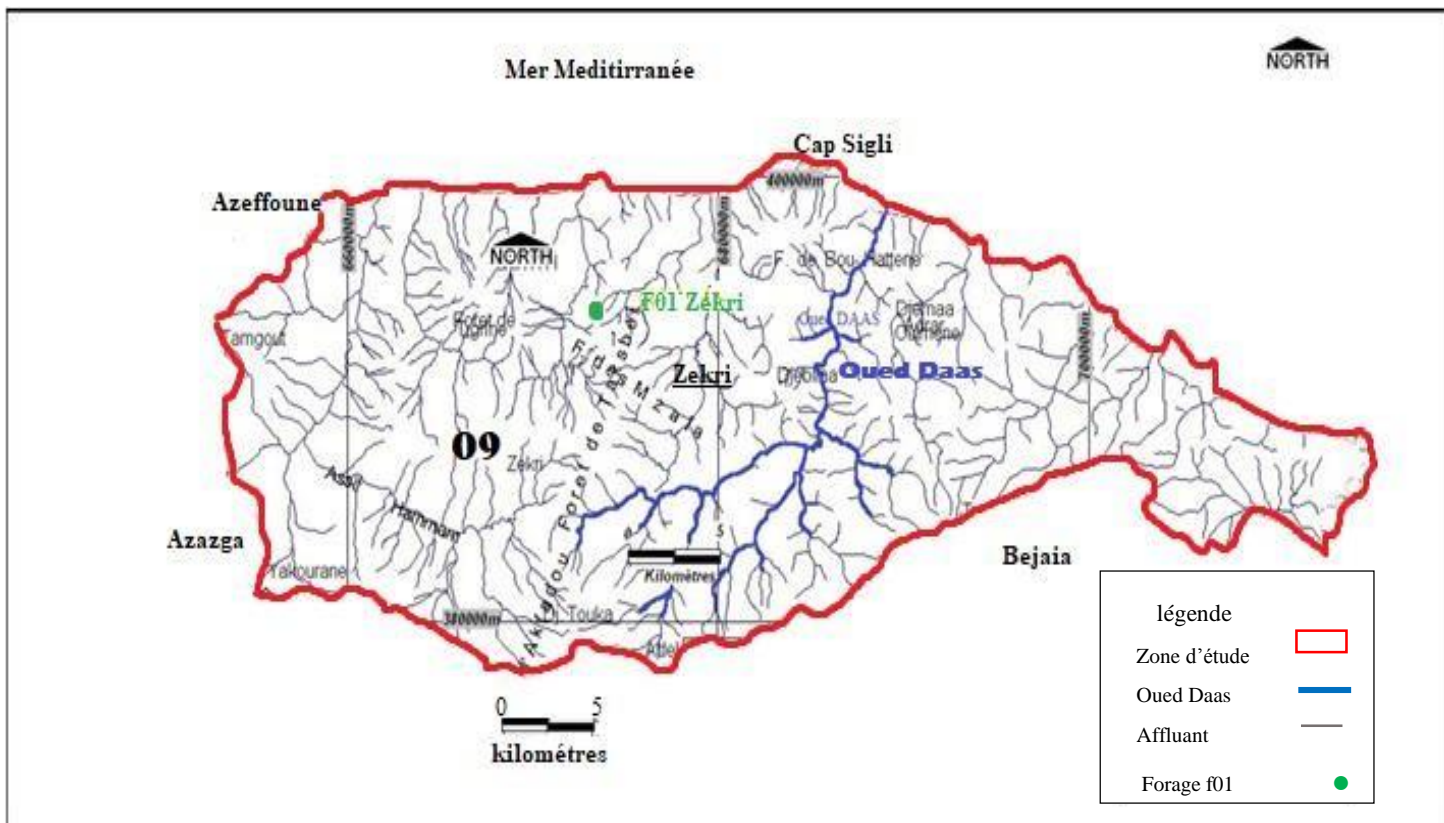


Figure 1. 3: Réseau hydrographique du sous bassin versant Cap Sigli (ANRH)

1.4. Couvert végétal

Le couvert végétal est un facteur primordial qui affecte les écoulements superficiels, non seulement il amortit les crues en freinant le ruissellement, mais aussi agit sur la qualité physique des eaux du cours d'eau qui seront moins chargés en matières solides.

La végétation influe positivement sur l'écoulement superficiel en le ralentissant, ce qui donne ainsi à l'eau plus de temps pour s'infiltrer dans le sol, enfin le feuillage protège le sol de l'impact de la pluie et diminue par conséquent le phénomène de Battance (la formation des croutes entraîne une baisse de l'infiltration de l'eau dans le sol).

La répartition de la végétation dans notre zone d'étude est comme suit : Sur les collines, on trouve essentiellement la pratique de la céréaliculture, des fourrages et sur les montagnes et les piémonts, c'est la zone où prédomine la culture d'olives et d'autres espèces forestières telles que le peuplier, le chêne liège et le pin.

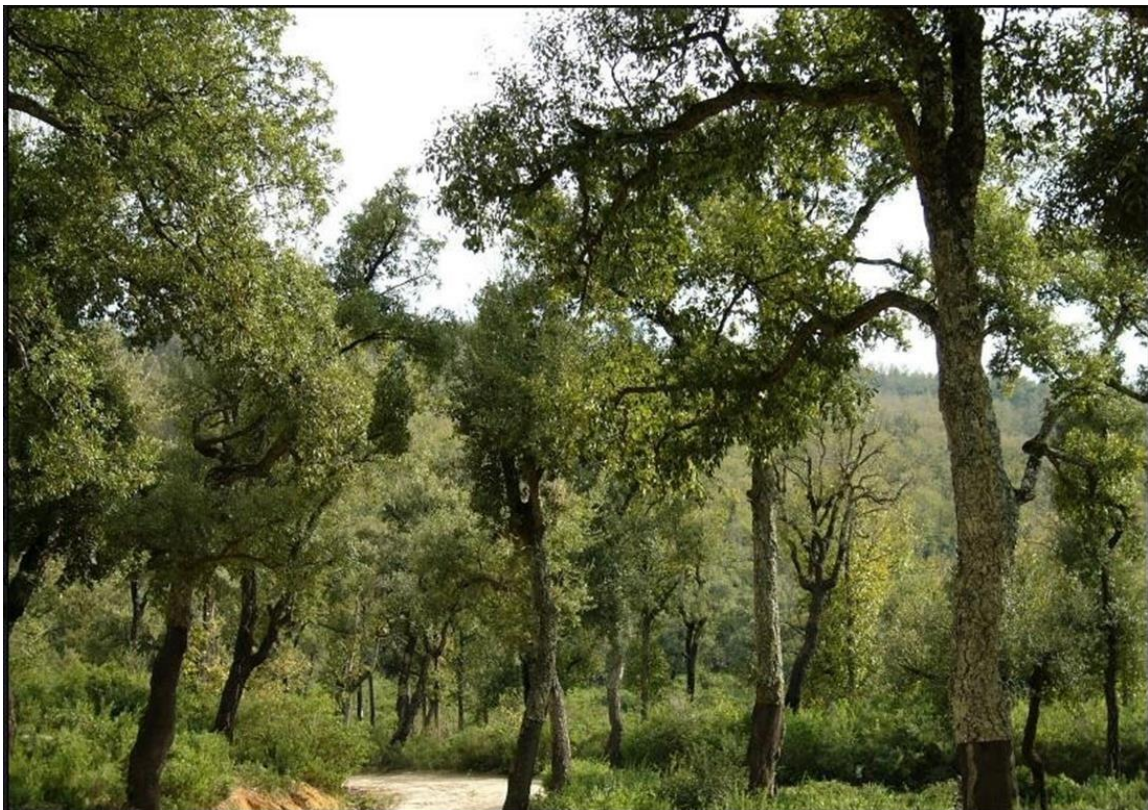


Figure 1. 4: forêt de liège.

1.5. Cadre climatologique

Dans ce travail, on étudie les caractéristiques climatiques de la région du Cap Sigli, afin d'estimer les différents termes de son bilan hydrologique.

Les données des précipitations recueillies sont enregistrées au niveau des stations *de Yakourene, et Tagma*. (Tableau 2).

Tableau 1. 2: Caractéristiques des stations adoptées (ANRH).

Stations	Coordonnées Lambert		Altitude	Code	Paramètres	Périodes
	X (km)	Y (km)	Z (m)			
Yakouren	655,2	382,15	820	020902	Pluviométrie	2008-2018
Tagma	660,25	382,95	950	020909	Pluviométrie	2008-2018

1.5.1. Etude des précipitations

Les précipitations et leurs intensités jouent un rôle important dans le processus de la recharge des aquifères de notre zone d'étude.

➤ Précipitations mensuelles

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des précipitations mensuelles observées au niveau des stations adoptées, ainsi que les totaux annuels.

Tableau 1. 3: Récapitulatif des précipitations moyennes mensuelles (2008-2018) en mm.

	Sept.	Nov.	Oct.	Déc	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jui	Juil	Août	Annuel
Yakourene	29,60	222,80	270,20	43,79	277,10	94,8	170,39	113,40	90,90	1,89	10,8	5,30	1330,97
Tagma	33,59	180,39	147,19	63,40	350,5	24,8	152,10	74,40	133,30	4,19	0	8,80	1172,66

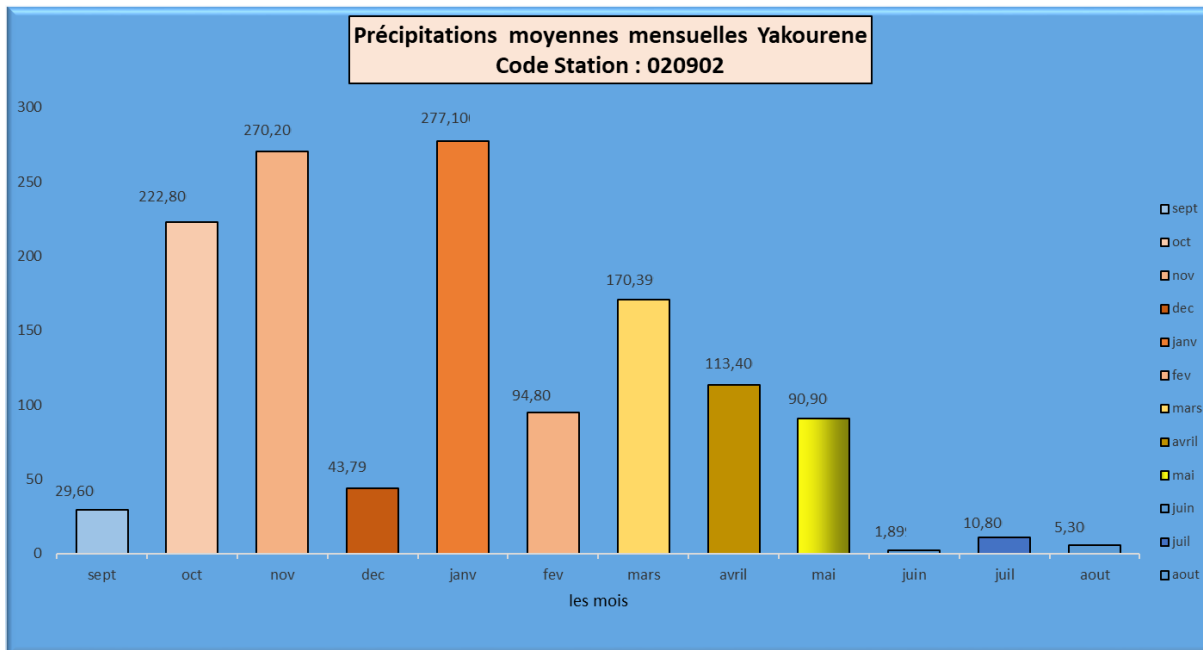


Figure 1.5 Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles de la station Yakourene (tableau 1.3)

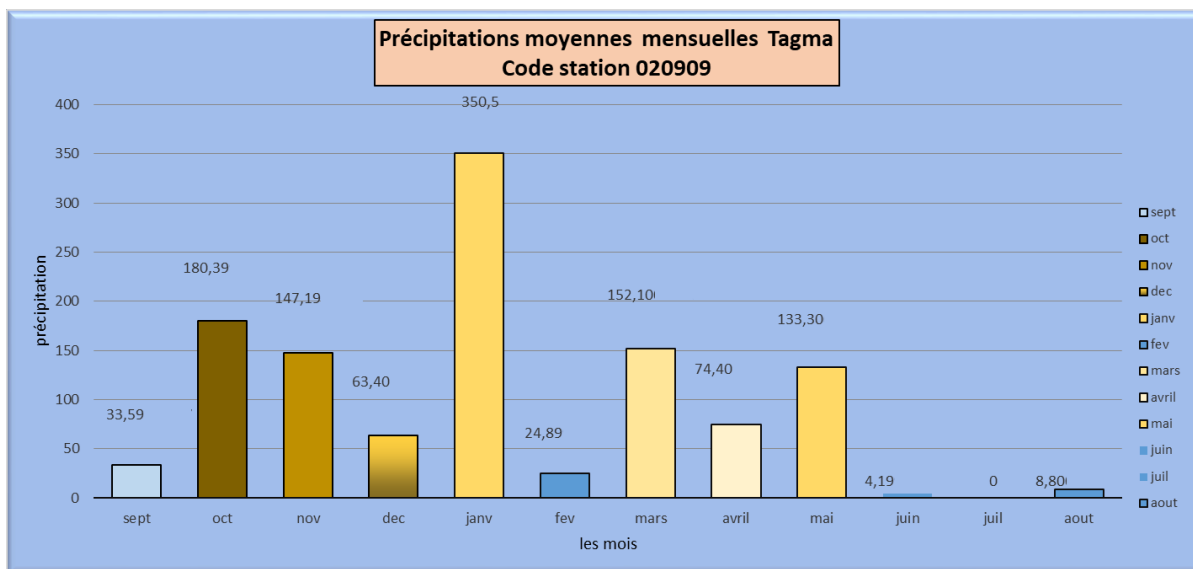


Figure 1.6 Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles de la station Tagma (tableau 1.3)

Selon les résultats obtenus, on remarque que les mois de **novembre**, **décembre** et **janvier** sont les plus pluvieux ; tandis que **juin**, **juillet** et **août** sont les plus secs

➤ **Précipitations annuelles**

Les données observées dans les stations de Yakouren et de Tagma sont résumées dans le tableau . 1.4 :

Tableau 1. 4: précipitations moyennes annuelles (2008-2018)en mm .

	(2007-2008)	(2008-2009)	(2009-2010)	(2010-2011)	(2011-2012)	(2012-2013)	(2013-2014)	(2014-2015)	(2015-2016)	(2016-2017)	(2017-2018)
Yakourene	1374,9	1154,6	1334,5	1268,9	1317,8	1232,8	1316,9	1354,1	803,6	1357,6	1331
Tagma	1514,2	1264,7	1466	1162,5	1339	-	-	-	292,5	1134,8	1172,8

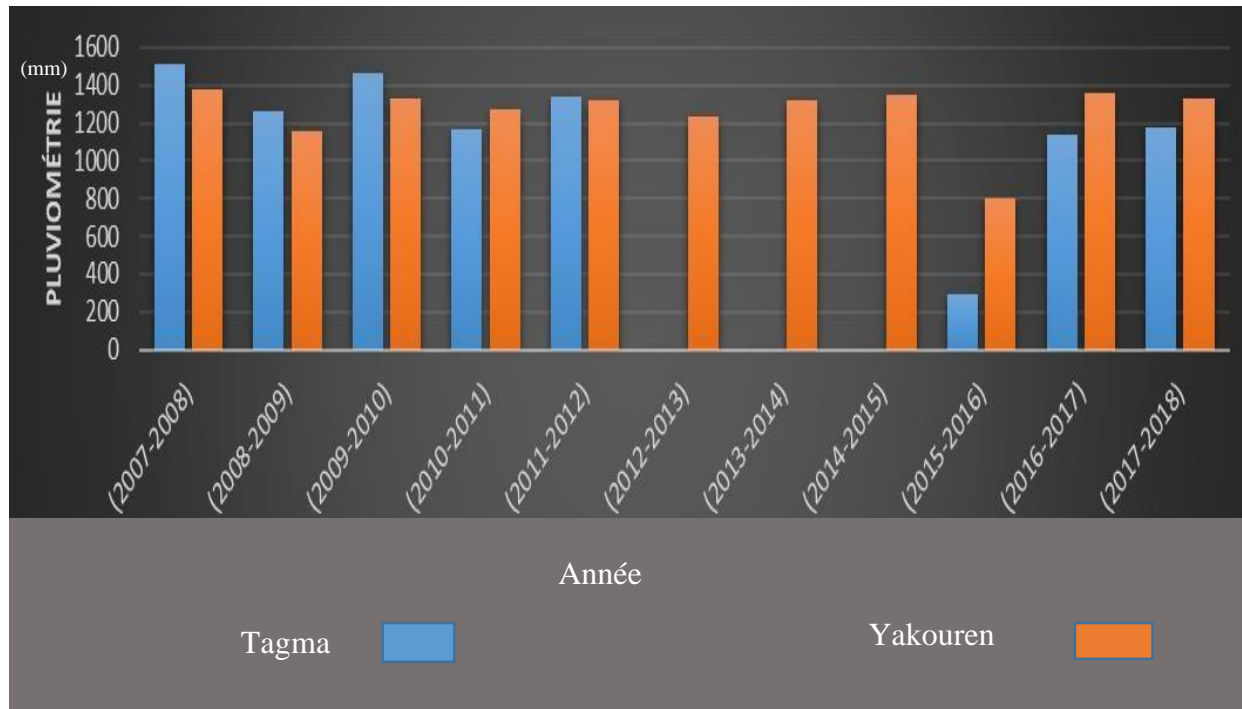


Figure 1. 5: précipitations moyennes annuelles des station Yakourene et Tagma(2008-2018).

