



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et La Recherche
Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologie

Département Hydraulique et Génie civil

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème

**Etude De Tarissement Du Forage Albien Profond De Gouiflat El-Oued
(Zelfana), Diagnostique Du Problème Et Solutions Palliatives**

Présenté par :

- **BEKOUIDER Souhila**
- **KHATOUI Mebarka**

Devant le jury :

Mr. BOULMAIZ Tayeb	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. MECHRI Bachir	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mr. ACHOUR Mansour	Doctorant	ANRH Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2019/2020

The background features a circular arrangement of three black graduation caps at the top, two yellow scrolls tied with red ribbons on the sides, and clusters of blue and pink flowers at the bottom. A dashed line forms a circle around the central text.

Remerciement

Tout d'abord, merci

Notre Dieu qui nous a donné force et courage.

En conséquence, nous voudrions remercier

M. ACHOUR Mansour, d'avoir encadre ce travail

Avec beaucoup de compétence, des efforts énormes

Des conseils et encouragements. Et sacrifié

Son temps Pour nous

Nous remercions également

Toutes les institutions qui ont

contribué à nous faciliter la

Recherche et la collecte d'informations

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A ma chère Mère qui a éclairé mon chemin qui

M'a encouragée et soutenue tout au long de mes études mes

Mots Elle ne suffiront pas à ses efforts avec moi.

A mon cher Père pour son affection, ses encouragements et ses conseils.

A ma chère binôme Mebarka pour son soutien moral, et sa patience.

A mes chère frère Djalel et Yassine qui m'aider et m'encouragé.

À mes chère amis Ouidad et Douniazed, Messouda Pour leur collaboration et leur aide.

Bekouider Souhila

Dédicace

Je dédie ce mémoire

À mon cher père Hadj Aouak pour le gout à l'effort qu'il a suscité en moi, de par sa rigueur et son amour et m'encourager.

A très chère mère, quoi que je fasse ou que je dis, je ne peux pas point te remercie comme il se doit. Leur affection qui me couvre.

A ma chère binôme Souhila pour son soutien moral, et sa patience

A ma moitié sœur Asma qui ne cesse jamais de me conseiller, encourager et soutenir. Ils étaient mon aimable refuge.

A mes chers frères Youcef, Othmane, Hocine et mes belles sœurs Halima, Atika, ma petite ange Hanaa.

Khatoui Mebarka

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE I : Généralités sur la zone d'étude	
Introduction	3
I. La situation géographique et administrative de la région	3
I.1. la Géographie de la zone	3
I.2. la géomorphologie de notre zone	4
II. contexte des socio-économique	4
II.1. Les caractéristiques essentielles de la société de la commune de Zelfana ..	5
III. Contexte hydro-climatologie	6
III.1 Paramètre climatologique	6
III.1.1. Les Températures	6
III.1.2. Les précipitations	7
III.1.3. L'insolation	8
III.1.4. L'évaporation	9
III.1.5. L'humidité	10
III.1.6. Le vent	11
IV. Contexte géologique et hydrogéologique	12
IV.1. Identification hydrogéologique	12
IV.1.1. La nappe du continental intercalaire (albienne).....	13
IV.1.2. Généralité sur l'aquifère albien de la région de Ghardaïa	14
IV.2. L'albien de notre zone d'étude(Zelfana)	14
IV.2.1. Géologie	15
IV.2.2. Hydrogéologie	17
IV.2.3. Exploitation de la nappe albienne	17
Conclusion	19
CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés	
I. Les techniques d'exécution des forages d'eau	21
I.1 Forage par percussion (battage)	21
I.2 Forage par MFT (marteau fond de trou)	22
I.3 Forage par rotation (rotary)	22
I.3.1. Les principaux éléments d'un forage rotary	23
Le trépan	23
Masse tige	24

Les tiges	24
Table de rotation	25
Les fluides de circulation	25
La Polycol	26
La bentonite	26
II. Analyse des cuttings	26
III. Equipement de forage	27
IV. Cimentation de l'espace annulaire	28
V. Nettoyage et développement des forages	28
VI. Les problèmes rencontrent dans les forages	29
VI.1. Les pertes partielles et totale de la circulation	29
VI.2. Les coincements sur le forage	30
VII. Indices de vieillissement des forages	30
VII.1. Effet de colmatage	31
VII.2. Effet de corrosion	31
VII.3. Effets liés à la ressource captée	32
Conclusion	33

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

Introduction.....	35
I. Localisation du forage de Gouiflat	35
II. Problématique du forage	36
III. Historique du prélèvement et d'exploitation	36
IV. Diagnostic de l'équipements tubulaires du forage	37
V. Technologie de fonçage utilisée de forage	39
VI. Les formations géologiques traversées	39
VII. Problèmes rencontrés lors de la réalisation	39
VIII. Diagnostic par endoscopie	39
IX. Diagnostic par analyse chimique	41
X. Discussion des résultats	44
XI. Remèdes proposés pour la réhabilitation du forage	45
XI.1. Remèdes préliminaires	45
XI.1.1. Auscultation complète par endoscopie	46
XI.1.2. Contrôle de la cimentation	46
XI.2. Intervention sur le tubage de production du forage	46
XI.3. Intervention sur la colonne de captage (crépine)	50

XI.3.1. Abandonnement et bouchage des forages	50
Conclusion	52
CONCLUSION GENERALE	54
Références bibliographiques	57
ANNEXE	59

Listes des figures

Figure 1: situation géographique de la commune de Zelfana (google earth).....	4
Figure 2: Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018).....	7
Figure 3: Courbe de variation des précipitations mensuelles (2008-2018)	8
Figure 4: Courbe des variations mensuelles d'insolation (2008-2018)	9
Figure 5: Courbe des variations mensuelles des évaporations (2008-2018).....	9
Figure 6: Courbe d'humidité mensuelle interannuelle (2008-2018).....	10
Figure 7: Courbe de variations de vitesse mensuelle des vents en m/s (2008-2018).....	11
Figure 8: système aquifère de Sahara septentrional (CT ET CI, SASS).....	12
Figure 9: Coupe géologique synthétique de la région de Zelfana (ANRH 2016).....	15
Figure 10: Carte géologique de la région de Zelfana (ANRH 1954).....	16
Figure 11: Les Forages de la commune du Zelfana(ANRH,2011)	17
Figure 12: Outil du forage par battage (Berriane 2020).....	21
Figure 13:Le trépan (Berriane 2020).....	23
Figure 14 : trépan pastille (Berriane 2020).....	23
Figure 15: Masse Tige (Berriane 2020)	23
Figure 16: Les Tiges (Berriane 2020)	23
Figure 17: Table de rotation (Berriane 2020).....	24
Figure 18: Schéma Circulation de la boue (forages techniques et procédés).....	24
Figure 19: La bentonite (Berriane 2020).....	25
Figure 20: Le bassin de la boue (Berriane 2020)	25
Figure 21: Des échantillons de terrain travers (Berriane 2020).....	26
Figure 22: Les tubes de protection API 13 ^{3/8} casing (Berriane 2020)	26
Figure 23: Les crépines en inox type Johnson (Wikipédia).....	27
Figure 24: localisation de forage de Gouiflat (ANRH 2020)	34
Figure 25: Forage exploité dans la ville de zelfana (ANRH 2016)	35
Figure 26: Mesure de débit (2016-2019).....	36
Figure 27: Tête de forage (rapport de fin sondage 1954)	37
Figure 28: Schéma de la Tête de forage (rapport de fin sondage 1954)	37
Figure 29: l'état de tubage au niveau 103m par endoscopie	39
Figure 30: niveau de 105m (plan d'eau).....	39
Figure 31: Le niveau des deux trous.....	40
Figure 32: Les analyses chimiques par le diagramme de piper	42
Figure 33 : les ondes de diagraphie (rapport de contrôle cimentation).	45
Figure 34: Chemisage avec cimentation de l'annulaire	47
Figure 35: Chemisage sans cimentation de l'annulaire	48
Figure 36: Chemisage avec une colonne perdu	49
Figure 37 : programme du bouchage	50

Listes des tableaux

Tableau 1:Les variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018).	6
Tableau 2:précipitations mensuelles (2008-2018)	7
Tableau 3: L'insolation mensuelles interannuelle (2008-2018).	8
Tableau 4: Évaporation mensuelles interannuelle (2008-2018)	9
Tableau 5: Le taux d'humidité mensuelles interannuelle (2008-2018)	10
Tableau 6: Les valeurs de vent mensuelles interannuelle (2008-2018)	11
Tableau 7: Cordonnées géographiques	34
Tableau 8: historique de la Mesure de débit (1954-2019)	36
Tableau 9: les formations géologiques	38
Tableau 10: Relation entre conductivité et minéralisation.	41
Tableau 11: Les analyses chimiques.	42
Tableau 12: paramètres de forage Gouiflat	43
Tableau 13 : Les données à partir de l'endoscopie.	43

Abréviations

API : American Petroleum Institute

ADE : Algérienne Des Eaux de Ghardaia

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

DV : Devert-Valve

HTS : Haute Teneur en sulfates

PVC : plastique chlorure de polyvinyle

ONM : Office National de la Météorologie

CI : Continentale Intercalaire

CT : Complexe Terminale

SASS : Système Aquifère du Sahara Septentrional

Résumé :

La région de Zelfana, l'une des communes les plus importantes de la wilaya de Ghardaïa, est considérée comme une zone touristique, située dans le Nord-Est la wilaya.

Cette zone est désertique et la seule source d'eau dont dépend la région est la couche le plus importante albienne profonde que ce soit pour l'alimentation eau potable ou pour l'irrigation, pour cela il faut réaliser des forages coûteux et difficiles, quand ils sont réalisés, ce sont des problèmes, Parmi ces problèmes le forage de Gouiflat qui a connu des eaux jaillissantes, après Il s'est arrêté brusquement en 2019. Ce phénomène survenu est-il du a une défaillance du tubage ou à des effets hydrogéologiques ?

Notre présente étude consiste à diagnostiquer le problème de ce forage par l'utilisation différentes méthodes : auscultation *in situ* et par endoscopie, les analyses chimiques, et apporté des solutions palliatives.

Mots clé : Gouiflat, forage, tarissement, jaillissant, diagnostic, problème, solution palliative, albienne.

الملخص

تعتبر منطقة زلفانة، إحدى أهم بلديات ولاية غرداية، فهي مدينة سياحية تقع في الشمال الشرقي من الولاية.

هذه المنطقة صحراوية والمصدر الوحيد للمياه التي تعتمد عليه الطبقة القارية العميقة سواء لإمداد مياه الشرب أو للسقي، لذلك من الضروري عمل حفر آبار باهظة الثمن وصعبة وعند إنجاز هذه الآبار تحدث مشاكل ومن بينها مشكل بئر القويطة الذي تميز بتدفق عالي للماء، بعد ذلك توقف فجأة في 2019، هذه الظاهرة هل حدثت بسبب عطل في انبوب البئر أو بسبب تأثيرات الطبقة الهيدروجيولوجية؟

دراستنا الحالية تتكون من تشخيص مشكل هذا البئر باستعمال عدة طرق: التنظير الداخلي، التحاليل الكيميائية ومحاولة وجود حلول مناسبة لها.

الكلمة المفتاحية: القويطة، بئر عميق، الجفاف، التدفقات عالية، التشخيص، المشكل، الطبقة القارية.

Abstract:

The Zelfana region, one of the most important municipalities in the wilaya of Ghardaïa, is considered a tourist area, located in the northeast of the wilaya.

This area is desert and the only source of water on which the region depends is the most important deep albian layer, whether for drinking water supply or for irrigation, for this it is necessary to carry out expensive and difficult boreholes, when they are carried out, they are problems, Among these problems the drilling of Gouiflat which experienced gushing waters, after It stopped suddenly, meaning that it had a drying up phenomenon.

Our study is interested in this phenomenon, we diagnose the problem of this drilling and provided palliative solutions by using different methods (by auscultation, endoscopy, chemical analyzes).

Key words: Gouiflat, drilling, drying up, gushing, diagnosis, problem, palliative solution.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Les eaux souterraines sont captées par des ouvrages généralement ce sont des forages, pour distribuer l'eau à la population ou pour l'irrigation. Les forages sont réalisés avec plusieurs techniques, les techniques les plus connu nous avons mentionnées dans notre étude tel que les forages par rotary, MFT, battage, sont utilisées selon la nature du terrain et selon d'autres condition.

Au cours dans la réalisation de forage, peuvent survenir des problèmes. Ces problèmes peuvent être causés par les couches de la terre ou un défaut dans l'un des outils du puits, ou en raison d'autres facteurs qui l'affectent et entravent le passage de l'eau à travers, et pour découvrir ces problèmes nous avons étudié le cas d'un forage de Gouiflat à Zelfana à, d'une profondeur de 929 mètres de nappe albienne, d'après notre observation sur terrain l'eau a séché à une profondeur de 100 mètres Presque dans la tête de forage, donc nous étudierons si le phénomène causé des pertes dans les couches inférieure qui peut engendré des dégâts dans ces couches.

C'est un problème actuel, et nous allons étudier la cause de ce tarissement, et nous allons essayer diagnostiquons cette situation étape par étape en étudiant l'historique de sa réalisation, les conditions hydrogéologies du terrain, Aperçu de l'état de ses équipements tubulaire par auscultation de l'endoscopie, ainsi que prise d'échantillon d'eau pour caractériser sa qualité chimique vis-à-vis a l'interaction eau-tubage.

L'objectif de notre étude est de connaître l'emplacement exact du problème et la raison qui a conduit à l'apparition du tarissement, Après avoir déterminé la raison principale, nous essayons proposer des solutions palliatives à ce problème tous ses aspects économiques, pour préserver cette ressource rare et vitale, dans cette zone saharienne.

CHAPITRE I :
GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

Introduction :

Ce chapitre présente les traits majeurs du milieu d'étude notamment la localisation géographique du terrain, le cadre climatique, et l'étude géologique, l'hydrogéologie de notre zone d'étude, ainsi que la nature de sa la nappe ces éléments vont contribuer à situer le système Aquifère dans le contexte régional et à identifier les éléments utiles à la compréhension des Problématiques abordées au cours de l'étude.

I La situation géographique et administrative de la région :

Zelfana est devenue une municipalité en 1991, c'était le point de rencontre entre les convois de dirigeants se dirigeant dans toutes les directions, après avoir trouvé le premier puits en 1947 et après cela, cette ville a connu une large activité civilisée, où les habitants se sont installés Venant des villes voisines comme Metlili et Ouargla en raison de la disponibilité de leurs fonctions, y compris la plantation de palmiers.

Ensuite, la ville de Zelfana était largement connue par des eaux thermales et curatives. ⁽¹⁾

I.1 la Géographie de la zone :

Zelfana c'est une daïra et commune au mem temps, wilaya de Ghardaïa. Zelfana est située au Nord-Est de la wilaya de Ghardaïa à environ de 60 km du chef-lieu. Elle s'étende sur une superficie de **1946,23 Km²** ; à la limite Est de chebka du M'ZAB, ⁽¹⁾

La ville de zelfana est constituée de quatre quartiers principaux : **Zelfana Centre** et **Zelfana Oued (diar Thatta), Gouiflat, Hassi Nour (el hessei)**.

Administrativement elle est délimitée par :

- ✓ La commune de Guerara du nord.
- ✓ Metlili du sud.
- ✓ Ouargla du l'est.
- ✓ El ateuf a l'ouest. ⁽¹⁾

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude



Figure 1: situation géographique de la commune de Zelfana (google earth)

I.2 la géomorphologie de notre zone

La population de la ville de Zelfana, selon le nouveau recensement pour l'année 2018, est de **12325 habitants** avec une densité de population de **6,33 personnes par km²**. (2)

II. contexte des socio-économique :

« Le nomadisme sont à l'origine de sédentarisation », C'est ce que l'historien Ibn Khaldoun voit pour définir une société spécifique. Cela signifie que sédentarisation est le résultat d'un groupe de personnes. Les géographes voient également que la densité de la population et le travail sont des facteurs fondamentaux et connexes pour déterminer la qualité de la société.

Nous venons de déposer ces facteurs sur la ville de Zelfana, nous constatons donc que les sources thermales et l'eau thérapeutique sont d'un intérêt de premier ordre, ce qui les a fait distinguer par une bonne réputation et devenir un excellent pôle urbain et touristique. (1)

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

II.1 Les caractéristiques essentielles de la société de la commune de Zelfana :

Les critères importants qui déterminent la qualité de la société pour notre région dans laquelle nous étudions sont les suivants :

La société nomade :

La famille pastorale se distingue en définissant les coutumes et les traditions de la population, ce qui distingue sa culture, et pour cela il y a un grand accord entre la vie sociale et économique, qui fait que chaque membre de la famille porte sa responsabilité, et finalement une famille avec une unité productive est formée. ⁽¹⁾

La société actuelle :

La nouvelle société diffère de la pastorale d'une famille et de sa formation en termes de quantité et de qualité, de quantité où le taux de fécondité a diminué et de qualité en nombre de générations dans la même famille, où la nouvelle famille tient à assurer l'ambition individuelle et le choix personnel qui garantissent le bonheur de l'individu. ⁽¹⁾

En ce qui concerne la fonction éducative, l'école est venue enseigner aux enfants les valeurs sociales, qui ont intégré le rôle de la famille et aussi la sécurité sociale pour assurer le revenu de l'individu en cas de maladie et de vieillesse, ce qui encourage l'indépendance individuelle. ⁽¹⁾

Le tourisme :

Activité touristique et développement de l'économie locale de la région de Zelfana, qui est située au début de Zelfana qui contient des thermes, où il y a trois types de tourisme. ⁽¹⁾

- ✓ Tourisme commercial (comme les hôtels).
- ✓ Tourisme de santé (confort à la maison, spa).
- ✓ Tourisme quotidien (détente, sports et loisirs).