L'analyse de la figure 1.7 permet de constater que l'année 2007-2008 est la plus pluvieuse durant la période 2008-2018, avec une précipitation de 1514,2 mm à la station de Tagama et 1375mm à la station de Yakourene et l'année 2015-2016 est la moins pluvieuse durant la même période, avec des précipitations annuelles de 292,5 mm et 803,6mm enregistrées respectivement à la station de Tagma et de Yakourene

1.5.2. Etude des Températures

La température est un facteur déterminant dans l'établissement d'un bilan hydrologique, car les phénomènes de condensation et de l'évaporation sont intimement liés à ce paramètre. Elle permet, en effet, de caractériser le régime climatique d'une région.

Tableau 1. 5: Températures moyennes mensuelles (°C) de la Station Tizi- Ouzou (2012-2019).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	Aou	Annuel
Tmax	31,6	27,8	19,4	17,1	16	15,9	19	22,7	26,9	31,8	35,9	34,9	24,9
Tmin	19,3	15,9	12,3	8,1	6,7	6,6	8,9	11,3	13,9	17,7	21,3	22,2	13,7
Tmoy	24,6	20,9	15,1	11,8	10,6	10,5	13,4	16,3	19,4	24,4	28,2	28,3	18,6

Les données récentes (2012-2019) : Pour ces données, seules les mesures relevées à la station de Tizi-Ouzou sont mises à notre disposition par l'ONM Tizi Ouzou (2012-2019)

Une décroissance rapide des températures du mois de septembre au mois de janvier et une croissance modérée des températures est observée du mois de janvier au mois d'août pour la station Tizi Ouzou.

Les mois les plus chauds sont par ordre croissant : août, juillet et septembre avec des températures importantes pour la période étudiée.

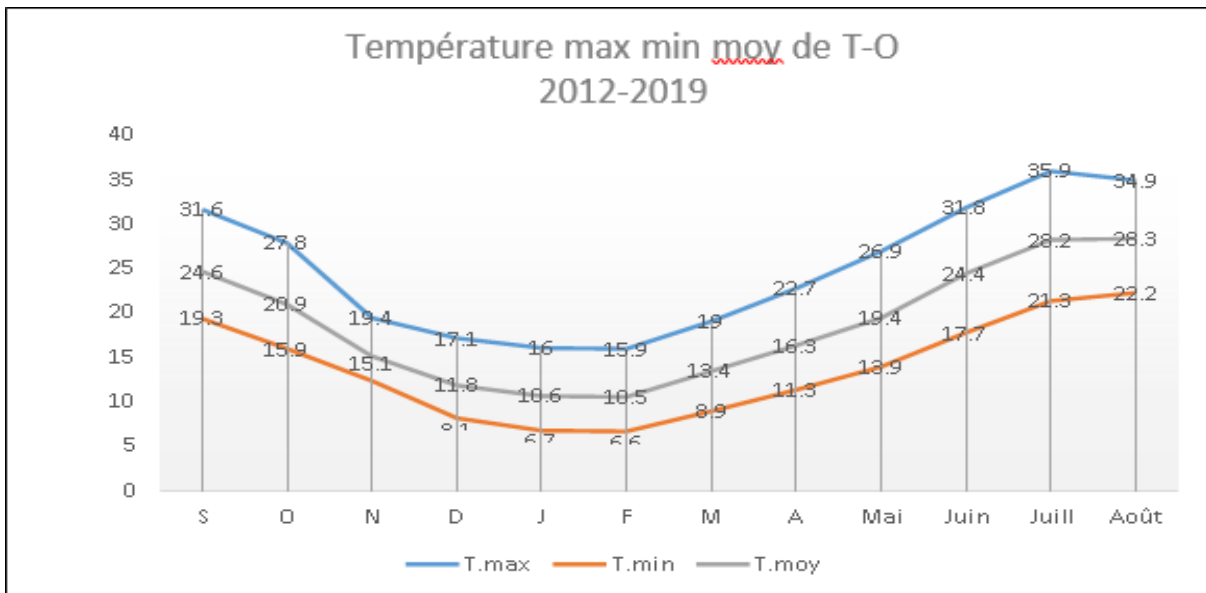


Figure 1.6 : Evolution des températures moyennes mensuelles (°C) de Tizi-Ouzou (2012-2019).

Les courbes représentatives des températures (min, moy, max) montrent pratiquement la même allure, le mois de juillet sépare les courbes en deux phases (intervalles).

- Du mois de février à Juillet : une croissance nette des températures.
- Du mois de juillet à janvier : les températures baissent pour atteindre leur minimum au mois de Décembre.

1.5.3. Etude de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est l'une des plus importantes composantes du bilan hydrologique. Elle englobe l'ensemble des phénomènes d'évaporation directe par retour dans l'atmosphère, à partir des réservoirs de surface (lacs, mers...etc.), souterrains (nappes aquifères) et de transpiration des plantes. Ce paramètre climatique conditionne l'abondance ou la disette en eau pour la végétation (représente la somme de toutes les pertes par transformation de l'eau en vapeur et résulte de la combinaison de deux phénomènes, l'un physique : l'évaporation et l'autre biologique : la transpiration).

L'évapotranspiration est un paramètre difficile à mesurer, il dépend de plusieurs facteurs variant dans le temps et dans l'espace. Les principaux paramètres qui conditionnent l'évapotranspiration sont : La température, les précipitations, l'état du sol et la végétation ; son évaluation dépend de la répartition des précipitations entre l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

Il convient de distinguer : l'évapotranspiration potentielle et évapotranspiration réelle. L'ETP est employée lorsque la surface évaporante est convenablement alimentée en eau, par opposition à l'autre, qui désigne l'évapotranspiration sans tenir compte de l'abondance de l'eau à la surface terrestre (H. Dehimi, 2007).

Il est très important de quantifier les précipitations et l'évapotranspiration sur un bassin versant, ça nous aide à reproduire son bilan hydrique, et aussi d'estimer les réserves de sol et déterminer les aires d'alimentation. Ces informations sont très utiles pour les futurs projets à impacts socio-économiques.

➤ Calcul de l'ETP

Plusieurs méthodes ont été proposées par différents auteurs pour le calcul de l'ETP, comme celles de Penman, Thornthwaite, Turc et Blannet-Cridde. Il faut décrire leurs zones climatiques d'applications.

Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite

Partant des expériences réalisées sous différents climats subhumides, Thornthwaite propose la formule suivante pour le calcul de l'ETP.

Le calcul de l'ETP se fait par la formule de suivante :

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a$$

$$I = \sum_1^{12} i \quad i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

$a = 67.5 (10^{-8}I^3) - 77.1 (10^{-6}I^2) + 0.0179I - 0.492$ cependant (L. Serra, 1954) suggère de retenir : $a = 0.016 I + 0.5$ avec : $T_{\text{moy}} = 18.6^\circ\text{C}$

ETP = Évapotranspiration potentielle (mm)

T : Température moyenne annuelle (C°)

I : Indice thermique annuel

i : Indice thermique mensuel

Les valeurs mensuelles de l'ETP ainsi calculées sont multipliées par un facteur de correction K qui tient compte à la fois du nombre de jours par mois et de la durée du jour en fonction de la latitude.

Tableau 1 Récapitulatif des résultats de l'ETP (2012-2019) :

Station de Tizi-Ouzou	Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
	Param													
	T moy	24,6	20,9	15,1	11,8	10,6	10,5	13,4	16,3	19,4	24,4	28,2	28,3	18,6
	i	11,16	8,72	5,33	3,67	3,12	3,07	4,45	5,98	7,79	11,02	13,72	13,79	91,82
	ETP (mm)	111,5	80,88	42,63	26,23	21,23	20,84	33,69	49,56	69,84	109,72	145,92	146,94	859
	K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
	ETPc	114,8	78,4	36,7	22,03	18,5	17,7	34,7	54,02	84,5	132,8	179,5	170,4	944,05

Le tableau ci-dessus montre que les valeurs moyennes mensuelles de l'ETP oscillent entre 20,84 et 146,94 mm enregistrées, respectivement, aux mois de Février et Aout. L'ETP annuelle est de 944,05 mm pour un indice thermique annuel de 91,82 mm.

➤ **Evapotranspiration réelle (ETR) :**

L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d'eau libre

L'estimation de l'ETR est facilement accessible grâce à des formules empiriques qui utilisent les données faciles à quantifier comme la température et les précipitations.

Méthode de Turc

La formule du Turc a été déduite du bilan hydrologique de 254 bassins répartis à travers la surface du globe. Cette relation est applicable à tous les climats, elle est fonction des précipitations et des températures moyenne mensuelles.

L'évapotranspiration réelle est déterminée d'après l'expression suivante :

$$ETR = D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETR : évapotranspiration réelle annuelle (mm) ; P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (C°)

L : fonction de la température moyenne annuelle en °C (Pouvoir évaporant)

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

$$P = 824 \text{ mm}, T = 18.6^\circ\text{C}, L = 1086.74$$

⇒

$$ETR = 681 \text{ mm}$$

Tableau 2 Evapotranspiration Réelle Mensuelle De la Station Tizi ouzou

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<i>L</i>	1659,34	1278,97	849,65	677,5	624,55	620,38	755,3	924,04	1150,07	1636,34	2126,29	2140,76
<i>ETR</i>	36,77	73,89	118,79	127,43	133,16	102,60	86,27	85,41	72,76	11,07	2,32	8,85

Méthode de M. Coutagne

$$ETR = De = P - \lambda P^2$$

Le déficit d'écoulement est calculé à partir de cette formule qui fait intervenir la Pluviométrie et la température avec :

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

De : déficit d'écoulement annuel en mm proche de l'évapotranspiration réelle (m/an)

\underline{P} : Précipitation moyenne annuelle en m

T : température moyenne annuelle en °C.

Cette formule est applicable pour les valeurs des précipitations comprises entre :

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$$

Si les précipitations sont inférieures à $\frac{1}{8\lambda}$ le déficit d'écoulement est pratiquement

Indépendant de P et donnée par la formule suivante : $ETR = 0.20 + 0.025 T$

Application numérique :

$$P=824 \text{ mm}=0.824\text{m}, T=18.6^\circ\text{C} \quad \lambda=0.294$$

Dans notre cas la condition est satisfaisante puisque $P = 0.824\text{m}$ et $1/8 \lambda = 0.425$ Et $1/2 \lambda = 1.71$. ($0.425 < 0.824 < 1.7$)

$$ETR = P - \lambda P^2$$

On déduit : $ETR = 625 \text{ mm}$ et représente 75.85% des précipitations

Méthode de Wundt (graphique)

L'abaque de Wundt modifiée par Coutagne donne le déficit d'écoulement que l'on peut assimiler à l'ETR ou De en prenant en considération la température moyenne annuelle (°C) et les précipitations moyennes annuelles (mm)

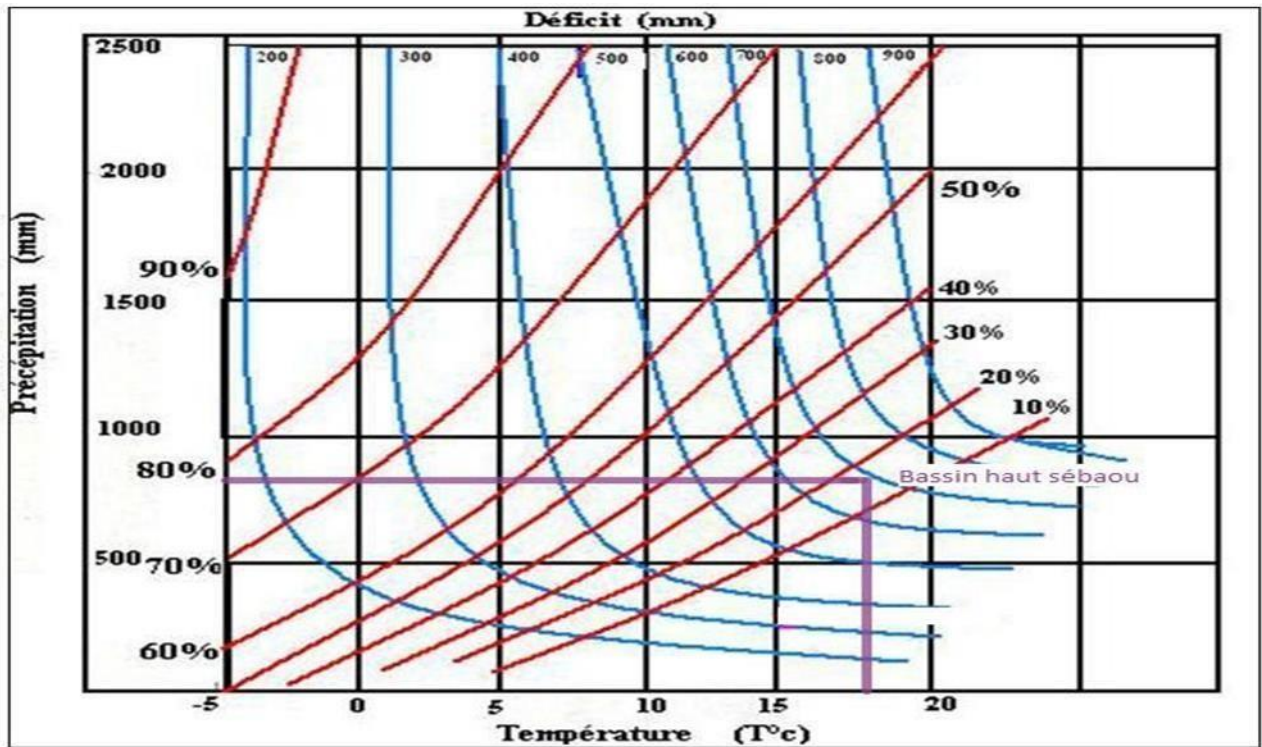


Figure 2 Evaluation du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations.

Pour $P = 824\text{mm}$ (porté en ordonnées) ;

$T = 18.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sur les courbes théoriques) ;

On obtient un déficit d'écoulement en ordonnée De ETR = 690mm

	Turc	Coutagne	Wundt
ETR	681	625	690

Les deux valeurs de l'ETR calculées par la méthode Turc et Wundt sont proches, on prend la moyenne de ces résultats : $\text{ETR}_{\text{moy}} = 685,5\text{mm}$.

Hydrologie de surface :

Un bassin hydrographique se définit comme la surface topographique drainée par un cours d'eau et ces affluents de telle façon que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface suive son trajet jusqu'à l'exutoire. En l'occurrence, c'est la mer méditerranéenne qui constitue l'exutoire du Sébaou.

L'hydrologie de surface s'intéresse, justement, à la fraction de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant et drainée par le réseau hydrographique.