Occupation de sol :

La ville de Zelfana est considérée comme une ville oasis avec un environnement agricole important qui lui permet de préserver son caractère traditionnel. Sa superficie

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

agricole totale est de **103323 hectares** répartis sur les zones propices à la culture, aux pâturages, aux routes et aux terres improductives. ⁽¹⁾

III. Contexte hydro-climatologie :

La connaissance des caractéristiques hydro climatologique est nécessaire pour l'étude hydrogéologique, il est indispensable pour évaluer l'alimentation de réservoir souterraine par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique. Les données climatologiques que nous allons traiter relevées de l'Office National Météorologique de Ghardaïa (**ONM**). Sont réparties sur une période de **10 ans**. ⁽³⁾

III.1 Paramètre climatologique :

Les mesures climatiques qui déterminent le climat de la région sont les suivantes :

III.1.1 Les Températures :

Dans notre zone d'étude, la température influe grandement sur les autres paramètres Météorologiques tels que l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère. Elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique. Cela va être présenter sur la Courbe des variations des moyennes mensuelles des températures.

°Tmin	19.75	14.22	8.16	4.2	3.94	4.36	6.91	11.4	15.34	21.09	25.51	25.02
°Tmax	39.3	32.73	26.19	21.3	20.49	22.53	27.9	32.98	37.38	41.03	42.35	42.66
M.M.°t	29.29	23.33	16.48	12.47	12.01	13.1	17.09	21.69	26.21	30.94	32.51	29.51
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout

Tableau 1:Les variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018).

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

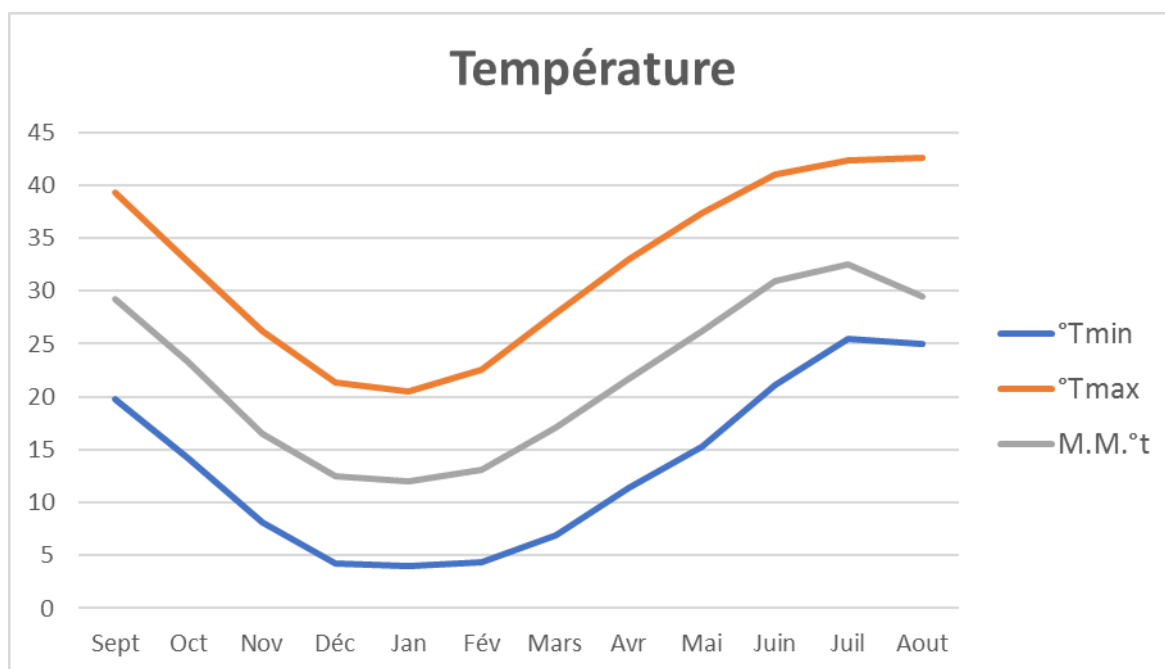


Figure 2: Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2008-2018) (ONM).

- D'après le graphique, les valeurs mensuelles de la température de l'air varient avec une certaine régularité pendant l'année, avec un maximum en Juillet (**42.66°C**) et un minimum en Janvier (**25.51°C**) et une moyenne de **32.51°C**.

III. 1.2-Les précipitations :

Joue un rôle moins important dans les zones sahariennes du fait de leur faible quantité. D'une part et de la forte température d'autre part. Nous avons établi le courbe de variation mensuelle des précipitations.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
pluie(mm)	19.24	6.39	4.23	3.89	9.67	3.43	7.67	4.04	2.52	3.43	1.35	3.57

Tableau 2:précipitations mensuelles (2008-2018)

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

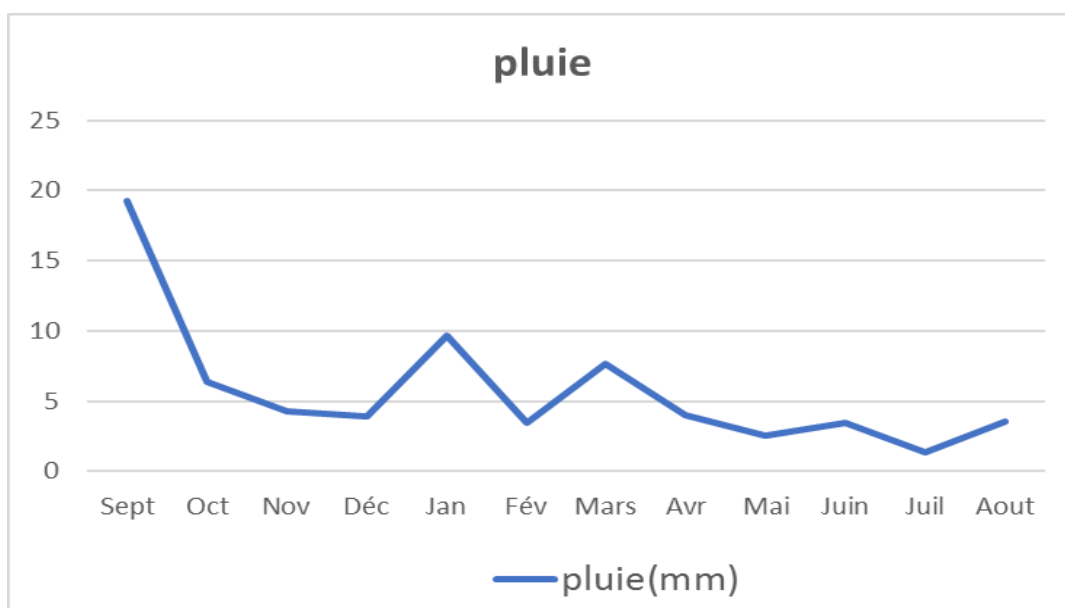


Figure 3: Courbe de variation des précipitations mensuelles (2008-2018)(ONM)

➤ Le courbe de répartition des moyennes mensuelles montre que :

La pluviométrie maximale est de l'ordre de **19.24mm** pendant le mois de septembre, et le Minimum est de l'ordre de **1.35 mm** observé pendant le mois de juillet.

Ces résultats restent très faibles pour participer à l'alimentation de la nappe.

III.1.3 L'insolation :

L'insolation est un coup de chaleur provoqué par une trop longue exposition aux soleil le tableau si dessous montre ces valeurs :

Insol(h)	265.09	279.5	264.9	244.3	253.1	239	278	293.9	334.1	344.5	343.8	326.1
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mais	Juin	Juill	Aout

Tableau 3: L'insolation mensuelles interannuelle (2008-2018).

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

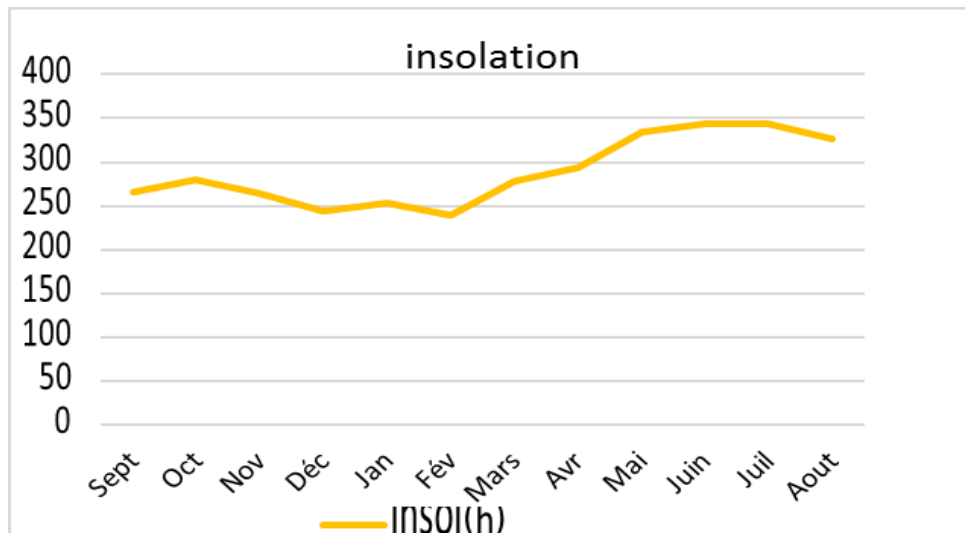


Figure 4: Courbe des variations mensuelles d'insolation (2008-2018)(ONM)

➤ D'après la courbe l'insolation n'observons que les rayons de soleils atteignent le sommet de (344.5° /h) en été (juin) et faible rayons (239°/h) en hiver (février).

III.1.4 L'évaporation :

Le résultat de 10 ans d'évaporation mensuelle est :

Evap(mm)	256.8	163.9	117.6	145.9	99.81	117	172.3	232.6	281.4	329.1	379.7	338.4
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mais	Juin	Juillet	Aout

Tableau 4: Évaporation mensuelles interannuelle (2008-2018)

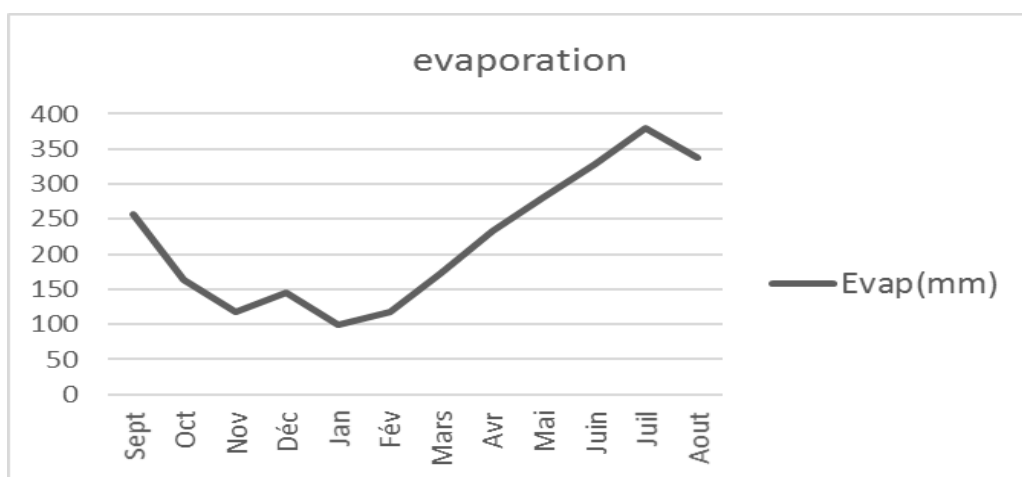


Figure 5: Courbe des variations mensuelles des évaporations (2008-2018)(ONM)

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

➤ Le courbe d'évaporation mensuelles montre que :

L'évaporation maximale est de l'ordre de **379.7mm** pendant le mois de juillet, et le Minimum est de l'ordre de **99.81mm** observé pendant le mois de janvier

III.1.5 L'humidité :

Les valeurs d'humidité relative moyenne, observées en 10 ans (2008-2018). Le Courbe qui en découle permet de distinguer les mois relativement humides :

Humi(%)	37.18	44	49.54	56	46.72	42.45	34.45	31.9	28.27	25.09	19.72	28.36
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mais	Juin	Juill	Aout

Tableau 5: Le taux d'humidité mensuelles interannuelle (2008-2018)

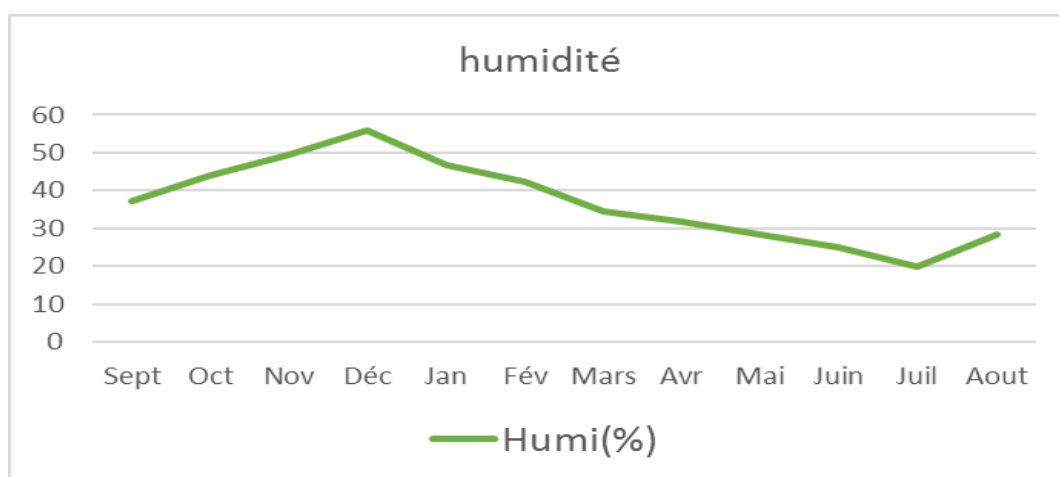


Figure 6: Courbe d'humidité mensuelle interannuelle (2008-2018) (ONM).

➤ On remarque d'après le graphe que le taux de l'humidité oscille autour de la valeur Maximum (**49.54%**) et un minimum de (**19.72 %**).

III.1.6 Le vent :

Le vent est un élément le plus caractéristique du climat. Il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. Les vents soufflants de l'Est vers le Nord-est sont les plus Dominants provenant de la méditerranée, ils sont chargés d'humidité. Les vents soufflants du Sud vers le Sud-ouest sont moins fréquents (Secs et chauds).

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

Le vent(m/s)	16.18	13.9	13	13	14.54	13.72	18.09	17.72	18.63	17.9	17.18	15.72
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	janv	Févr	Mars	Avril	Mais	Juin	Juill	Aout

Tableau 6: Les valeurs des vents mensuelles interannuelle (2008-2018)

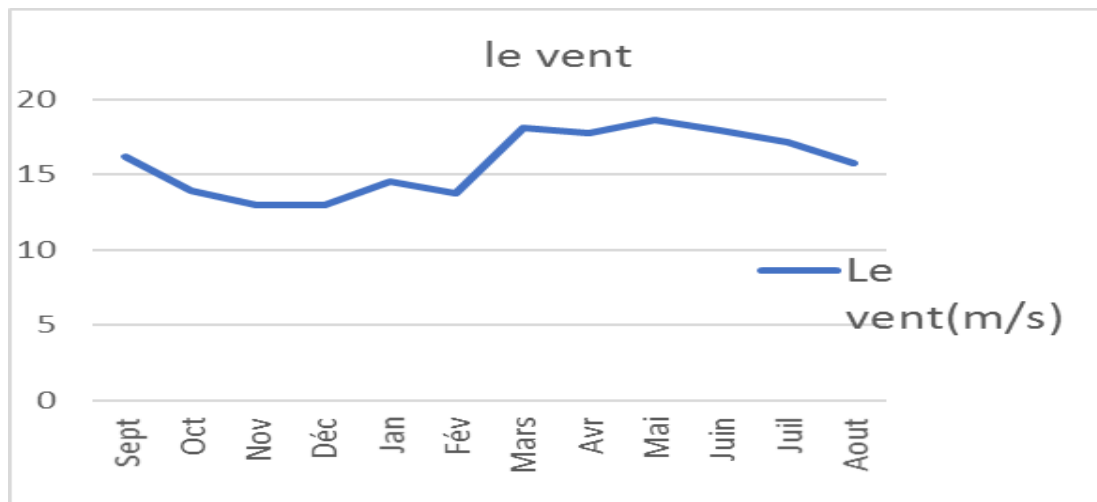


Figure 7: Courbe de variations de vitesse mensuelle des vents en m/s (2008-2018) (ONM)

➤ Donc ne remarquons que la vitesse de vent est plus forts mois de mai de valeur **18.63 m/s** et plus faible moi de novembre et décembre de valeur de **13 m/s**

IV. Contexte géologique et hydrogéologique

IV.1 Identification hydrogéologique :

À partir du système d'aquifère du Sahara septentrional (SASS), qui compose de deux principales couches aquifères profondes, La formation de continentale intercalaire (**CI**) qui est la plus étendue et la plus profonde, celle du complexe terminale (**CT**) très sollicitée dans la région des chottes algéro-tunisiens et dans le golfe de syrte en Libye, et l'Algérie exploité 60% de ces nappes. ⁽⁴⁾