Détermination de la lame d'eau ruisselée (R) :

Le ruissellement (R) est l'écoulement instantané et temporaire des eaux sur un bassin versant à la suite d'une averse.

Méthode de Tixeron-Berkaloff

C'est une méthode empirique applicable en zones arides, et la précision est d'autant meilleure dans le cas d'un bassin versant énorme avec des faibles précipitations ($P < 600$ mm/an). Sa formulation est la suivante :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

R : ruissellement superficiel moyen annuel (en mm).

P : précipitations moyennes annuelles (en mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle moyenne annuelle (en mm).

Dans le cas du bassin versant du Haut Sébaou, cette méthode donne le résultat suivant :

P = 824 mm

ETP = 944.05mm d'où 9,25 mm

La lame d'eau ruisselée déterminée par la méthode de Tixeron-Berkaloff est égale à 25.4% des précipitations.

Formule de SOGREAH :

Etablie pour les oueds de l'Algérie du Nord.

$$Lr = 720 \frac{Pa-250}{1000}^{1.85}$$

Lr : Lame d'eau ruisselée.

Pa : Pluie moyenne annuelle.

Application numérique :

$$Lr = 720 \frac{824 - 250}{1000} \cdot 1.85 = 257.8 \text{ mm}$$

R moy = 233.5 mm

Le bilan hydrique (méthode de Thornthwaite) :

Le bilan hydrique permet de quantifier les transferts d'eau issus des précipitations, entre ruissellement, infiltration et évaporation et de caractériser un sol du point de vue sècheresse ou humidité.

Pour établir ce bilan, il faut d'abord calculer la RFU qui est la réserve nécessaire pour le bon fonctionnement physiologique des plantes.

La quantité d'eau nécessaire pour qu'un sol soit saturé est équivalente à une tranche d'eau de 100mm (c'est la réserve utile généralement adoptée).

Le bilan hydrique, établi mensuellement, permet de distinguer pour chaque mois, en :

L'évapotranspiration réelle (ETR)

Le déficit agricole Da

L'excédent qui ira alimenter le ruissellement et l'infiltration.

A partir des valeurs des pluies mensuelles et de l'évapotranspiration potentielle ETP, le calcul de bilan se fait en suivant le raisonnement suivant :

Si : $P \geq ETP$, $ETP = ETR$; il y'a une quantité d'eau ($P - ETR$) qui va alimenter la RFU jusqu'à son maximum pris à un seuil de 100 mm (100%)

Si : $P = ETP$, les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol seulement

Si : $P < ETP$, l'ETR est inférieure à l'ETP, il existe un déficit agricole $Da = ETP - ETR$, ce

dernier est sensiblement équivalent aux besoins en eau d'irrigation des cultures

Tableau 3 Calcul du bilan hydrique de Tizi-Ouzou.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A	Années
<i>P(mm)</i>	34.9	70.2	113.8	123.1	129.3	98.7	82.3	81.4	69.2	10.5	2.2	8.4	824
<i>ETP</i>	114.8	78.4	36.7	22.03	18.5	17.7	34.7	54.02	84.5	132.8	179.5	170.4	944.05
<i>P-ETP</i>	-79.9	-8.2	77.1	101.07	110.8	81	47.6	27.38	15.3	122.3	177.3	162	479.05
<i>ETR</i>	34.9	70.2	36.7	22.03	18.5	17.7	34.7	54.02	84.5	95.2	2.2	8.4	321.73
<i>RFU</i>	0	0	77.1	100	100	100	100	100	84.7	0	0	0	661.8
<i>Déficit agricole (Da)</i>	79.9	8.2	0	0	0	0	0	0	0	37.6	177.3	162	465
<i>Excédent (Ex)</i>	0	0	0	78.17	110.8	81	47.6	27.38	0	0	0	0	344.95

Le bilan hydrique permet de constater que :

Pendant la saison froide et pluvieuse, le bilan hydrique est positif. L'évapotranspiration potentielle annuelle supérieure aux précipitations et atteint le maximum au mois de juillet (179,5 mm) alors que son minimum est au mois février (17,7 mm)

La constitution de la RFU démarre au mois de novembre (77,1 mm) et atteint son maximum au mois de Décembre jusqu'au mois de Avril, pour diminuer ensuite jusqu'à l'épuisement total durant le mois de juin.

La période du déficit agricole s'étale de juin à octobre. Le total annuel est estimé à 465 mm. La valeur de l'ETP évaluée par la méthode C.W. Thornthwaite est de l'ordre de 944.05 mm. Quant à l'ETR il est estimé par la moyenne des résultats de quatre méthodes à 619 mm, elle représente 75,1 % des précipitations. La lame d'eau ruisselée tirée par la moyenne de la méthode de Tixerion-Berkaloff et SOGREAH égale à 233,5 mm.

Le déficit agricole des précipitations est de l'ordre de 465 mm réparti des mois de juin jusqu'au mois d'Octobre, ce qui nécessite un apport d'eau pour l'irrigation des cultures. Pour conclure, nous recommandons de reprendre les pluviomètres totalisateurs du Djurdjura pour inclure le paramètre neige dans le bilan hydrologique et de compléter l'équipement de certaines stations représentatives dans le bassin versant par l'évaporomètre et le thermomètre.

Conclusion

La zone d'étude fait partie du sous bassin versant côtier de Cap Sigli, codé par l'ANRH 02/09, dont la surface est de 962Km², le périmètre est de 162,7 km et l'indice de compacité de Gravelius est de 1,48.

Le réseau hydrographique est bien développé, la convergence des oueds forment les drains principaux qui déversent vers la mer dont les écoulements se font du Sud vers le Nord.

La région d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen, dont on distingue deux périodes l'une est sèche allant du mois de Juin au mois de Septembre, l'autre est humide allant du mois d'Octobre au mois d'Avril.

La température moyenne annuelle dans la région d'étude est de l'ordre de 18,6 °C.

Chapitre 2

Contexte géologique et Hydrogéologique

Chapitre 2 : Contexte géologique et hydrogéologique

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter, dans un premier volet, les aspects géologique, lithologique et tectonique ainsi que la stratigraphie de la région d'étude. Dans le deuxième volet, on s'intéresse aux caractéristiques hydrogéologiques générales du bassin Cap Sigli.

2.1 Contexte géologique

L'histoire géologique de l'Algérie s'inscrit dans une longue évolution géodynamique. Dans son état actuel, l'Afrique du Nord correspond à une zone ayant subi plusieurs phases de déformation et de sédimentation depuis le Précambrien. La géologie de la partie septentrionale de l'Algérie est marquée par l'empreinte de l'orogénèse alpine (domaines tellien et atlasique). Le linéament majeur du pays correspond à la flexure sud-atlasique qui sépare l'Algérie alpine au Nord de la Plate-forme Saharienne au Sud. Elle est constituée pour l'essentiel de terrains du Précambrien et du Paléozoïque.

La région de la Kabylie, située dans les zones internes de la chaîne des Maghrébides, est connue pour sa diversité géologique ; elle est limitée au Sud par les formations métamorphiques de la Grande Kabylie qui forment trois grands ensembles : le massif de Belloua et Aissa Mimoun, le massif de Sidi Ali-Bounab et le massif de grande Kabylie. Au Nord par les terrains sédimentaires.

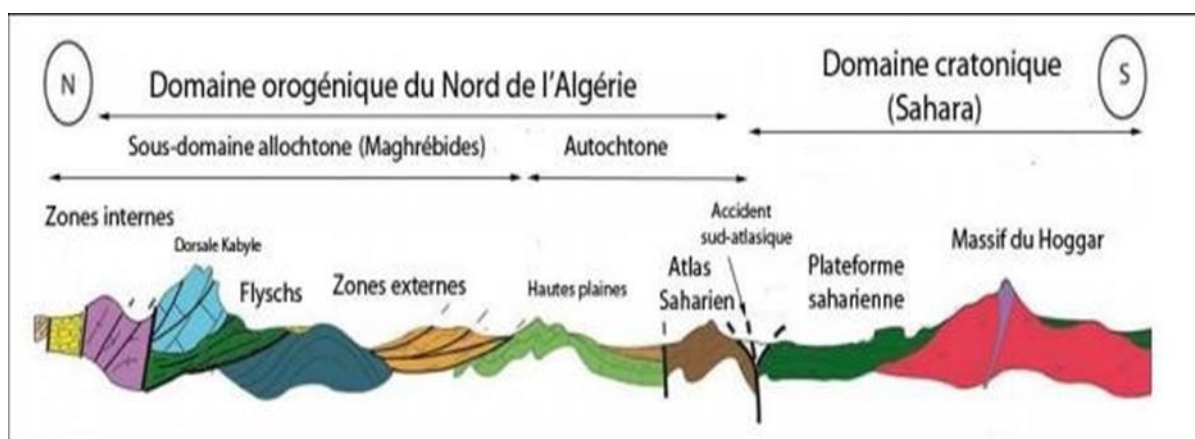


Figure 2. 1: Les différents domaines du Nord algérien (Dessin de H. Haddoum, modifié).

2.1.1 Les zones internes

Les zones internes appelées aussi Kabyliides , comportent d'Est en Ouest les massifs du Chenoua , d'Alger, de Grande Kabylie et de petite Kabylie. Ces massifs cristallophylliens sont

bordés au Sud par une couverture sédimentaire qu'est la dorsale kabyle ou « chaîne calcaire ».

➤ **Le socle kabyle**

Le socle de Grande Kabylie est composé de formations cristallophylliennes métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (ordovicien à carbonifère) très peu métamorphique. Ce socle affleure d'ouest en est dans les massifs de Chenoua à l'ouest d'Alger, de Grande Kabylie et de petite Kabylie (entre Jijel et Skikda). Ce dernier, avec 120 km de long et 30km de large, constitue le plus large affleurement du socle Kabyle en Algérie. Le socle est par endroits recouvert en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur-Miocène inférieur, appelés (O.M.K), Oligo- Miocène-Kabyle.

➤ **La dorsale kabyle :**

La dorsale kabyle appelée parfois « chaîne calcaire » à cause de l'importance du jurassique inférieur calcaire. Elle se situe au Sud du socle kabyle formant leur couverture. Elle est caractérisée par des formations surtout carbonatées dont l'âge allant du Permo-trias au Lutétien (Bouillin, 1977) et recouvert par des terrains grésos-micacés d'âge Priabonien à Oligocène supérieur.

Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé au Cap Ténès. On la retrouve ensuite dans le massif de Chenoua puis au Sud-Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, de Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine (Dj. Sidi Dris) et on la suit sur 90km jusqu'au Sud d'Annaba.

La dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe.

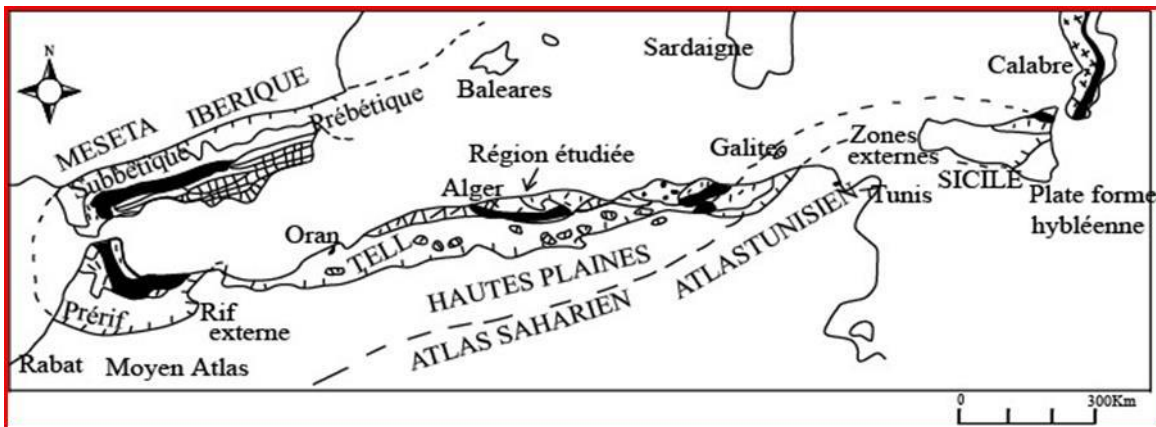


Figure 2. 2: Situation de la zone étudiée dans l'orogène alpin périméditerranéen (D'après M. Durand Delga, 1969).

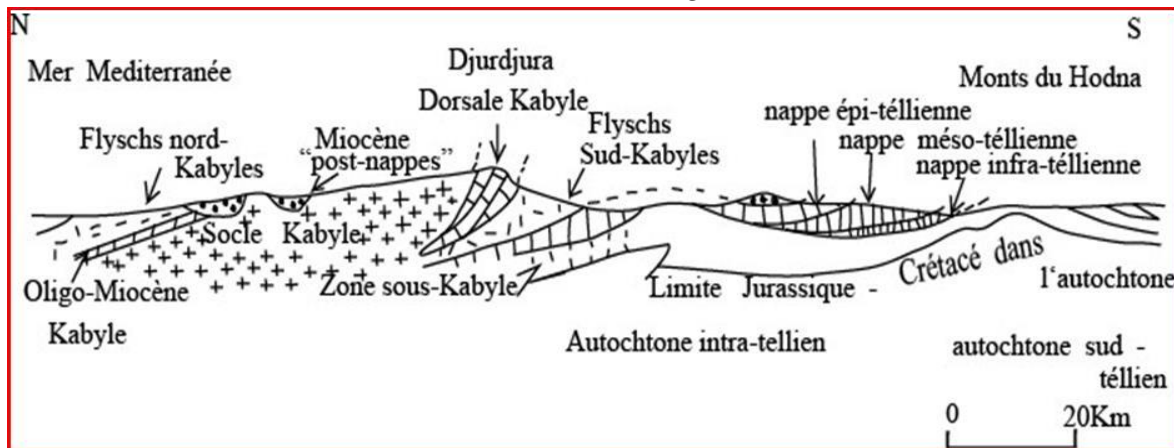


Figure 2. 3: Rapport entre les grandes unités structurales sur le méridien de la grande Kabylie (D'après M. Durand Delga, 1969).

2.1.2 Le domaine des flyschs :

Le domaine des flyschs est constitué par des nappes de flyschs crétacé-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie), il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. Ces flyschs se présentent de trois manières (Figure 2.3) :

En position interne, superposés aux massifs kabyles c'est à dire rétrochariés sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles ;

En position relativement externe a la bordure Sud de la dorsale kabyle (flyschs Sud- kabyle)

Et enfin en position très externe sous forme de masse isolée flottant sur le Tell charriés jusqu'à une centaine de kilomètre au Sud.

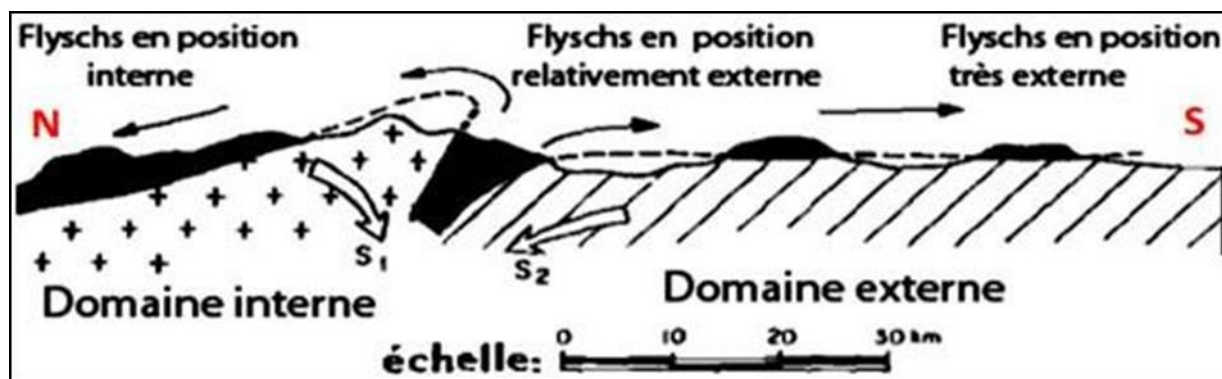


Figure 2. 4: Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (D'après M. Durand Delga, 1969).

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs mauritaniens et les flyschs massyliens auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs Numidiens d'âge Oligocène supérieur-Burdigalien inférieur.

2.1.3 Les zones externes :

Les zones externes se sont les formations définies par Vila (1980) comme étant des séries épaisses à dominante marneuse issues du sillon tellien.

➤ Les séries ultra-telliennes :

Les séries ultra-telliennes comportent un crétacé marneux et micritique clair, sur lesquels se dépose l'éocène à trois termes : marnes sombres à boules jaunes, calcaires à silex noirs et des marnes sombres

➤ Les séries telliennes :

Les séries telliennes comportent globalement, un jurassique essentiellement carbonaté, suivi par des marnes pélitiques gréseuses d'âge crétacé inférieur, qui, deviennent exclusivement marneuses et marno-calcaires jusqu'à l'éocène supérieur.

➤ Les séries péni-telliennes :

Les séries du lias au Sénonien supérieur, présentent des alternances de facies telliens typiques et des facies rappelant ceux des domaines néritiques Sétifiens ou Constantinois (Wildi, 1983)

2.2 Géologie locale

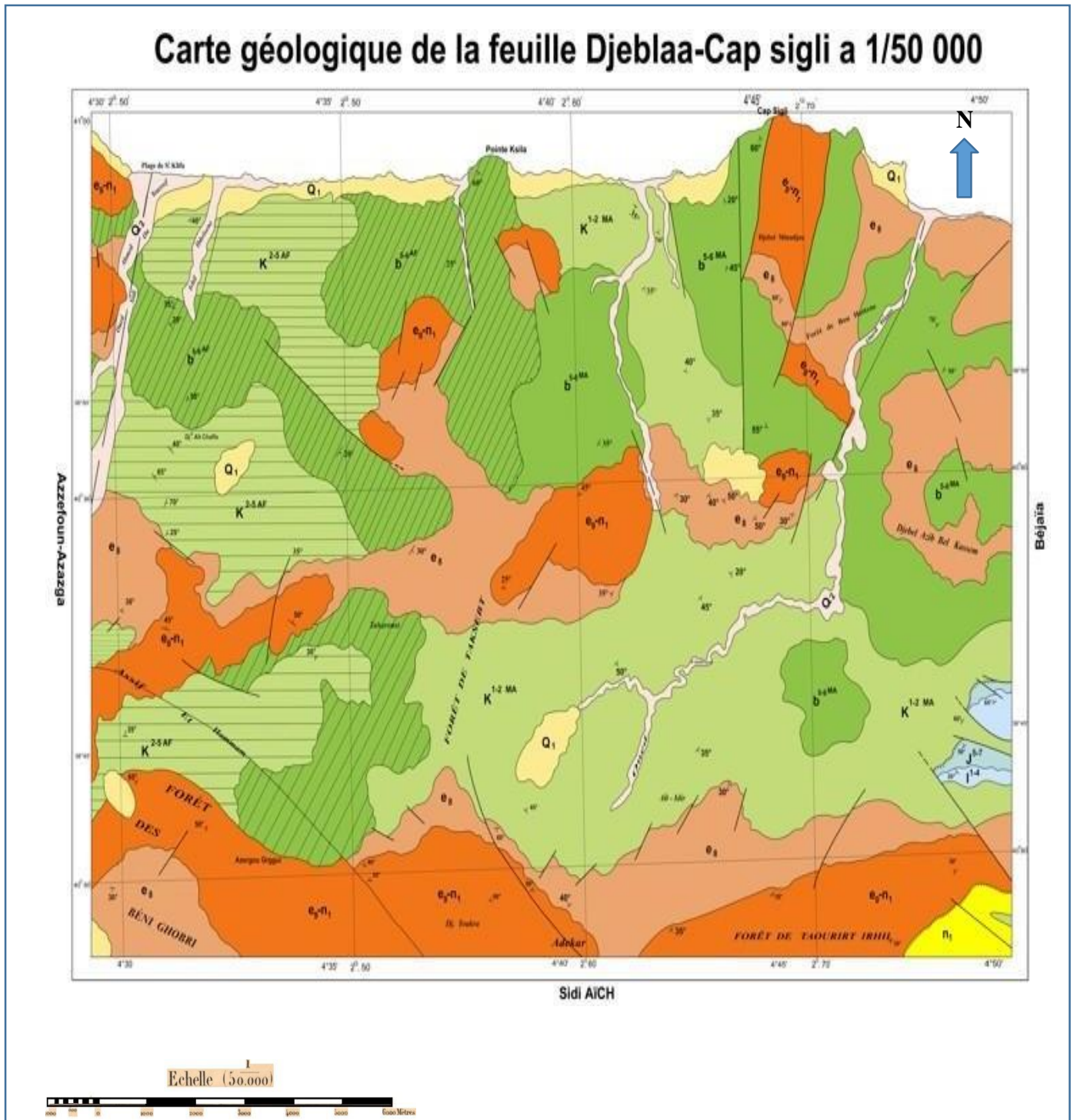


Figure 2. 5: carte géologique de cap sigli.

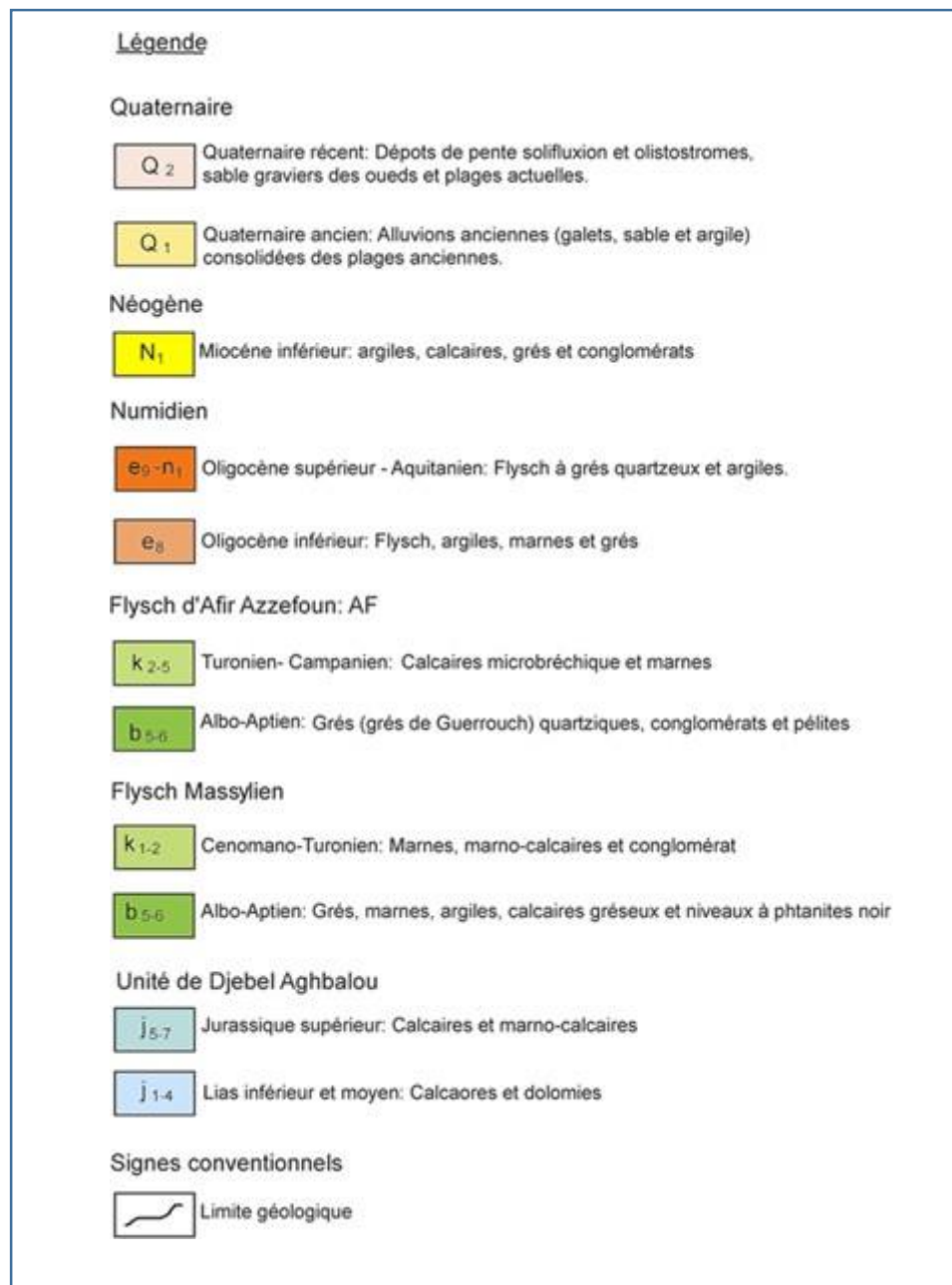


Figure 2.6 légendes de la carte géologique Djebbala Cape Sigli.

➤ **L'oligo-miocène kabyle :**

Cet ensemble géologique est défini comme étant des faciès détritiques datés de l'oligocène terminal au miocène basal (Burdigalien inférieur), il est en discordance avec le socle kabyle. (D. Raymond, 1976)

Il est formé par des conglomérats, suivi d'argiles à rares petits bancs microbréchiqes riches en débris de socle et se termine au sommet par des calcaires silicifiés.

➤ **L'olistostrome ou (Argiles à blocs) :**

L'olistostrome ou Argiles à blocs est une formation à matrice tendre argileuse, marneuse, ou pélitique litée ou chaotique dans laquelle sont dispersés de menus débris qu'accompagnent des blocs ou panneaux (olistolites) de tailles variables d'âge Aquitaniens supérieurs-Burdigaliens inférieurs (J.P. Bouillin, 1973).

L'unité numidienne :

La série numidienne comprend de bas en haut la succession stratigraphique suivante :

Les argiles sous numidiennes : ce sont des argiles versicolores à fréquents tubotomaculum d'âge oligocène, (J.P. Gélard, 1979)

Les grès numidiens : ces grès sont quartzeux avec des intercalations de granulométrie grossière et fines d'âge aquitaniens, (J.P. Gélard, 1979)

Les argiles supra numidiennes : ce sont des argiles et marnes avec des intercalations de silexites d'âge Aquitaniens supérieurs-Burdigaliens inférieurs.

Le Numidien couvre de façon plus ou moins continue une grande partie de la grande Kabylie et affleure principalement dans les massifs d'Akfadou, à l'Est d'Azazga et dans la forêt de Mizrana, (J. P. Gélard, 1979).

➤ **Les flysch :**

Les flysch peuvent se présenter en contact anormal, soit sur la dorsale, soit sur l'oligocène ou encore en position comparable à ceux du Tell méridional que nous voyons plus loin. Ces flysch se subdivisent en deux séries : la série mauritanienne et la série massyenne.

Le flysch d'Azazaga :

Ce flysch présente des affinités à la fois avec le Massyien et le Mauritanien. Il s'agit généralement d'un flysch où le faciès argileux est dominant. Sur les calcaires fins, datés du Berriasien moyen-supérieur, on distingue :

- ✓ Un ensemble essentiellement argileux formé par :
- ✓ Une puissante série argileuse accompagnée de bancs de grès ou de grès quartzitiques.
- ✓ Des grès en bancs réguliers séparés par des pelites sombres (Aptien supérieur Albiens).
- ✓ Des marnes et argiles bleutées à passées rouges d'âge Aptien-Albien.

- ✓ Des calcaires fins inter stratifiés parfois avec des phtanites peu épaisses et souvent argileuses.
- ✓ Des argiles et marnes grises ou bleutées présentant des passés rougeâtres. Elles sont datées du Maestrichtien.
- ✓ Des marnes roses ou rouges et des bancs de calcaires organoleptiques datées du Sénonien terminal-Paléocène supérieur

Les flysch d'Azeffoune :

Pèlito-quartzitique de la série inférieure d' Afir admet des passées de grés en bancs métriques séparés par de minces niveaux argileux (faciès Guerrouch du flysch maurétanien). Par ailleurs, le Crétacé supérieur des séries inférieure et supérieure présente des affinités avec celui du flysch massylien : aussi peut-on penser que les flyschs d' Afir se seraient déposés dans une zone intermédiaire entre les aires de sédimentation du flysch mauritanien et du flysch massylien.

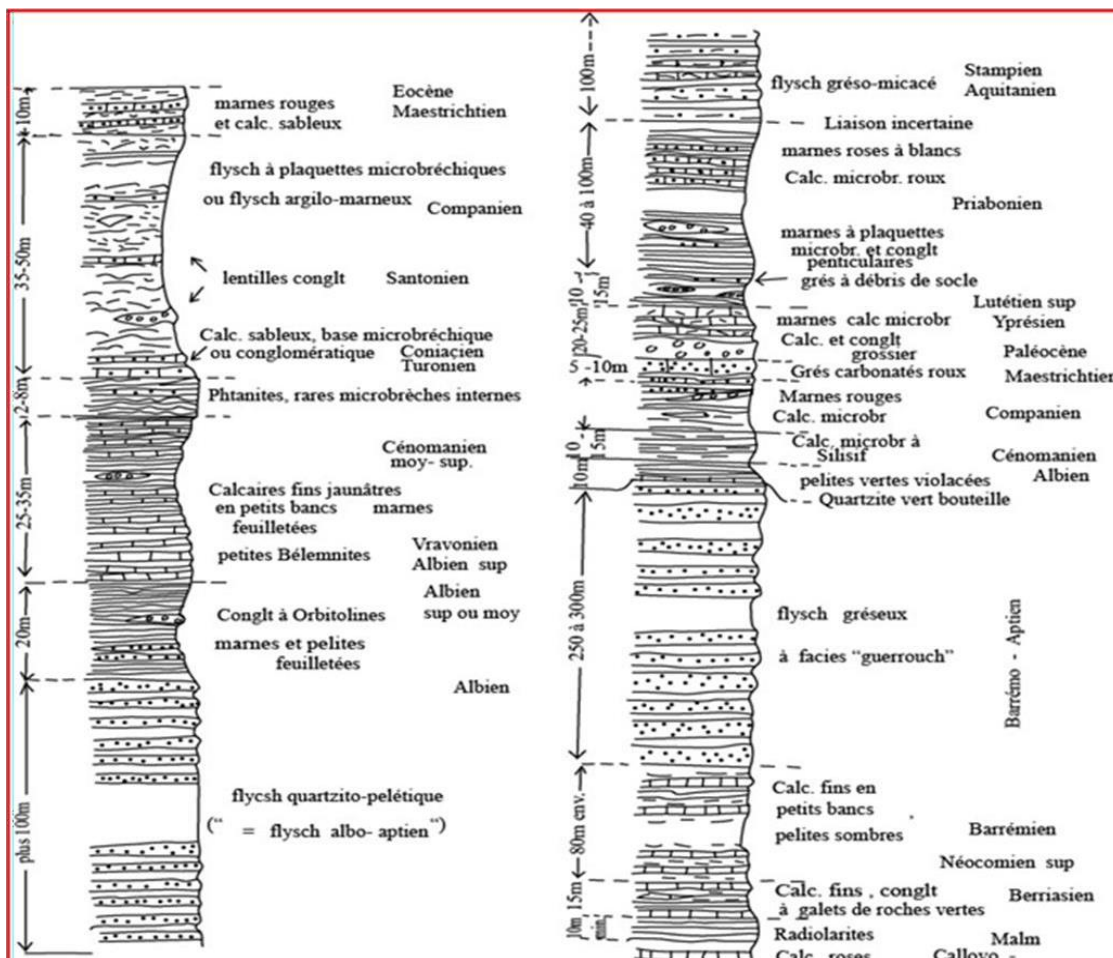


Figure 2.7 Colonnes litho stratigraphiques des flyschs Massylien et Mauritanien (J.P. Gélard, 1979).

➤ **Formation post nappe :**

Le miocène : occupe une grande zone synclinale entre Azazga et Dellys. Au Burdigalien terminal, Le Miocène présente à sa base des marnes puis des conglomérats surmontés par la molasse et se termine par des marnes.

Au langhien-serravalien, le Miocène est représenté par des grès surmontés de marnes. Les grès sont discordants sur le socle et les marnes tapissent l'ensemble du synclinale de Tizi- Ouzou. Ces derniers constituent l'ensemble le substratum des formations alluviales aquifères.