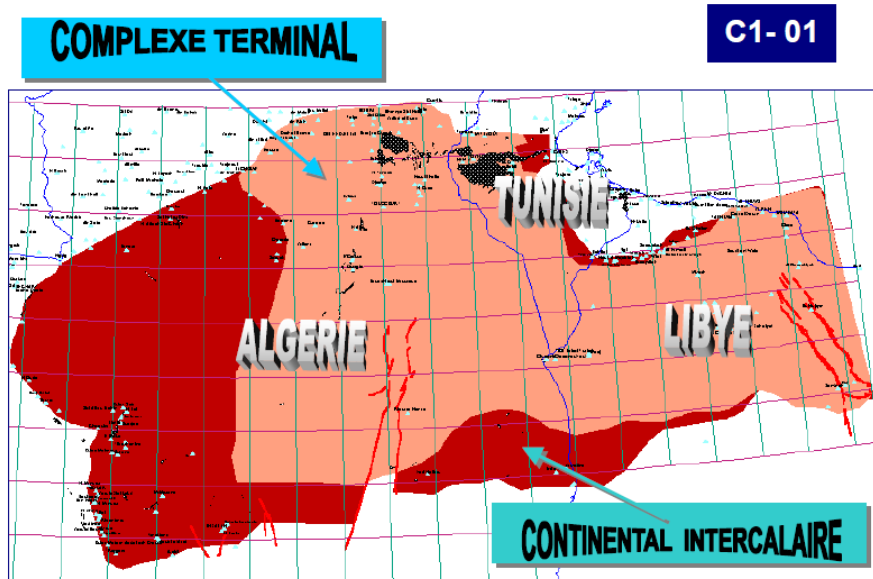


Figure 8: système aquifère de Sahara septentrional (CT ET CI, SASS).

➤ Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles ont Contenues une nappe profonde captive du Continental Intercalaire.

IV.1.1 La nappe du continental intercalaire (albienne) :

Dans la plate-forme saharienne, la nappe dite albienne s'étend sur dans Des grès et des argiles dates de **100 à 150 millions** d'années. Environ **20000 milliards de m³** D'eau y sont piégés. Elle occupe la totalité du Sahara algérien septentrional, et se prolonge Dans le sud de la Tunisie et le nord de la Libye. Localement, l'écoulement des eaux se fait D'ouest en est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des Eaux de pluie au piémont de l'atlas saharien en faveur de l'accident sud atlasique. ⁽⁵⁾

La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de L'épaisseur des formations postérieures au continental intercalaire, est Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage. ⁽⁵⁾

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

IV.1.2 Généralité sur l'aquifère albien de la région de Ghardaïa :

La nappe du continental intercalaire du Sahara septentrional draine, d'une façon générale, les formations sableuses et gréso-argileuses allant du barrémien jusqu'à l'albien. Néanmoins. Dans la wilaya de Ghardaïa. Seule la couche aquifère argilo-gréuse d'âge albien est atteinte et exploitée avec succès. ⁽⁶⁾

Selon la région et la pente de la couche. L'albien est capté à une profondeur de 160 à 100m en allant de l'Ouest vers l'est de la wilaya. ⁽⁶⁾

Localement l'écoulement générale des eaux se fait d'ouest en est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie aux piémont sud de l'atlas saharien en faveur de l'accident sud-atlasique ⁽⁶⁾.

La nappe de l'albien selon l'altitude de la zone de la variation de l'épaisseur des formations postérieurs au CI, elle est : ⁽⁶⁾

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, guerara et certaines régions d'el Menia).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importante, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'el Menia). ⁽⁶⁾

IV.2 L'albien de notre zone d'étude (Zelfana) :

L'oasis de Zelfana, pour satisfaire ces besoins en eau, exploite les couches aquifères profondes du Continental Intercalaire, communément appelé la couche albienne. Elle est située à des profondeurs de plus de **650 mètres**, les eaux sont jaillissantes, et sous certaines conditions topographiques la pression à la tête des puits peut atteindre **3 bars** avec un débit de plus de **50 l/s**. ⁽⁷⁾

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

IV.2.1. Géologie :

Du point de vue géologique, la région du Zelfana est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du bas-Sahara. Les formations affleurantes sont d'âge Crétacé supérieur, elles sont tabulaires légèrement inclinées vers le Nord-Est (centre du bassin). ⁽⁷⁾

Sur une profondeur de **1000m** ; du haut en bas nous rencontrons :

- ✓ **Le Mio-pliocène**, dépôt continental formé de sable rouge consolidé d'une épaisseur de **60 mètres**. ⁽⁷⁾
- ✓ **L'Eocène inférieur**, sur **15 mètres** d'épaisseur, formé d'une couche calcaire blanc fissuré à silex. ⁽⁷⁾
- ✓ **Le Sénonien** avec deux faciès successifs ; ⁽⁷⁾
- ✓ **Sénonien carbonaté**, de **25 mètres** composés de calcaire fissuré karstique. ⁽⁷⁾
- ✓ **Sénonien lagunaire**, de **80 mètres**, alternance de calcaire et marne à gypse et anhydrite. ⁽⁷⁾
- ✓ **Le Turonien**, typique composé de calcaire massif de **110 mètres** d'épaisseur. ⁽⁷⁾
- ✓ **Le Cénomaniens**, épaisse couche d'argile grise à intercalations de calcaires de **350 mètres** ⁽⁷⁾
- ✓ **L'Albien**, touché à partir de **650 mètres**, il est formé de grès et de sables fins avec des intercalations d'argiles. Il constitue un immense aquifère à nappe captive bien connu par sa grande réserve en eau. ⁽⁷⁾

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

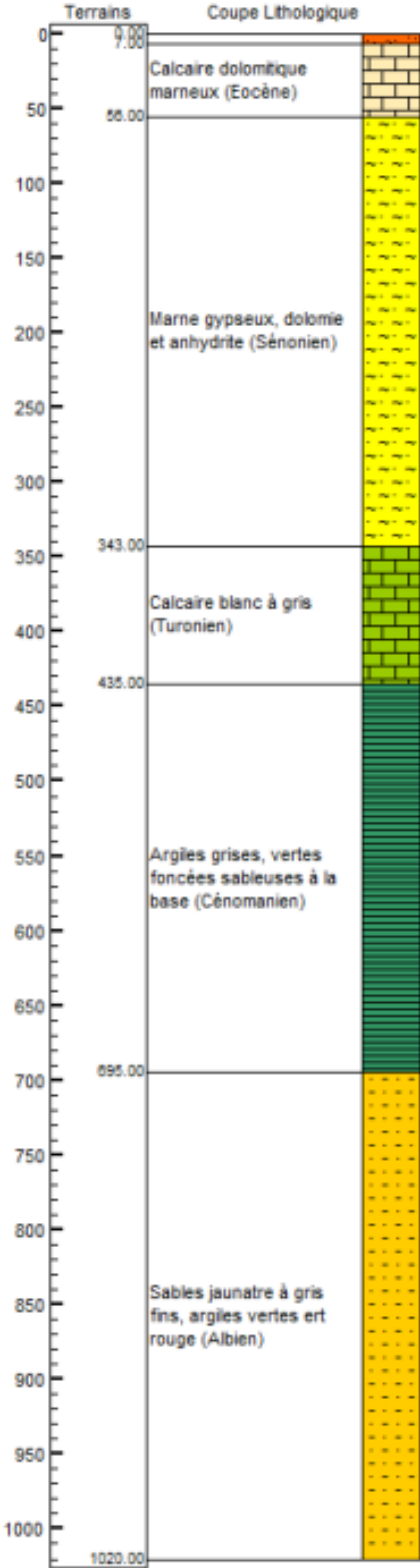


Figure 9: Coupe géologique synthétique de la région de Zelfana (ANRH 2016)