2.3 Cadre tectonique :

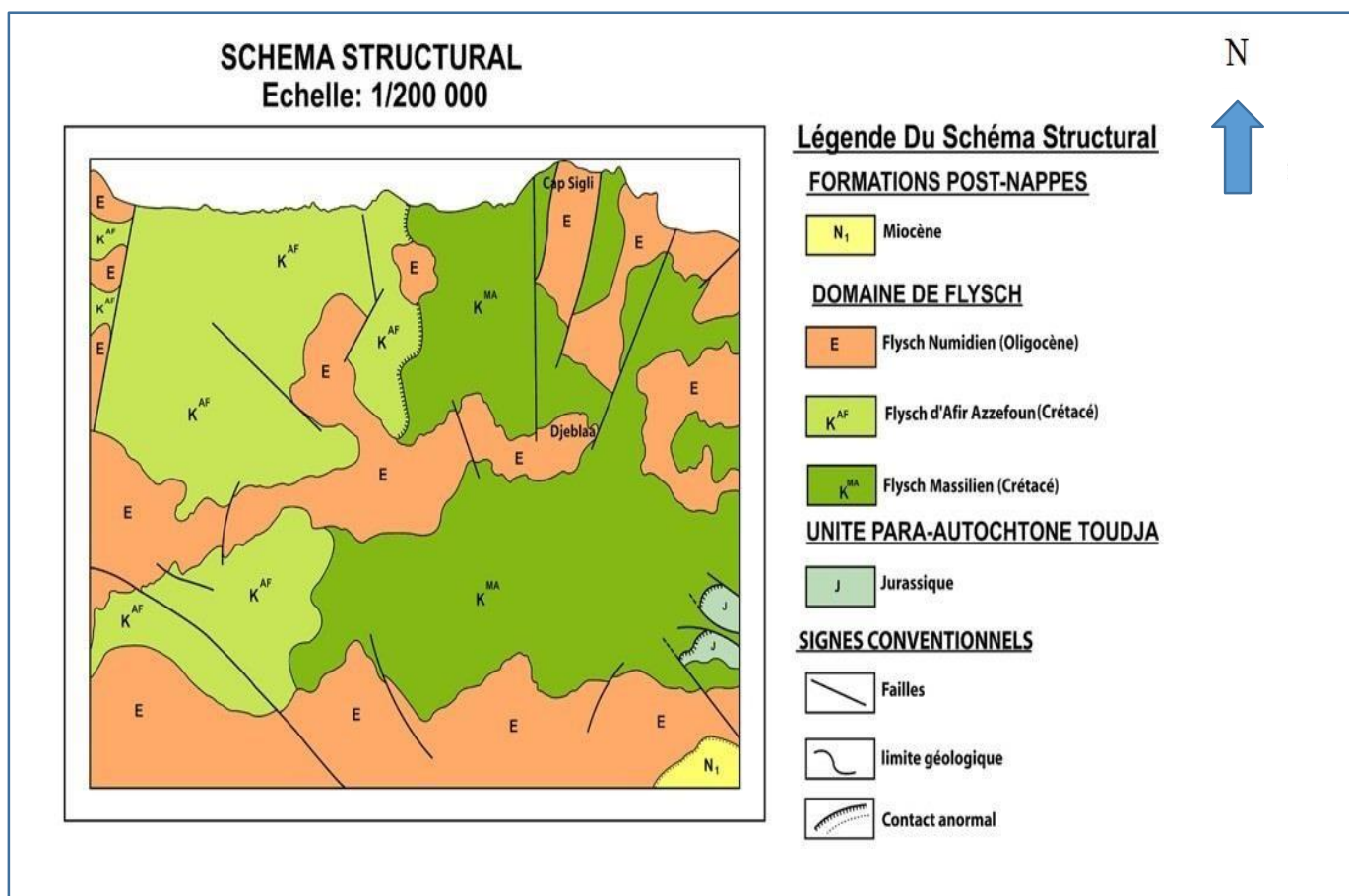


Figure 2. 8: Carte structurale.

Sur le plan structural on constate un réseau de grandes failles qui domine la région du Nord dans l'orientation N-S.

La région Sud est dominée par les contact anormaux :

- Jurassique / Crétacé
- Oligocène /crétacé

Le sous bassin versant de Cap Sigli appartient donc au vaste ensemble géologique le Tell septentrional kabyle. Les études géologiques antérieures ont montré qu'un secteur interne de l'orogénèse magrébine est représenté par l'unité structure suivantes du sud au nord :

-un ensemble de flysch d'âge crétacé-paléogène chevauchant plus au sud le domaine des nappes telliennes ;

Dans cette unité, à l'Eocène supérieur – Oligocène correspond un flysch grésopélitique micacé à Lépidocylines remaniant des éléments empruntés au socle kabyle : cette dernière série est toutefois passée plus réduite dans l'unité supérieure ou carlines passées purement gréseuses ont l'aspect de grés numidiens.

2.4 Contexte hydrogéologique

Le forage capte la nappe phréatique des flysch numidiennes d'âge oligocène (inférieur et supérieur), la nappe est d'une nature gréseuse.

Conclusion

L'étude géologique a mis en évidence une structure complexe, constituée par un empilement de nappes imbriquées, mises en place lors de l'orogénèse alpine et s'incluse chacune dans un domaine structural propre.

Le forage capte un aquifère gréseux d'âge Oligocène

D'après l'étude tectonique, les activités tectoniques sont plus intéressantes au Nord du massif kabyle que dans les zones lointaines des chaînes calcaires, avec des cassures d'une direction générale N-S.

D'après ces études, deux formations sont susceptibles d'être aquifères :

- L'Oligocène inférieur
- L'Oligocène supérieur.

Chapitre 3

Conception d'un forage : aspect théorique

CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN FORAGE : ASPECT THEORIQUE

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter, en premier, le forage Hydraulique et ses différents types. Par la suite, on s'intéresse au forage par Battage et ses accessoires, une description des travaux de foration on termine par le développement par air lift.

3.1. Présentation d'un forage

3.1.1. Le forage

Un forage est un puits creusé par un procédé mécanique à moteur (foreuse) en terrain consolidé ou non consolidé, pour tous usages sauf pour les reconnaissances, distingué d'un puits foré. (G. Castany, J. Margat, 1977).

Un forage d'eau est caractérisé par son petit diamètre (variant entre 20 cm à 60 cm) et d'une profondeur allant de quelques mètres à des centaines, voire des milliers de mètres en fonction de l'aquifère d'eau capté. Ce type d'ouvrage permet d'accéder à toutes les nappes souterraines, soit libre ou bien captive. Le forage peut capter des aquifères spécifiques à l'aide des tubes crépinés d'une partie, et d'autres avec des tubes pleins qui isolent les aquifères indésirables

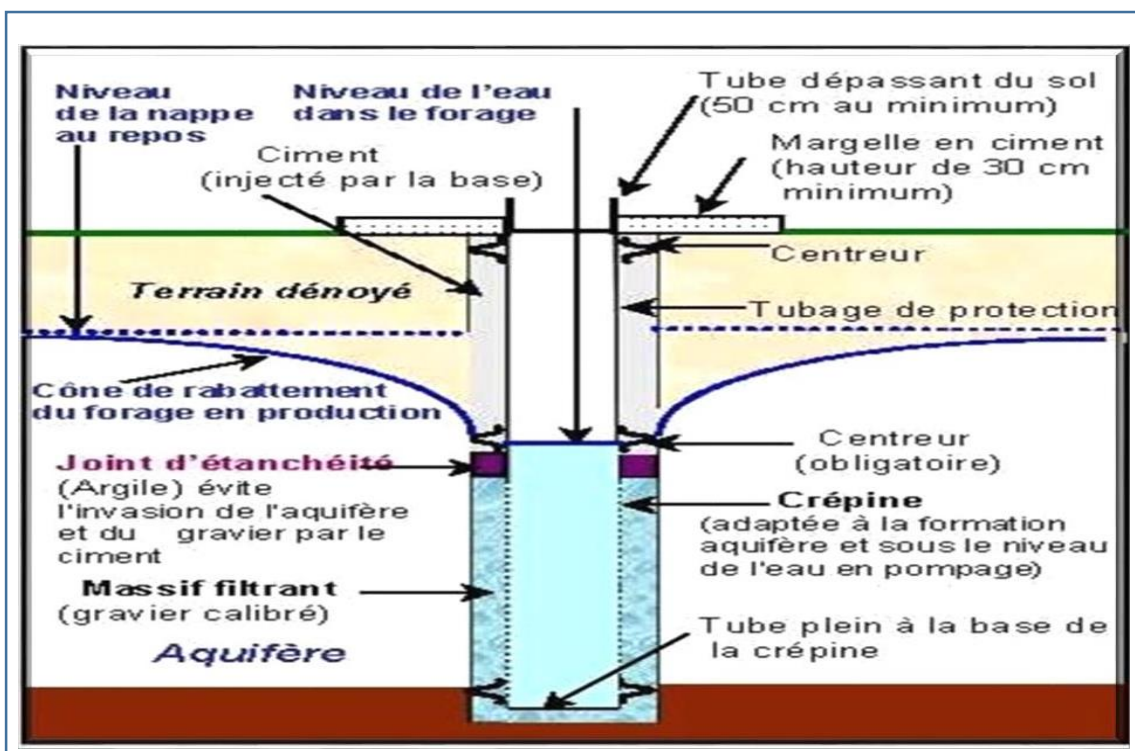


Figure 3.1 schéma d'un forage

avec une cimentation annulaire en surface afin d'éviter tout apport de l'eau superficielles vers

la nappe (figure 4.8). (E. Gilli, C. Mangan, J. Mudry, 2004).

3.1.2. Technique de foration

Il existe différentes techniques de forage chacune selon le terrain à forer et son mode d'utilisation, on distingue :

➤ La technique de battage

Cette technique est très ancienne. Elle consiste à soulever un outil très lourd dit « trépan » et le laisser tomber par l'effet de son poids sur la formation rocheuse afin de la perforer. Elle ne nécessite pas un fluide de forage. Cette technique est destinée au forage à faible profondeur et gros diamètres. Le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à came, les déblais sont ramassés par une benne preneuse placée à la place du trépan, afin de faciliter le travail. Il est recommandé d'ajouter un peu d'eau au fond du trou afin d'humidifier la formation et la rendre moins dure. L'avantage du battage est la simplicité de la technique et son coût faible, cependant, la vitesse d'avancement est très faible par rapport aux autres techniques, constitue un inconvénient qui a fait de ce type de foration le moins utilisé de nos jours.

➤ La technique du marteau fond du trou (MFT)

La méthode utilisée c'est la percussion et la rotation. En principe, c'est un taillant fixé sur un marteau pneumatique, sous l'effet de son mouvement, il broie la roche. L'énergie utilisée pour faire marcher l'outillage est l'air comprimé à haute pression (10 à 25 bars). Les déblais sont remontés à l'effet de cette même pression dont la technique permet de forer dans les terrains durs à une vitesse supérieure par rapport aux autres techniques pour des diamètres variant entre 3,5'' à 10''.

➤ La technique ODEX (MFT à l'avancement)

Cette technique est similaire à la technique du marteau fond de trou, à une différence près, un tubage de soutènement est mis en même temps que la foration pour éviter les éboulements du forage, généralement utilisé dans les terrains meubles incohérents.

➤ **La technique du havage**

C'est une technique d'extraction consistant à creuser des entailles parallèlement au plan de stratification des roches pour les détacher plus facilement, utilisé pour exécuter des forages d'eau. Le forage peut être effectué :

- ❖ Soit par bennes à coquilles où l'attaque du terrain se fait au moyen d'une benne circulaire munie de coquilles ouvertes qui percutent le sol comme un trépan et remonte les déblais.

L'ouverture et la fermeture des coquilles sont commandées par câble. Ce matériel permet de réaliser des forages de profondeurs de 70 à 80 m pour des diamètres de 0,6m à 1,2m dans des terrains alluvionnaires.

- ❖ Soit par outils en rotation : ce système de perforation travaille au moyen d'un outil d'extraction circulaire avec un fond verrouillé muni de dents et agit par rotation jusqu'à ce qu'il soit plein de matériaux. L'outil est extrait et le déverrouillage du fond de l'outil permet de vider rapidement celui-ci. Ce matériel permet d'effectuer des forages de 35 à 40 m de profondeur avec des diamètres de 0,5m à 1,3 m.

➤ **Technique de la tarière**

La technique utilise un outil qui ressemble à une vis qui permet de forer sur de faible profondeurs (25m) et à gros diamètres. Le mouvement rotatif de l'outil permet de creuser et d'extraire au même temps les déblais. A la fin du forage un pré-tubage est nécessaire afin d'empêcher l'effondrement du sol, qui sera enlever une fois le tubage est mis en place.

➤ **La technique de rotary**

C'est une technique récente qui remonte à 1920 pour la première utilisation. Elle est utilisée dans les terrains sédimentaires non consolidés et dans les terrains durs.

La technique se base sur un mouvement rotatif et broyage sans faire de choc, à l'aide d'une tête de foration appelé « tricône » qui sera en rotation continue depuis la surface à l'aide d'un train de tiges pour atteindre la profondeur voulue. Le broyage est dû au poids du train de tige ainsi aux tiges masses aux qu'elle s'accroche le tricône. Un liquide visqueux est injecté dans le forage à l'aide d'une pompe à boue en surface passant par une tête d'injection, qui sert à lubrifier l'outil et remonté les cuttings ainsi le colmatage des parois du forage pour éviter tout éboulements. Tout ça dans un circuit fermé et continu.

3.2. Description de la machine de foration : forage par battage

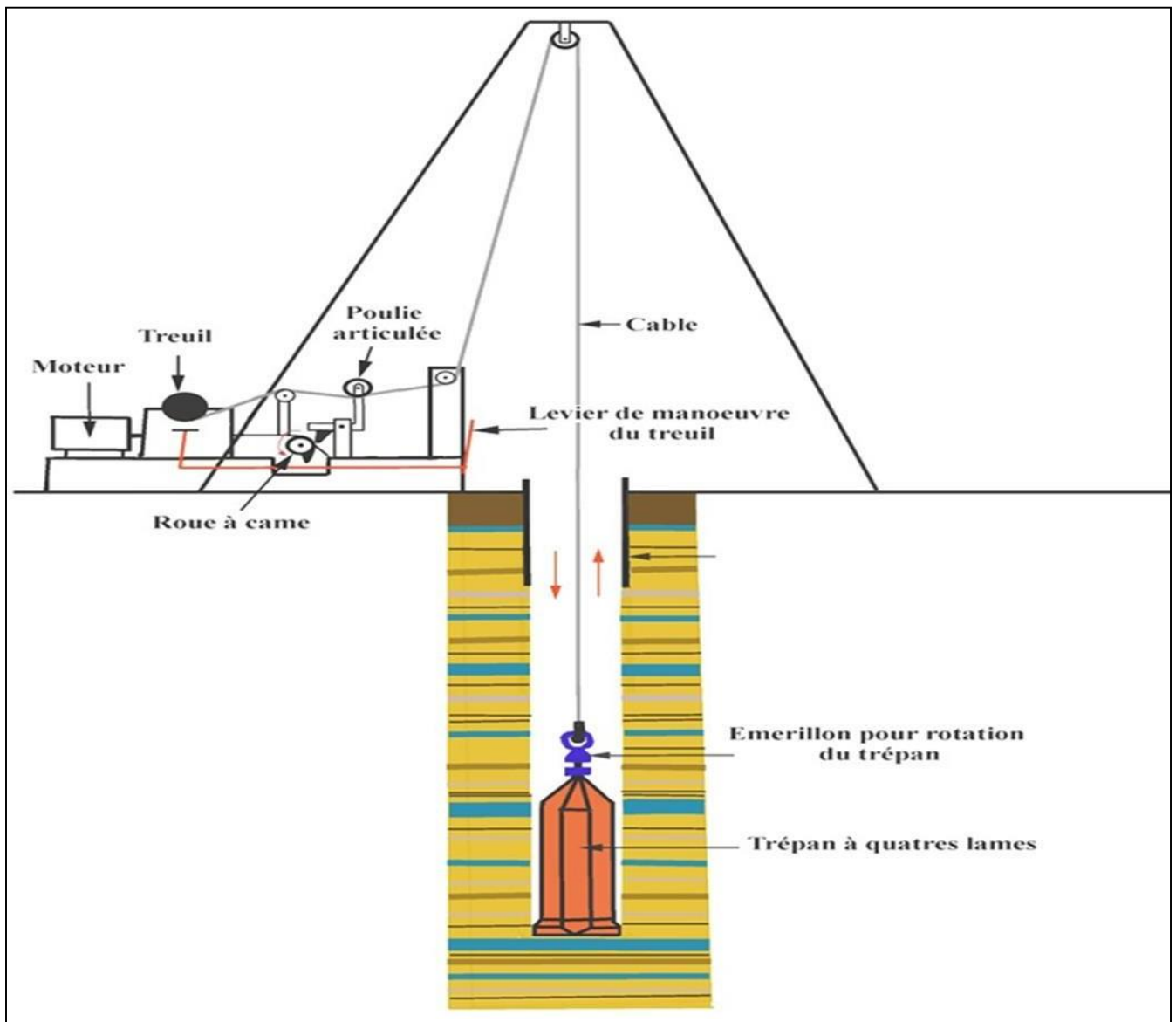


Figure 3. 2: Les composants d'un appareil de forage par battage.

3.2.1. Principe d'un appareil de forage par battage :

Le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à came, les déblais sont ramassés par une benne preneuse placée à la place du trépan. Afin de faciliter le travail, il est recommandé d'ajouter un peu d'eau au fond du trou afin d'humidifier la formation et la rendre moins dure.

Cette méthode de forage est très lente. La vitesse d'avancement est fonction de la nature et de la dureté de la roche rencontrée ainsi que du diamètre du trou. Elle varie entre 1 et 5 m par jour.

Un lourd trépan d'acier, à une ou deux lames, est suspendu au bout d'un câble relié à un treuil. Un dispositif comprenant une poulie mobile reliée à un arbre à came, donne un effet de montée et de descente brusque sur le câble.

Avantage de battage

- ❖ La technique de forage par battage peut forer n'importe quelle formation, y compris les creux et les cavités qui peuvent poser problèmes avec d'autres méthodes (rotary) ;
- ❖ La technique est indiquée pour les terrains durs surtout lorsque le terrain dur est en surface comme les terrains karstiques ou fissurés ;
- ❖ C'est un procédé simple et relativement peu coûteux ;
- ❖ Nécessite moins d'eau (40 à 50 l/h) et de n'importe quelle qualité ;
- ❖ Ne nécessite pas de fluide de forage (boues) d'où l'absence du risque de pollution de la nappe ;
- ❖ L'outil de forage peut être rechargé, reforgé et affûté sur le chantier ;
- ❖ Faciliter de détection de la nappe même à faible pression : la venue de l'eau à basse pression se manifeste directement dans le forage sans être aveuglée par la boue ;
- ❖ Aucun problème dans des zones fissurées (risque lié à la perte de boue)
- ❖ Technique bien adaptée pour les forages de moyenne profondeur.

Inconvénients de battage

- ❖ Vitesse d'avancement assez faible induisant un délai de réalisation long ;
- ❖ Méthode peu adaptée dans les terrains plastiques ou bouillant ;
- ❖ L'avancement est nécessaire surtout en l'absence du fluide de forage ;
- ❖ Difficultés pour arrêter des venues d'eau ;
- ❖ Impossibilité de contrôler la rectitude ;
- ❖ Impossible de réaliser le carottage ;
- ❖ Absence d'information sur la lithologie et les niveaux producteurs

3.2.2. L'appareil de forage et ses différents organes

L'appareil de forage, ou plus globalement le chantier de forage est constitué d'un ensemble d'équipements, des techniques opératoires nécessitant un personnel très qualifié. La figure 3.2 montre les différents organes constituant un appareil de forage standard.

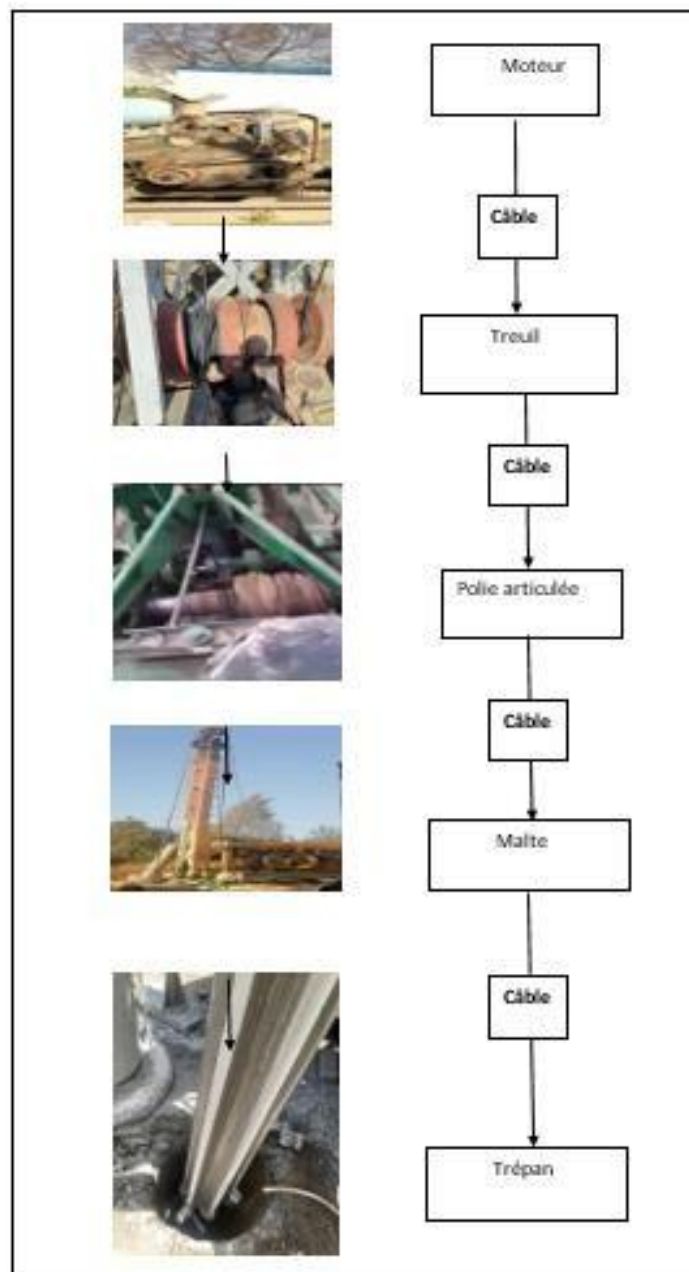


Figure 3.3 Description sommaire d'un appareil de forage par battage

➤ **Moteur**

C'est un élément majeur dans le forage il est d'une puissance de plus de 120 ch son rôle est la mise en marche de la pompe hydraulique les polies et le treuil.



Figure 3. 4: Moteur

➤ **Treuil**

C'est le cœur de l'appareil de forage. En effet c'est la capacité du treuil qui caractérise un appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer :

Il est constitué de :

1. Châssis rigide ;
2. Tambour de manœuvre (lisse ou cannelé) ;
3. Arbre tambour de manœuvre ;
4. Dispositif de freinage.



Figure 3. 5: Treuil.

➤ Le Mât

Une tour, appelée « derrick », permet la manœuvre de remontée et de descente du trépan et la cuvette de la vidange, d'une passerelle d'accrochage, il permet aussi la descente de la colonne de tubage.

Les dimensions d'un mât dépendent de la profondeur à atteindre de la capacité maximale au crochet et sa résistance aux vents. L'axe de symétrie du mat doit être toujours dans le prolongement de l'axe du puits. Pour les forages hydrauliques, on utilise des mâts télescopiques à vérins hydraulique pour faciliter le déménagement. Le mât peut être entouré avec des câbles pour augmenter sa stabilité contre les vents.



Figure 3. 6: Le Mât.

➤ Câble

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier 18mm mais dont l'âme peut parfois être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons, chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier

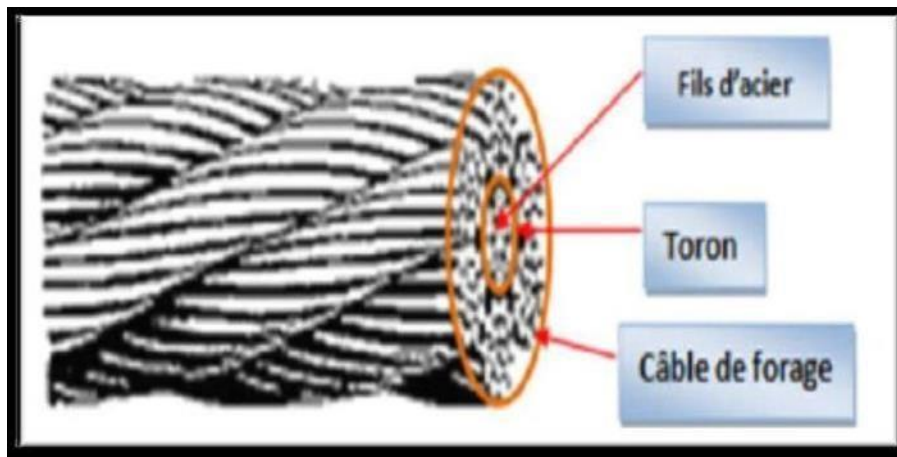


Figure 3.7: Câble.

➤ **Poulie articulée :**

Elle est équipée d'une roue libre une poulie de renvois, un vilebrequin un galet tendeur, un dispositif de relâchement du câble par roue et vis sans fin.



Figure 3. 8: La poulie articulée.

➤ **Trépan**

C'est l'outil du forage il est très lourd a peu-près 5 tonne d'acier, il est équipé de deux lames.



Figure 3. 9: trépan.

3.3. Description des travaux de foration

Nous allons décrire le déroulement des travaux de réalisation du forage projeté (forage à la fois de reconnaissance et de production). L'emplacement précis du forage projeté dans le champ de captage est fixé compte tenu des résultats de synthèse d'une étude hydrologique, hydrogéologique et géophysique.

Une fois le choix de l'emplacement fixé, on procède à la foration selon les protocoles suivants :

a. Mode de foration

Le forage sera exécuté au mode battage avec câble, de l'eau en abondance pour refroidir les outils et facilite l'opération.

b. Réalisation de la plate-forme, des bassins de boue et rigoles

Une plate-forme sera réalisée pour assurer la stabilité de l'appareil de forage.

Une rigole de boue est également réalisée. Elle permet la facilité de l'évacuation des débits et la boue loin du forage.

c. Profondeur

La profondeur projetée du forage, toutefois, l'ingénieur hydrogéologue de suivi peut en fonction de certains paramètres imprévisibles, réduire ou augmenter celle-ci en fonction des caractéristiques de l'aquifère.

d. Diamètre de la perforation

La perforation se fera comme suit :

- Forage en 26'' de 0 m à 5m pour placer le tube guide de 4 mm d'épaisseur en TNRS (Tôle noire roulée et soudée)
- Forage de 24'' jusqu'à 49m

e. Enregistrement des diagraphies

Le responsable du forage doit procéder à un enregistrement de diagraphie sur toute la hauteur du forage qui comprendra :

- Polarisation spontanée (PS)

La polarisation spontanée a été récemment appliquée dans la prospection hydrogéologique (Jackson and Kauahikaua 1987). Elle consiste à mesurer des différences de potentiel électriques naturelles existant dans le sous-sol.

- Résistivité : Petite et grande normale

La résistivité d'un matériau représente sa capacité à s'opposer à la circulation du courant électrique. Elle correspond à la résistance d'un tronçon de matériau de 1 m de longueur et de 1 m² de section ; elle est exprimée en

La résistance $R = \frac{\rho L}{S}$

La résistivité ($\Omega \cdot m$)

- Gamma ray (rayon γ)

Les rayons gamma mesurent la teneur en argile (riche en éléments radioactifs) des roches et ainsi préciser et corréler la coupe lithologique établie à partir de l'échantillonnage des terrains rencontrés lors de l'opération de foration.

f. Mise en place du tubage et les crépines

Le plan de tubage (longueur, position des tubes pleins et des tubes crépinés) est établi en fonction de la coupe géologique du forage, où sont notées les différentes couches de terrain et les venues d'eau, ainsi qu'en observant de visu (reconnaissance mécanique) la coupe géologique grâce aux échantillons et les essais de diagraphie (résistivité électrique, gamma ray, polarisation spontané). Ces dernières peuvent être effectués avant l'équipement pour améliorer le plan de captage. Les crépines sont placées en face des niveaux aquifères ou des venues d'eau. La colonne de tubage doit contenir à sa base un tube plein (tube décanteur). Le dernier tube posé dans le forage doit dépasser d'environ 0,5 m la surface du sol.

La détermination des slots ou des crépines (ouvertures des crépines) et des niveaux à crépinier se fera après analyse des cuttings et interprétation des diagraphies par l'ingénieur de suivi. L'entreprise est chargée de prélever des échantillons de cuttings chaque 1 mètre. Les échantillons seront lavés, séchés et étiquetés. De préférence, un échantillon intact (non lavé) est gardé à côté de l'échantillon lavé.

g. Massif filtrant

Le massif filtrant doit être siliceux et arrondi. Les dimensions de son matériau seront définies par l'ingénieur hydrogéologue chargé du suivi des travaux, en s'appuyant sur les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons du cuttings.

h. Développement :

Le développement s'effectuera au système Air-lift en utilisant les moyens suivants :

- Un compresseur avec une pression minimale de service égale à 16 bars.
- Une colonne d'eau de 110 mm de diamètre.
- Une colonne d'air de 2 pouces de diamètre.
- Une vanne pour un pompage alterné.
- Un robinet de retour.
- Un bac de 1 m³ avec vanne de vidange pour les mesures de débit.
- Un appareil de mesure du niveau d'eau (une sonde).
- Un chronomètre.
- Un poste à souder pour un éventuel développement à forage fermé.

L'air sera injecté par le compresseur jusqu'à obtention d'eau claire. La vanne sera fermée toutes les heures à raison de 2 mn pour créer une turbulence dans l'ouvrage permettant la destruction des ponts de sables. L'objectif de cette opération consiste à extraire toutes les particules fines en suspension et de nettoyer les dépôts fins du fond du trou (Figure3.9).

L'injection d'Air-lift et pompage se fera de haut en bas en face de chaque crépine et terminer par le nettoyage du tube de décantation. Le dispositif de développement doit alterner entre les deux positions de pompage (tube d'eau plus profond que le tube d'air) et de développement (tube d'air plus profond que le tube d'eau). Cette opération, dont la durée sera déterminée par l'ingénieur chargé du suivi.

Lors de cette opération de développement, une quantité d'hexa-métaphosphate sera injectée dans le forage pour la défloculation de la bentonite et des boues de l'aquifère. Ce produit, fourni en poudre, sera dissout dans l'eau par agitation et versée dans le tube du forage de manière continue. Au moment de cette injection le compresseur sera à l'arrêt. Après son injection totale, un barbotage de 5 mn sera exécuté par le compresseur en fermant la vanne au préalable. Après, une attente d'effet de 8 h sera poursuivie jusqu'à obtention de l'eau claire (Mabillot,).

Don mon, cas on n'a pas utilisée du batholite donc l'hexa-métaphosphate n'est pas nécessaire.



Figure 3. 10: développement au système d'Air-lift.

Conclusion

La réalisation d'un forage est effectuée par différentes techniques (Rotary, odex, battage...). La technique du Battage est beaucoup utilisée à cause de son prix bas (il coûte moins cher). Le creusement du forage est exécuté à l'aide d'un trépan lourd. Dans l'opération de forage, l'entreprise de réalisation effectue des prélèvements de cuttings chaque 1 m pour faire une analyse granulométrique et déterminer le diamètre du massif filtrant ainsi que le diamètre des slots des crépines.

Après l'analyse des cuttings on détermine les couches aquifères potentielles afin d'établir un programme de tubage

Une fois la colonne de TNRS (tôle noire roulée et soudée) est mise en place, une opération de développement mécanique est indispensable pour le nettoyage du trou de foration et chasser les particules en suspensions dans l'eau.

Dans le forage F 01, c'est la technique du battage qui est utilisée. Les différentes étapes présentées dans ce chapitre ont été suivies sur le terrain.