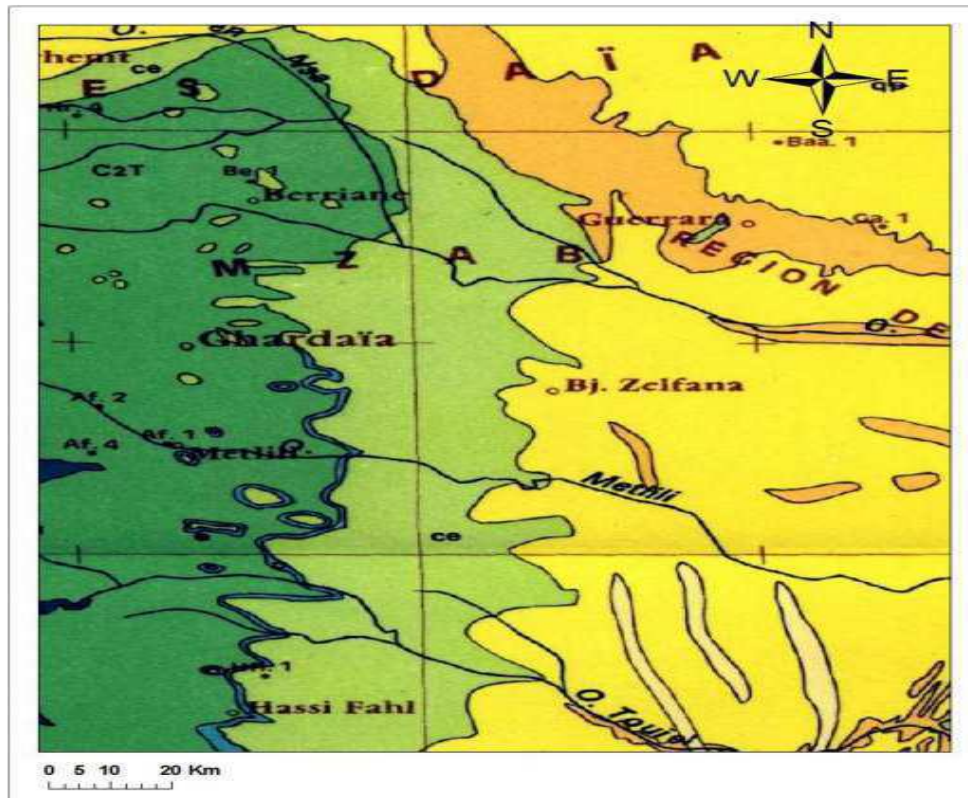


Figure 10: Carte géologique de la région de Zelfana (ANRH 1954)

IV.2.2. Hydrogéologie :

La couche gréseuse de l'Albien offre des ressources hydrauliques très considérables, sa nappe en charge est captée dans la région du Zelfana par le biais de plus de **29 forages** artésiens –jaillissants de **1000 mètres** de profondeur en moyenne. Le débit de jaillissement peut atteindre **50 l/s**. Les couches du Cénomaniens et du Sénonien lagunaire sont pratiquement imperméables. Elles constituent le toit de la nappe captive albienne.

Les sables moi-pliocènes dans la région ne sont pas aquifères, probablement l'absence d'un Substratum imperméable ; les eaux d'infiltration sont retenues par les couches inférieures du Sénonien carbonaté. ⁽⁷⁾

IV.2.3 Exploitation de la nappe albienne :

Le premier forage exploitant l'Albien dans la région Zelfana date de 1948, le débit de jaillissement a atteint **336 l/s**, avec une pression en tête du puits de plus de 7,25 bars.

CHAPITRE I : Généralité sur la zone d'étude

L'inventaire des forages réalisé par l'ANRH/CDARS en 2016, a fait ressortir un volume d'eau total extrait de la nappe de **31,22 hm³/an** soit un volume annuel de **32 millions de m³** par le biais de **29 forages** profonds. ⁽⁷⁾

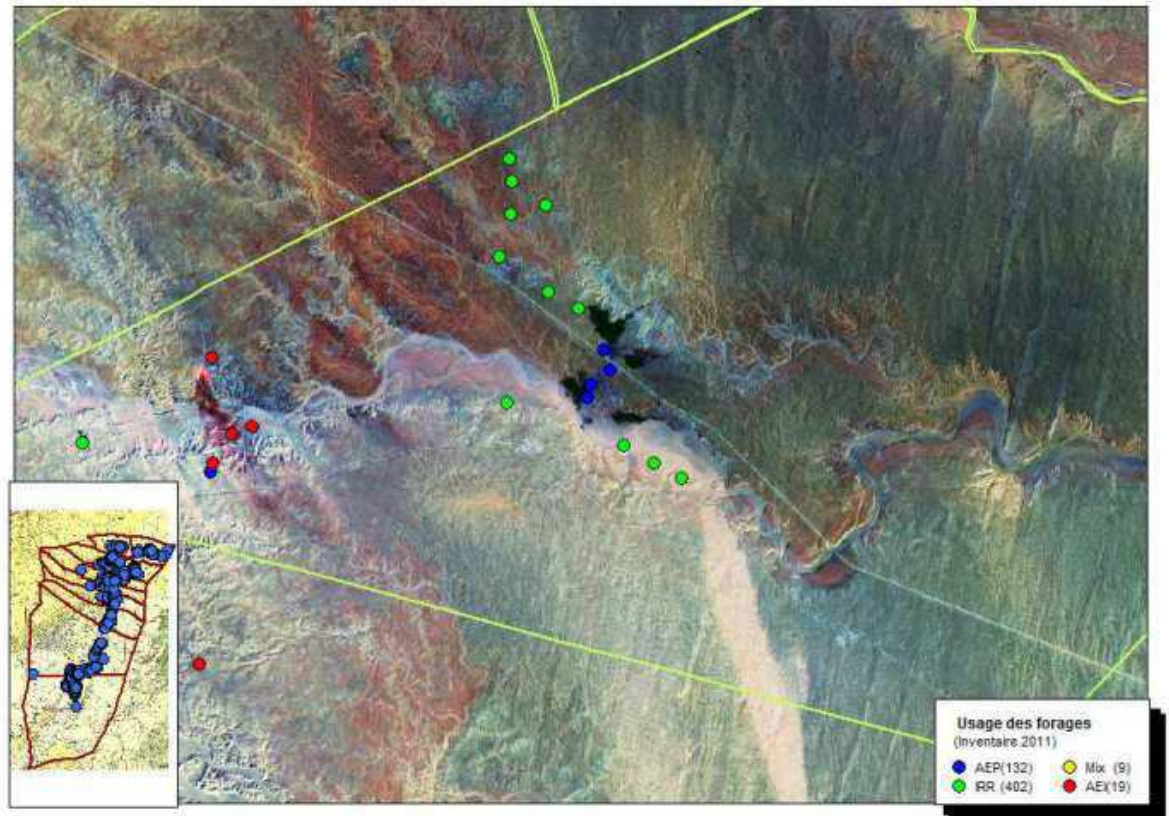


Figure 11: Les Forages de la commune du Zelfana(ANRH,2011)

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons conclu que la région de Zelfana est parmi les zones importantes où elle se caractérise par un emplacement stratégique, qui est considéré comme le carrefour des zones voisines et également son économie importante qui dépend de ses eaux thérapeutiques, et cela en a fait une zone touristique du premier degré et de son climat, qui est classée comme un climat chaud et désertique en été et un hiver doux et un caractère de palmier qui l'a également distinguée.

Il existe également la nappe géologique la plus importante de la couche albienne, qui a contribué à la qualité de son eau.

CHAPITRE II :
TECHNOLOGIE DES FORAGES
ET
LES PROBLEMES RENCONTRES

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

Dans ce chapitre, nous expliquons les techniques d'excursions des forages d'eau et la technologie qui est utilisée dans le forage de notre zone d'étude et ces équipements, et nous mentionnerons tous les anomalies qui est possible nous trouvent dans les forages.

I. Les techniques d'exécution des forages d'eau :

Le forage est exécuté selon plusieurs phases intercalées par des opérations de tubage et cimentation. Les profondeurs de chaque phase, la composition de la garniture, les paramètres de forage et la rhéologie de la boue sont programmées à l'avance dans un rapport de forage.

Le forage d'eau peut être exécuté selon trois types : par battage, par rotary ou par MFT. Le forage par battage est le procédé le plus ancien, il a été inventé par les chinois il y a plus de 4000 ans. Ce type de forage consiste à la percussion du fond du puit par des chutes libres de l'Outil dont les cadences et les dénivelés sont gouvernées par la dureté du terrain. La hauteur des chutes est de l'ordre du mètre et leur fréquence est variable de 15 jusqu'à 80 coups/minute. ⁽¹⁰⁾

Les techniques de forage rotary a air ou à boue sont adaptées au forage dans des terrains sédimentaires uniquement, éventuellement des terrains sédimentaires durs si la machine utilisé » est puissante.

La technique de forage MFT est adaptée à terrain durs ou à des formations rocheuses. C'est une technique qui est rapide (une dizaine de mètre par un heure) ⁽¹¹⁾.

I.1. Forage par percussion (battage) :

Le forage par battage est la plus ancienne méthode employée sur les chantiers de forage, ce procédé était utilisé par les Chinois il y a plus de 4 000 ans. La méthode consiste à soulever un outil lourd (trépan) et à le laisser retomber sur le terrain à traverser. La hauteur et la fréquence de chute varient selon la dureté des formations. On distingue deux types de battages : le battage au treuil et le battage au câble. Cette dernière méthode est la plus courante. Le trépan est suspendu à un câble qui est alternativement tendu et relâché.

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

Les mouvements sont rapides et le travail de l'outil se fait plus par un effet de martèlement dû à l'énergie cinétique que par un effet de poids comme pour le battage au treuil. Un émerillon permet au trépan de pivoter automatiquement sur lui-même à chaque coup. Le trou est nettoyé au fur et à mesure de l'avancement par descente d'une soupape permettant de remonter les débris (cutting). Ce procédé permet de réaliser des forages sans utilisation d'eau ou de boue. ⁽⁸⁾.