Chapitre 4

***Conception de forage : Aspect
pratique***

CHAPITRE 4 : CONCEPTION D'UN FORAGE : ASPECT PRATIQUE

Introduction

L'augmentation rapide des besoins en eau des différents secteurs utilisateurs (Eau potable, agriculture et industrie) et la diminution des précipitations (Période de sécheresse de l'année 2020/2021, renouvellement lent des nappes et mobilisation irrationnelle de la ressource) a engendré des tensions socio-économiques.

Devant cette situation critique qui risque de s'aggraver au cours des prochaines décennies, le Ministère des ressources en eaux a décidé de réaliser plusieurs forages à l'échelle nationale et particulièrement dans la wilaya de Tizi Ouzou (13 forages à réaliser).

4.1. Présentation du forage F 01 Zekri

Le Forage Z 01, implanté aux alentours de Azazga, wilaya de Tizi Ouzou, est destiné à l'alimentation en eau potable de la région, le tableau 4.1 représente les caractéristiques du forage :

Tableau 4. 1: Données du forage

Nom du puits		Forage 01	
Chantier		F 01	
Entreprise de réalisation		FOREMHYD	
Bassin versant		Cap Sigli	
Wilaya		Tizi-Ouzou	
Coordonnées	Géographiques	E	4° 34' 37,10''
		N	36° 47' 09''
	UTM (31)	X (km)	667, 683
		Y (km)	388, 884
Z (m)		NGA	1021

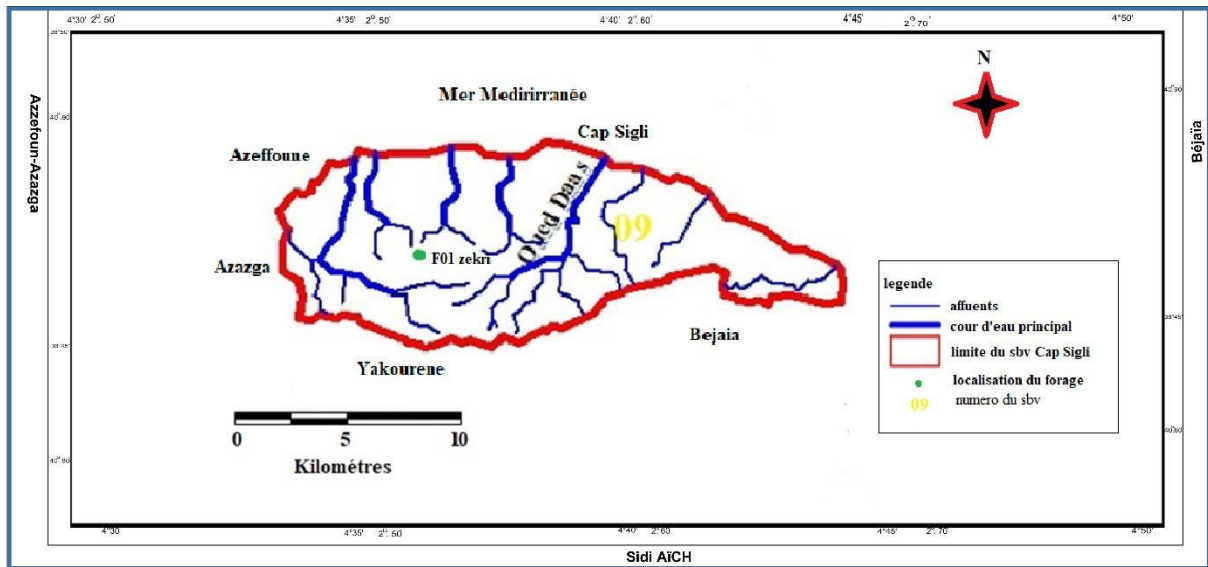


Figure 4. 1: localisation du point du forage.

La réalisation du forage F 01 se fait comme suit :

Les ouvriers ont commencé par la construction d'une plateforme pour assurer la stabilité de l'appareil de forage. Après, ils ont procédé à la réalisation de la rigole de boue (figure 4.2).



Figure 4. 2: bassin de boue et rigoles.

4.2. Déroulement des travaux du forage F 01 :

4.2.1. Installation du tube guide

L'opération de l'installation a été faite par les étapes suivantes :

- ✓ 1^{ère} opération : Le forage est exécuté à l'aide d'un outil de 26'' de diamètre, de 0 à 5 m de profondeur.

- ✓ 2^{ème} opération : Un tube en TNRS de diamètre 24'' a été introduit sur une profondeur de 5 m. (Figure 4.3)
- ✓ 3^{ème} opération : la cimentation qui consiste en un remplissage du béton entre le trou de diamètre 26'' et le tube de 24'' sur une profondeur de 10 m
- ✓ Laisser la cimentation se consolider pendant 24 heures.



Figure 4. 3: tube guide en TNRS.

4.2.2. La foration :

Elle est faite par un trépan de 24 ‘’ avec Une alimentation constante en eaux pour refroidir l’outil et facilitée de l’opération.



Figure 4. 4: la chute du trépan.

A la suite de quelques dizaines de chutes du trépan, des morceaux de roche s'accumulent au fond du trou formant un matelas de déblais.

Celui-ci ralentit le forage en empêchant le trépan de frapper directement sur la roche.

Remontée du trépan pour le curage du trou.



Figure 4.5 remontée du Trépan

Lorsque la couche de déblais devient trop importante (environ 0,30 m) il est nécessaire de remonter le trépan afin de procéder au curage du trou de ses déblais.

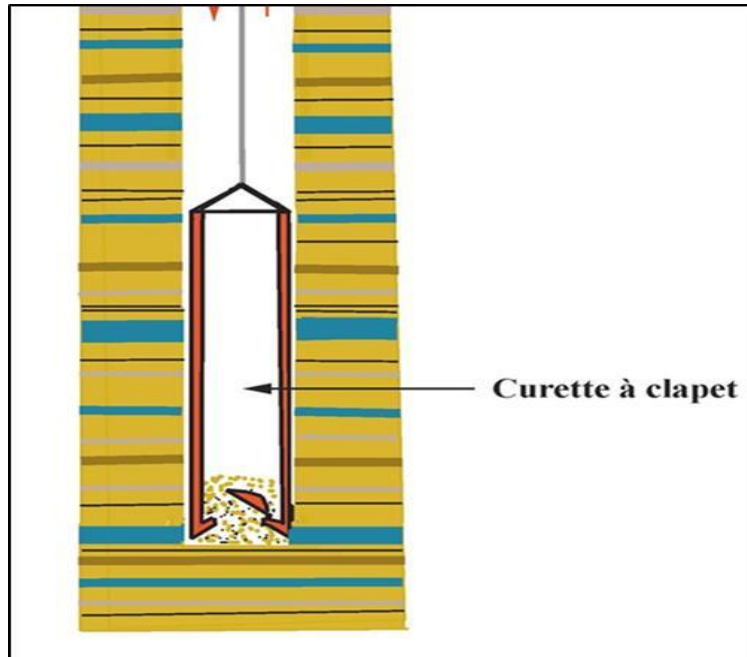


Figure 4. 6: Curage du trou de forage à l'aide d'une curette à clapet.

Le curage est effectué à l'aide d'une « curette » composée d'un tube avec à la base un clapet mobile qui se referme lors de la remontée.



Figure 4.7 remontée de la curette de débris.



Figure 4.8 : Vidange de la curette de ses déblais

4.2.3. Etude des cuttings :

Des cutting sont ramassé chaque 1m de foration. Nous avons déterminé la nature de ces derniers par le lavage l'analyse granulométrique et l'acide.



Figure 4.9 Grés argileux



Figure 4.10 Figure grés gris



Figure 4.11 Grés jaune

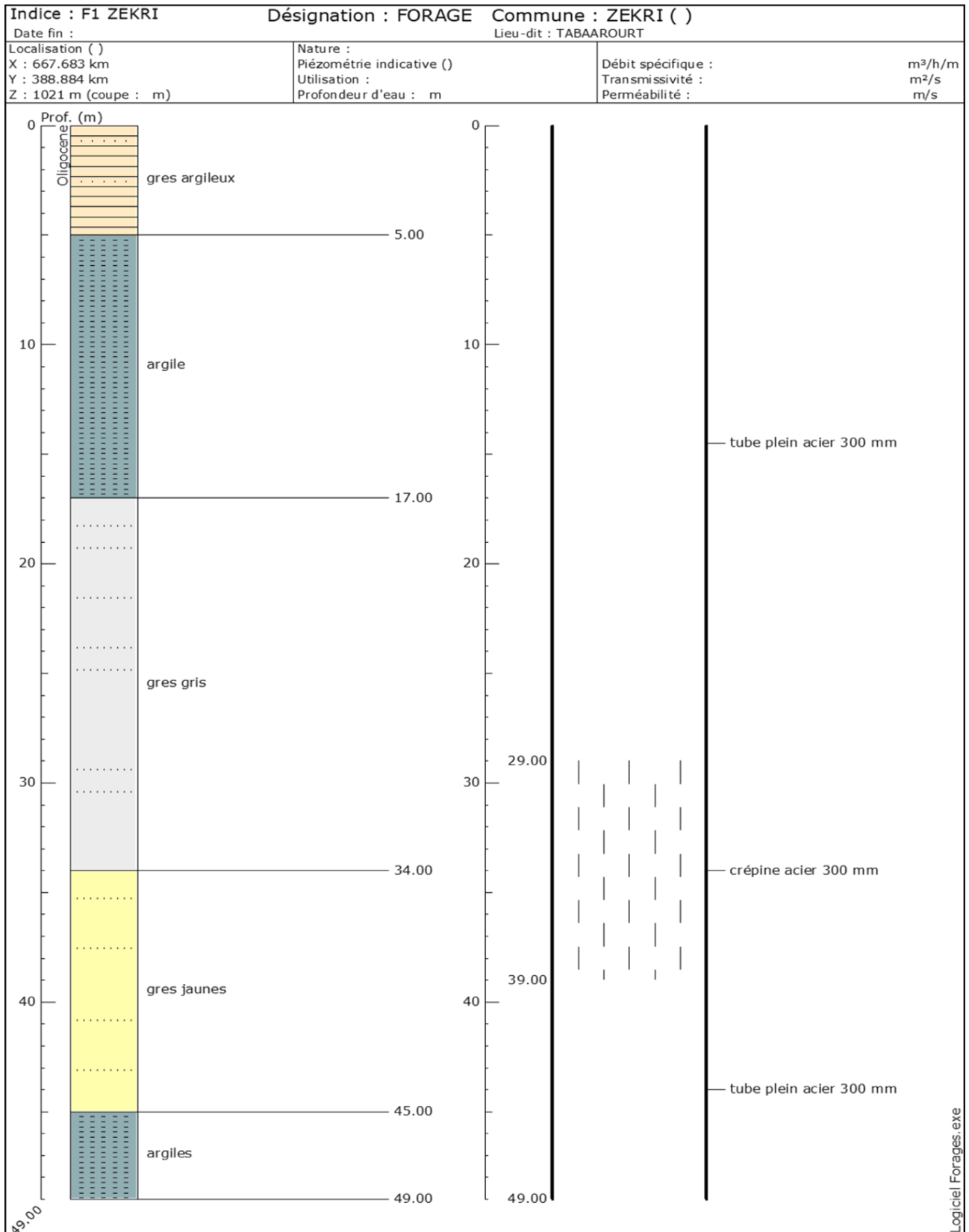


Figure 4. 12: coupe du forage.

D'après la coupe du forage on a :

- ❖ De 0 à 5m une couche de grès argileux de 5m d'épaisseur.
- ❖ De 5 à 17m on a une couche d'argile de 12m d'épaisseur.
- ❖ De 17 à 34m on a une couche de grès gris de 17m d'épaisseur.
- ❖ De 34 à 45m on a une couche de grès jaune de 11m d'épaisseur.
- ❖ De 45 à 49m on a une couche d'argile.

On a placé la crépine a une profondeur de 29m avec une longueur de 10m.

4.2.4. Mise en place du tubage

Le tubage est en TNRS de diamètre 300 mm, ils sont assemblés par la soudure métallique.



Figure4.13 le TNRS utilisée



Figure 4. 14: la mise en place du tubage.

➤ **Les crépines :**

le forage est équipé de crépines a nervures repoussées avec un diamètre de 2 mm et une longueur de 10m



Figure 4.15 : Crépines utilisées

➤ **Le Massif filtrant**

On a utilisé un gravier de nature siliceuse du même calibre et uniforme, la mise en place se fait avec versement d'eau au même temps pour remplir tout l'espace et ne pas laisser de vide.

On fait descendre le gravier dans l'espace annulaire le long du forage, à l'aide de la circulation continue d'eau, pour assurer la superposition du massif filtrant. Les dix derniers mètres (de 0 à 10 m de profondeur) ont été cimentés pour éviter l'introduction de substances polluantes (figures 4.13)



Figure 4. 16: massif filtrant.

➤ **Développement du forage f01 par Air-lift**

On a entamé le développement du forage F01, pour une durée de 4 h au système d'air-lift, en utilisant un compresseur de 16 bar, un tube résistant aux hautes pressions, un train de tiges et un bassin de déversement de l'eau pompé, afin d'éliminer tous les déblais et la boue restante dans le forage, ainsi que tous les éléments en suspension.



Figure 4.17: sortie d'eau à haute pression avec des déblais.

Conclusion

La réalisation du forage F 01a été effectuée par l'entreprise Foryhmed par la méthode de Battage. Après l'installation du tube guide de 26'', l'entreprise a commencé la foration de reconnaissance d'un diamètre de 24'' avec une profondeur totale de 49m. La mise en place du tube de maintien été en cours de la foration pour éviter les éboulements.

La mise en place du massif filtrant de nature siliceuse et faite après l'installation du tubage en TNRS d'un diamètre de 12'', qui est suivi d'un développement au système air-lift pour une durée totale de 4 h (jusqu'à la production d'une eau claire).

On n'a pas fait d'essai de pompage car le débit n'est pas important 4l /s.

Chapitre 5

Conception d'un forage : Suivi des forages

CHAPITRE 5 : CONCEPTION D'UN FORAGE : SUIVI DES FORAGES

Introduction

Durant ma mission de suivi du forage F01 Zekri nous avons visité d'autres chantiers de forage dans la région de Tizi Ouzou, dans ce chapitre on a résumé l'ensemble de ces visites et l'expérience que j'ai acquise dans ce domaine de forage.

Dans ce chapitre nous allons décrire les forages visités et les opérations au qu'elles on a assistées.

5.1. Localisation des forages :

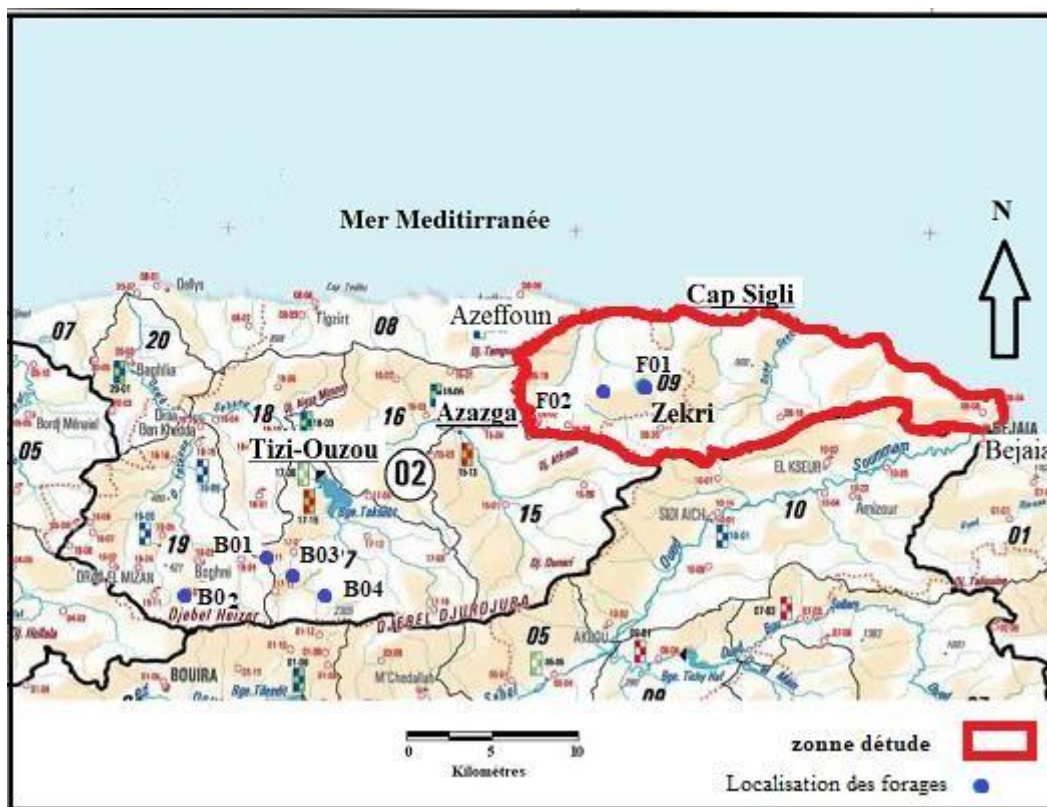


Figure 5.1 localisation des points de forages

5.2. Description et coordonnées des forages étudiés :

La majorité des forages sont réalisés dans la région de Boghni et ses alentours, les deux autres sont réalisés dans la région de Zekri.

Tableau 5.1 Cordonné des forages visités

Nom du forage	X (km)	Y(km)	Z(m)
F 01 ZEKRI	667.683	388.884	1021
F 02 ZEKRI	36° 46' 46 N	4° 33' 414 E	896
B 01 MECHTRAS	617.049	361.251	-
B 02 ASSI YOUSEF	617.658	360.585	-
B 03 OUADIA	36° 32 23.62 N	04° 01' 36.76' E	403
B 04 AIT BOUADOU	620.531	356.517	-

Les opérations réalisées dans chaque forage :

❖ F 02 ZEKRI :

Il se localise dans le village Tabouda dans la commune de Zekri, nous avons assisté à la mise en place du tube guide et la cimentation.

Le forage est réalisé par le mode rotary par les étapes suivantes :

- Forage avec outil 8 ‘’ 10m
- Forage avec outil 17’’ 8m
- Forage avec outil 26’’ 5m

Nous avons mis un tube Guide en TNRS avec épaisseur de 4mm longueur 5m et diamètre 24’’.

La méthode de foration a été changée en méthode de MFT (marteau fond de trou) à cause de la dureté du terrain et pour mieux avancer.



Figure 5. 2: forage f02 zekri.

❖ **Forage B 01 Mechtras :**

Ce forage est localisé dans l'enceinte de la mairie de Mechtras, c'est un forage artésien avec une profondeur de 80 m et un débit de 8 l/s, nous avons assisté à la mise en service de ce dernier en le raccordant à la conduite qui mène au château d'eau de la région.

Comme on a suivi la mise en place de la conduite d'eaux qui mène au château d'eau, la conduite était en PHD diamètre de 600 mm, avec une longueur de 800 m.



Figure5.3 forage Mchetras



Figure 5. 1: la conduite utilisée.

❖ **Forage Assi-Youcef :**

Il se localise dans la région d'Assi-Youcef, il est d'une profondeur de 97m.

Nous avons assisté au développement de ce forage par un compresseur de capacité de 31bar, l'opération a duré 4h avec une pression de 14 ,4 bar, le compresseur a donné un débit de 15l/s ce qui fait 6l/s avec la pompe.



Figure 5.2:forage Assi-Youcef développement.



Figure 5. 3: compresseur utilisée.



❖ **Forage Ouadia :**

Il se localise dans la région de Ouadias, il est réalisé par la méthode rotary avec une profondeur de 52 m et un diamètre de 12''.

Nous avons assisté à la diaggraphie de ce forage qui est faite à une profondeur de 37 m par l'entreprise DIALOG HGS.



Figure 5. 4: forage Ouadias.

		Company Name	DIALOG HGS
		Client Name	FOREMHYD SPA
		Services	ELOG 16"N 64"N SP
Client	FOREMHYD SPA	Other Services	CALPER GAMMA
Well Name	F1 OUADHA	Drill Datum	GL
Field	TIDOUZZOU	Perm Datum	GL
Country	Algerie	Elevation	400m
Latitude	36° 52' 23.62" N		
Longitude	04° 01' 36.78" E		
Date	15/06/2022	Logging Engineer	M.Brady
Run #	1	Logging Unit	GEONETA
Type Of Log	ELOG 16"N 64"N SP	Witness	
Depth Collar	90m	Rig Operator	
Depth Logger	27m	Comments	
Fluid In Hole			
Salinity			
Density			
Fluid Level		Estimate	1/100
Maximum Temp.			



		Company Name	DIALOG HGS
		Client Name	FOREMHYD SPA
		Services	CALPER GAMMA
Client	FOREMHYD SPA	Other Services	ELOG 16"N 64"N SP
Well Name	F1 OUADHA	Drill Datum	GL
Field	TIDOUZZOU	Perm Datum	GL
Country	Algerie	Elevation	400m
Latitude	36° 52' 23.62" N		
Longitude	04° 01' 36.78" E		
Date	15/06/2022	Logging Engineer	M.Brady
Run #	2	Logging Unit	GEONETA
Type Of Log	CALPER GAMMA	Witness	
Depth Collar	50m	Rig Operator	
Depth Logger	37m	Comments	
Fluid In Hole			
Salinity			
Density			
Fluid Level		Estimate	1/100
Maximum Temp.			

Figure 5. 5: fiche technique f01Ouadias.

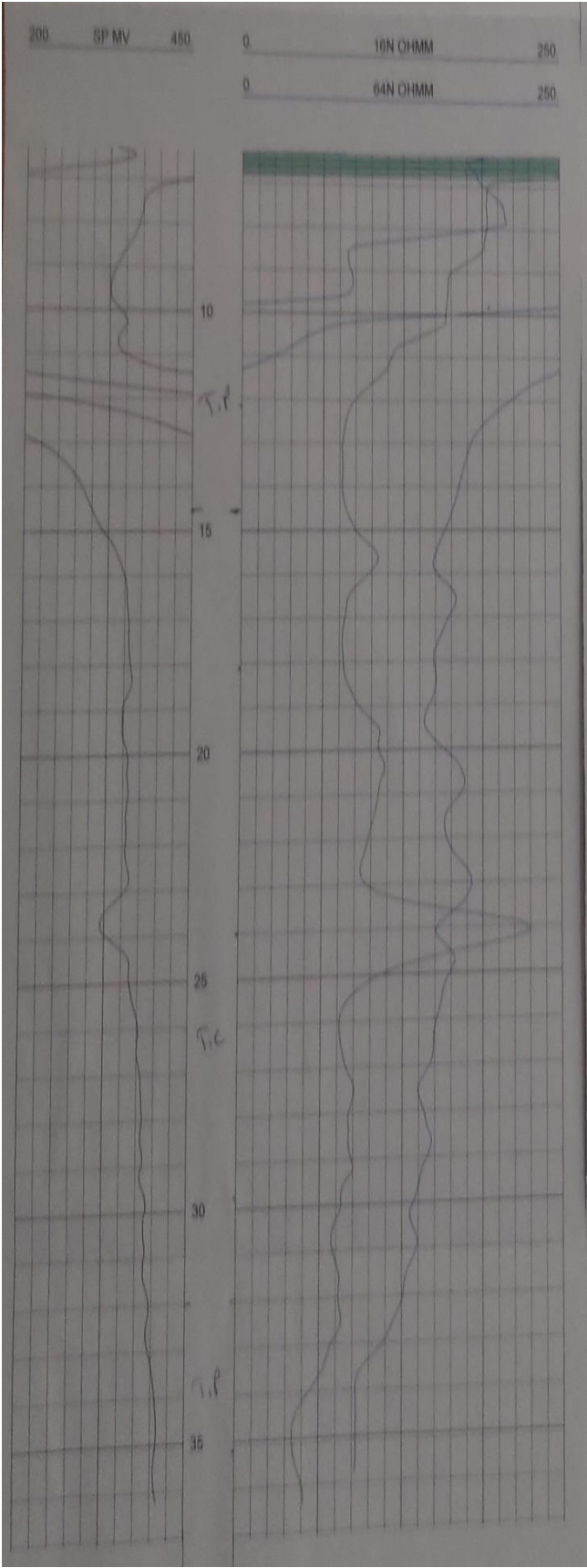
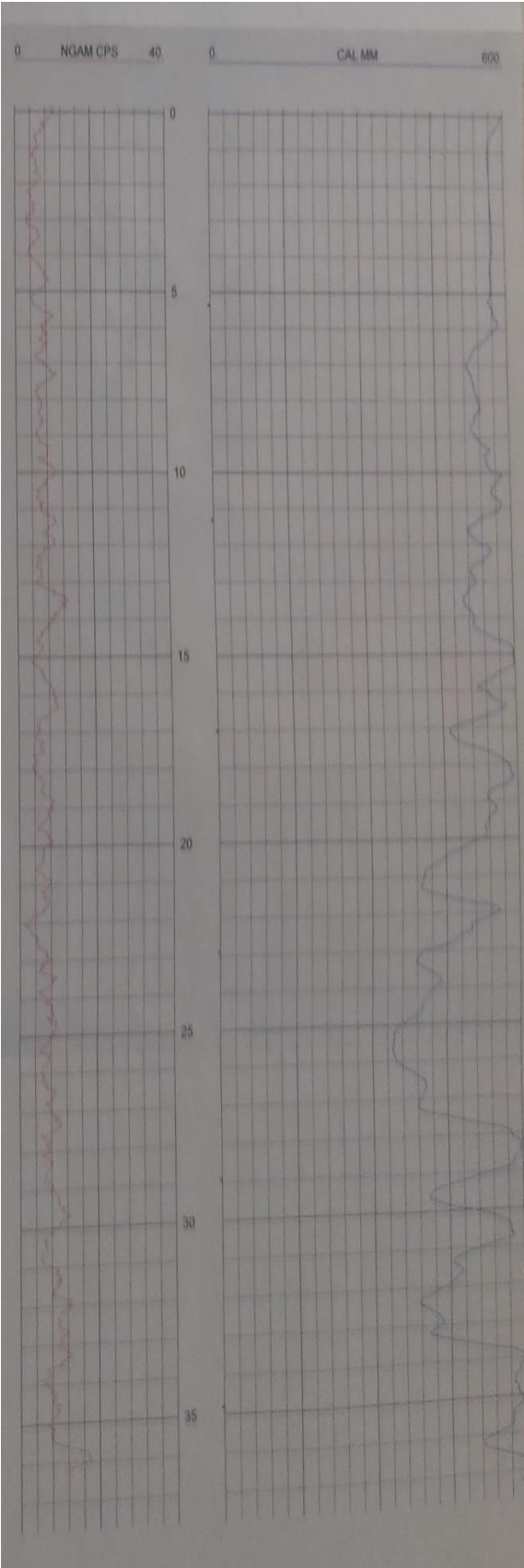


Figure 5. 6: Enregistrement de la diagraphe.

Interprétation des résultats de diagraphie :

D'après l'enregistrement de la PS :

- ✓ Des fortes valeurs de l'intensité jusqu'à environ de 12.5m, les valeurs atteignent les 450mv, indiquant un milieu imperméable
- ✓ De 14.5 jusqu'à 32 m, des faibles valeurs d'intensité d'environ 350mv, indiquant un milieu perméable.
- ✓ De 32 jusqu'à 37m des fortes valeurs de PS sont enregistrées d'environ 410mv, indiquant un milieu imperméable.

D'après l'enregistrement du caliper :

- ✓ Les valeurs du caliper dans les premiers 5m sont d'environ 560mm, indiquant une zone imperméable.
- ✓ Les valeurs de diamètre de 5 jusqu'à 20m varient entre 600-440 mm, indiquant une zone peu perméable.
- ✓ Les valeurs de diamètre de 20 jusqu'à 37m varie entre 240-600 mm, indiquant une zone perméable.

D'après l'enregistrement du GR :

- ✓ Les valeurs de résistivité des 14 premiers mètres sont fortes, indiquant un milieu résistant moins conducteur donc imperméable.
- ✓ Les valeurs de résistivité de 14 jusqu'à 37m sont faibles, indiquant un milieu moins résistant conducteur donc perméable.

D'après les enregistrements on constate la présence de 03 parties :

- De 0 a14m milieux imperméable on met un tube plein
- De 14a 32m des terrains perméables on met un tube crépinés.
- De 32a 37m des terrains imperméables.
- De 30a 37m des terrains peu perméables.

❖ Forage AIT BOUADOU :

Il se localise dans la région de Ait Bouadou , c'est un forage réalisé par la méthode de battage avec une profondeur de 50m est un diamètre de 24'', nous avons assisté à la mise en place d'un tube de maintien en TNRS avec épaisseur de 4mm et diamètre de 24'' .



Figure 5. 7: forage Ait Bouadou.

Conclusion

Les visites de ces chantiers de forage pendant ma formation m'ont appris beaucoup de choses dans le domaine du forage :

- ✓ Les différentes techniques de foration ;
- ✓ La mise en place du tubage ;
- ✓ La diagraphie ;
- ✓ Le développement.

Malheureusement, l'occasion ne s'est pas présentée pour assister à un essai de pompage.

Conclusion Générale

Le présent travail, qui a pour objectif d'effectuer un suivi de la réalisation d'un forage d'eau captant la nappe de Zekri situé à 75 km au Nord-Est de Tizi-Ouzou, a abouti aux conclusions suivantes :

La zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen avec une période sèche qui s'étale du mois de mai au mois de septembre et une période humide qui s'étale du mois d'octobre au mois d'avril. La température moyenne annuelle est de 18 °C (1952/1961) et la précipitation moyenne annuelle est de 1328 mm sur la période (2008-2018).

L'étude géologique, effectuée sur la base de la carte géologique du Cap Sigli et les travaux de certains auteurs, les données sont rares sur la région, Notre forage capte la nappe oligocène.

La partie pratique du présent travail a permis de suivre de près les différentes étapes de réalisation d'un forage d'eau par la méthode de Battage.

L'interprétation des échantillons prélevés, lors du forage, a facilité la détermination des formations géologiques traversées et la conception d'un log du forage

L'aquifère se trouve à une profondeur de 34 m c'est une formation gréseuse d'âge oligocène.

Au terme de ce travail nous recommandons d'équiper le forage d'une pompe immergée calée dans la partie pleine du tubage. Ce dernier constitue une chambre de pompage qui permet d'éviter le flux direct. Aussi, une analyse hydro-chimique est nécessaire pour identifier les caractéristiques essentielles de l'eau de ce forage et déterminer sa qualité avant la mise en service du forage F 01.

Références bibliographiques

- Abdeslam M. Mania J. Mudry J. J. P Gélard. Chauve P. Lami H. et Aigoun C, 2000 : Arguments hydrogéochimiques en faveur de Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale kabyle, élément des Maghrébides). Article 12p.
- Agrouche S., 2019 : Etude Hydrogéologique et évaluation des ressources du Haut Sébaou (Wilaya de Tizi-Ouzou Nord Algérie). Mémoire master 2 UMMTO.
- Bettahar M. et Lakhchakheche A.,2017 : Etude de réalisation d'un forage hydraulique à usage agricole dans la région de Touggourt. Mémoire de master, UKMO, 79p.
- Bouillon J.P, Durand Delga M, Geland J.P, Leikine M, Raoult J.F, Raymond D, Tafiani M, Villa J.M. ,1970 : définition du flysch massylien et du flysch mauritanien au sein des flyschs allochtones de l'Algérie.Tome 270.
- Bouselsal B : Forage d'eau procédés et mesures, 141p.
- Castany G : principes et méthodes géologiques. (1982). 236p
- Chabni KH. et Beggur B., 2021 : Le forage d'eau : Aspects théorique et pratique. Cas du forage BM-13 (W. Boumerdes). Mémoire master 2 UMMTO.
- Durand Delga M ,1968. : Mise au point sur la structure de Nord Est de la berbérie
- Durand dulga M, mise au point sur la structure du Nord-est de la berbérie. (1969). Publ. Serv. Géol. Algérie. Nouvelle série. Bull n°39.
- Ficheur E. Stratigraphie, descriptions régionales 2^{ème} série, n°01 : la Kabylie du Djurdjura. Alger, 407p.
- Mabillot A. les forages d'eau (guide pratique).