Figure 12: Outil du forage par battage (Berriane 2020)

I.2. Forage par MFT (marteau fond de trou) :

Cette méthode de forage utilise la percussion assortie d'une poussée sur l'outil qui se trouve lui-même en rotation. L'énergie utilisée pour actionner cet outillage est l'air comprimé à haute pression (10-25 bars). C'est un procédé très intéressant en recherche hydrogéologique et principalement en terrains durs. ⁽⁸⁾.

I.3. Forage par rotation (rotary) :

Le forage rotary est le procédé le plus couramment utilisé, il a notamment fait ses Preuves dans le domaine de la recherche pétrolière. ⁽⁸⁾.

Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920. La technique rotary est utilisé spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés Pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les Terrains durs (pétroliers) (8).

Principe :

Un outil appelé (tricône) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (Deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux Mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au-dessus de l'outil.

La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter Les cutting à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, En circuit fermé sans interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées et les Maintiens momentanément en attendant la pose de tubage.

Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le Forage (eau, huile, gaz). Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide). Le forage en perte De circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage. Le dépôt de la boue qui recouvre les parois d'une formation aquifère de faible pression peut Gêner la détection de cette formation. ⁽¹²⁾.

I.3.1. Les principaux éléments d'un forage rotary :

Le trépan :

Est un outil de forage par rotation comportant trois molettes dentées et appelé aussi la tête de forage

La tête de forage trépan en acier très dur attaque la roche. Le trépan sur lequel on appuie et que l'on fait tourner à une vitesse maximale de 200 tr/min. ⁽¹³⁾.

Le trépan a différentes tailles qui varient selon le type de la nappe :

- A paste pour la couche dure.

- Et Gros pour la couche argileuse.



Figure 13: Le trépan (Berriane 2020)



Figure 14 : trépan pastille (Berriane 2020)

Masse tige :

Mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression. Le poids utilisable des masse-tiges ne devra pas excéder 80% de leur poids total dans la boue ⁽¹⁴⁾.



Figure 15: Masse Tige (Berriane 2020)

Les tiges :

Permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage jusqu'à ce dernier. Elles doivent travailler en tension pour éviter leur frottement contre les parois du puits, qui peuvent causer leur usure et les éboulements des parois, et la déviation ⁽¹⁴⁾



Figure 16: Les Tiges (Berriane 2020)

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

Table de rotation :

C'est une machine de rotation utilisée pour tourner la garniture de forage. Elle est attachée au carrée d'entraînement articulé à la tige carrée qui fait tourner la garniture de forage. Pendant les manœuvres, la table de rotation supporte le poids de la garniture en même temps qu'elle est utilisée pour dévisser rapidement les tiges. ⁽¹⁴⁾.

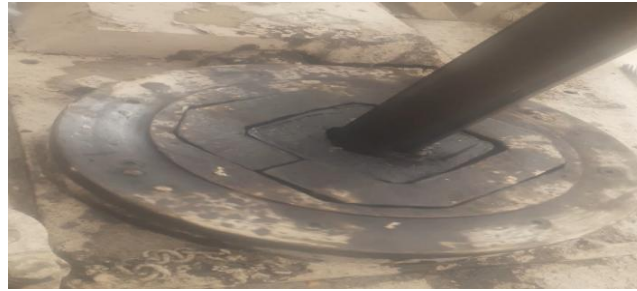


Figure 17: Table de rotation (Berriane 2020)

Les fluides de circulation :

Dans les terrains argileux il est préférable de forer à l'eau simple sans bentonite pour éviter de colmater l'aquifère. L'eau se chargera au fur à mesure d'argile du terrain.

En l'absence d'informations fiables sur la nature des terrains, on mélange à l'eau de forage de la bentonite ou de la polycol. Pour augmenter la densité de l'eau et préparer une boue que l'on pourra épaissir alléger par la suite. ⁽¹⁵⁾

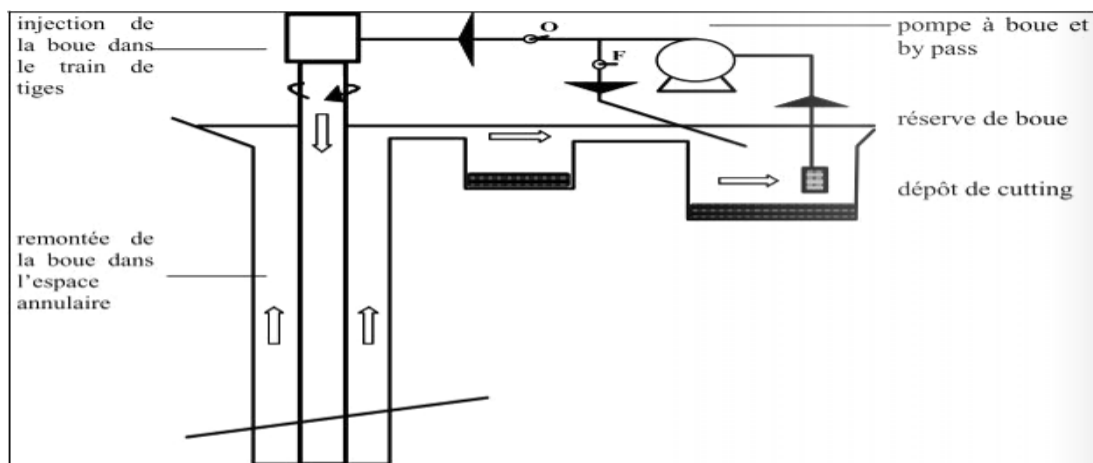


Figure 18: Schéma Circulation de la boue (forages techniques et procédés)

La Polycol :

C'est un produit polymère très répandu en forage rotary, qu'il faut doser entre 2.5 et 5 kg par mètre cube d'eau. Le mélange eau + polycol est plus homogène que le mélange eau + bentonite et son utilisation demande moins d'attention. Il existe de nombreux type de polycol avec des caractéristiques différentes en fonction des contextes ou l'on fore (milieu salin, anti colloïdes, climat, polycol ... etc.)⁽¹⁵⁾.

La bentonite :

C'est une argile en poudre qu'il faut doser entre 15 et 30 kg par mètre cube d'eau. Son risque majeur de colmatage de l'aquifère en fait aussi son avantage dans les terrains très perméables (aquifère, graviers, sables, silts) ou les pentes de boue peuvent être importantes ainsi que les risques d'effondrement.⁽¹⁵⁾.



Figure 19: La bentonite (Berriane 2020)



Figure 20: Le bassin de la boue (Berriane 2020)

II. Analyse des cuttings :

Les « copeaux » de terrain qui remontent avec la boue sont la source d'information essentielle : leurs analyses géologiques permettent d'identifier les formations traversées, de connaître leur nature s'ils sont perméables et susceptibles de fournir de l'eau.

Des échantillons sont prélevés à chaque changement de tige et de terrain. Ils sont prélevés dans a la main, juste à la sortie du forage et sont placés dans une boîte

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

compartimentée pour visualiser la coupe géologique. Ils seront conservés par la suite dans des sacs plastiques identifiés (nom de forage, et profondeur d'échantillon). la bentonite rend difficile la « lecture » des cutting car tous les échantillons sont noyés dans une matrice argileuse. Ils doivent être légèrement nettoyés.

La coupe géologique du terrain est établie par l'hydrogéologue, ou son assistant, au fur et à mesure du forage et décrite dans le rapport de forage de façon précise. ⁽¹⁵⁾



Figure 21: Des échantillons de terrain travers (Berriane 2020)

III. Equipement de forage

La mise en place de l'équipement, des tubes et du captages (crépines et graviers filtre) est une étape essentielle de la réalisation du forage d'eau. Le plan de captage et la position des crépines influera de façon très importante sur le débit d'exploitation de l'ouvrage. la nappe captée doit être isolée des pollutions superficielles pouvant s'infiltrer le long du tubage. ⁽¹⁵⁾.



Figure 22: Les tubes de protection API 13^{3/8} casing (Berriane 2020)

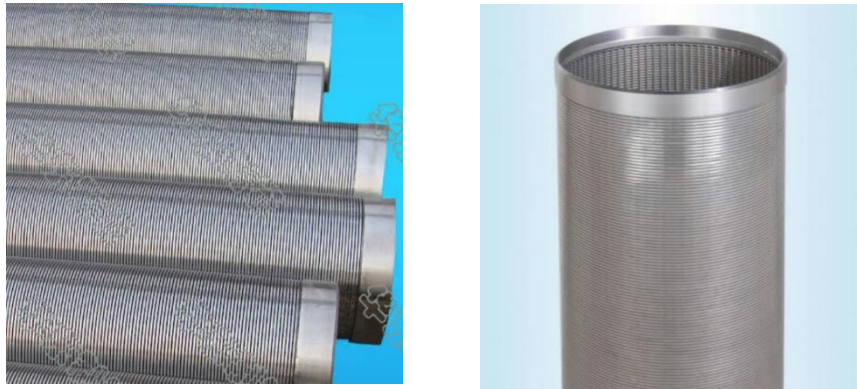


Figure 23: Les crépines en inox type Johnson (Wikipédia).

IV. Cimentation de l'espace annulaire :

La cimentation est une opération indispensable qui permet de protéger le forage des pollutions extérieure même si une dalle est par la suite construite autour du tube de forage, seule une cimentation correcte peut prévenir les écoulements préférentiels d'eau d'infiltration qui peuvent se développer le long du tubage. Un bouchon d'argile doit être mis entre le gravier filtre et le ciment afin d'éviter que le laitier de ciment colmate le massif filtrant. ⁽¹⁵⁾

V. Nettoyage et développement des forages :

✓ **Le nettoyage :** au rotary à la boue, il s'agit de laver les parois du forage à l'eau claire pour éliminer le « cake ». L'idéal est d'alléger la boue autant que possible sans pour autant risquer d'effondrer le forage juste avant la mise en place de l'équipement.

Une fois tubé, l'injection d'eau propre depuis la surface permet de rincer abondamment les crépines et le gravier filtre qui sont colmatés avec la boue de forage. On alternera les phases de rinçage et les phases de pompage par air lift dans le forage pour sortir de l'eau claire. ⁽¹⁵⁾.

✓ **Le développement :** est une étape très importante qui permet d'éliminer la plupart des particules fines du terrain et du gravier filtre qui pourraient pénétrer dans le forage ainsi que le

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

reste du cake de boue et d'arranger le terrain autour de la crépine afin d'en augmenter la perméabilité. ⁽¹⁵⁾.

Cette opération permet d'augmenter de façon significative le débit du forage initialement estimé. La nappe est en effet progressivement mise en production, l'aquifère est libéré de ses fines, la perméabilité et le débit instantané augmentent.

Une formation aquifère mise en production par un forage se développe automatiquement en pompage. ⁽¹⁵⁾.

Il existe plusieurs moyens qui s'offrent à nous pour opérer un développement, notons :

- Le sur pompage.
- Le pompage alterne.
- Le développement pneumatique. ⁽¹⁵⁾.

VI. Les problèmes rencontrent dans les forages

VI.1. Les pertes partielles et totale de la circulation :

Les principaux problèmes liés à la boue observés dans le bassin parisien concernent la géométrie du trou foré, les pertes partielles ou totales de fluide et des collages de la garniture de forage par pression différentielle. ⁽¹⁶⁾.

Les pertes de circulation sont la conséquence logique des déséquilibres de pression existants ou créés entre le milieu traversé et le fluide utilisé en forage.

✓ **Perte partielle** : Une perte est dite partielle, si la circulation se maintient même à une très faible Valeur, le trou restant rempli, il y a donc retour de boue.

Quand il y a perte partielle importante : $Q_{perte} > 5 \text{ m}^3/h$, et quand il y a perte partielle moins

Important : $Q_{perte} < 5 \text{ m}^3/h$.

✓ **Perte totale** : Une perte est dite totale, si la circulation ne se maintient plus, le puits se vide alors jusqu'à une cote telle que la pression hydrostatique exercée par la colonne restante dans le puits Équilibre la pression propre du découvert ⁽¹⁶⁾.

VI.2. Les coincements sur le forage :

Durant le déroulement d'un forage, plusieurs types d'accidents peuvent survenir en interdisant la poursuite normale de l'opération.

Coincements de la garniture de forage sont la cause la plus fréquente et correspondent aux instrumentations les plus graves, généralement elles se compliquent avec le temps.

En général on peut définir un coincement comme étant un obstacle qui provoque l'arrêt du forage dont la durée est difficilement prévisible, ce qui nécessite parfois des opérations d'instrumentations mais avant de mettre en œuvre des moyens importants donc coûteux, il est indispensable d'évaluer les chances de réussite et bien entendu son coût. ⁽⁸⁾.

VII. Indices de vieillissement des forages

Malgré toutes les protections et tous les contrôles réguliers dont peut bénéficier un ouvrage de captage, il est impossible de le maintenir éternellement en bon état. Le vieillissement est donc un phénomène inéluctable qui s'accompagne de plusieurs effets (colmatage et corrosion).

Une enquête réalisée en 1991 par Géotherma montre que les causes les plus fréquentes de dégradation des captages sont l'ensablement, l'entartrage et la corrosion. Par ailleurs, l'analyse de l'enquête réalisée par cet organisme met en évidence qu'un quart des problèmes survenant sur un forage vient de la vétusté de l'ouvrage, un autre quart d'une exploitation anormale et le troisième quart d'une mauvaise conception du forage. Cela signifie que les facteurs d'origine humaine interviennent pour les 3/4 des problèmes alors qu'un quart seulement est dû aux caractéristiques de l'eau et de l'aquifère. Enfin il faut signaler qu'en France 30 % des

Forages ont moins de dix ans contre 70 % qui ont entre 10 et 50 ans ⁽⁸⁾.

VII.1. Effet de colmatage :

Le colmatage des forages se traduit par une baisse progressive du rendement de l'ouvrage. C'est généralement le premier symptôme caractéristique du vieillissement. Les origines de ce colmatage peuvent être très diverses, mais le résultat est toujours le même : baisse de la perméabilité du milieu environnant immédiat (massif de graviers filtrant ou formation elle-même), ou bien accroissement des pertes de charges dû à la diminution du pourcentage de vide de la crépine (concrétions ou incrustations).

Le colmatage des forages d'exploitation, mais également le colmatage du lit et des berges d'un fleuve, dans le cas d'aquifères alluviaux, peut avoir de graves conséquences économiques dans la mesure où il entraîne nécessairement une baisse de production et donc une augmentation du prix de l'eau. Il en est de même dans le cas de colmatage des dispositifs de réalimentation artificielle. Il importe donc de déterminer les causes de colmatage et de mettre en place des dispositifs de traitement appropriés. ⁽⁸⁾.

Sur le terrain on peut observer sur un même ouvrage plusieurs types de colmatage :

- **Colmatage mécanique** : est séparé à deux types : l'ensablement et le colmatage de massif filtrant.
- **Colmatage chimique** : Les deux phénomènes qui peuvent déclencher un colmatage chimique sont le dégagement de CO₂ et l'apport d'O₂. Le premier entraîne la précipitation de carbonates à partir de bicarbonates, et le déplacement de l'équilibre entre fer bivalent et trivalent, qui conduit à la précipitation d'hydroxydes ferriques. Le second entraîne la formation d'oxydes ferriques insolubles à partir d'ions ferreux dissous dans l'eau ou à partir du fer métallique de l'ouvrage. ⁽⁸⁾.

VII.2. Effet de corrosion :

Corrosions ont été beaucoup plus étudiées et combattues sur les canalisations d'eau et l'installation de surface que sur les forages ou des dégâts très importants, difficiles ou impossibles à réparer, peuvent exploités ou au repos. La corrosion des captages d'eau

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

souterraine est un phénomène beaucoup plus sournois que le colmatage car ses effets sont souvent moins détectables. En revanche, ses conséquences en sont au moins aussi spectaculaires et importantes pour la pérennité de l'ouvrage en cause ⁽⁸⁾.

D'une façon générale, la corrosion peut-être de deux types :

➤ **La corrosion sèche** : est le résultat de l'attaque d'un métal par un gaz à des températures élevées.

La réaction qui se produit est de la forme : $A(\text{solide}) + B(\text{gaz}) = AB(\text{solide})$

➤ **La Corrosion électrochimique** : est le résultat de l'attaque d'un métal par un électrolyte. Elle a lieu dans des solutions aqueuses ou dans des sels fondus. Ces derniers sont susceptibles de conduire le courant par déplacement d'ions, les courants ioniques mis en jeu donnent au phénomène de la corrosion un aspect particulier. C'est ce qu'on appelle corrosion électrochimique.

Il existe plusieurs formes de la corrosion électrochimique :

- La corrosion uniforme.
- La corrosion galvanique.
- La corrosion par piqure.
- La corrosion caverneuse.
- La corrosion sélective.
- La corrosion sous contrainte. ⁽⁸⁾.

VII.3. Effets liés à la ressource captée :

La perte de productivité d'un captage d'eau souterraine peut être totalement indépendante de l'ouvrage lui-même mais liée à des éléments plus généraux tels que sécheresse ou surexploitation, entre autres. ⁽⁸⁾

➤ **Déficit pluviométrique** : Les nappes souterraines sont alimentées par les eaux de pluies qui en s'infiltrant dans le sol contribuent à recharger les aquifères. En l'absence de précipitations, l'équilibre entre les apports et les prélèvements est rompu et l'on observe alors une baisse régulière du niveau des nappes. A débit égal, la baisse du niveau piézométrique d'une nappe entraîne une baisse du niveau dynamique en pompage.

CHAPITRE II : Technologie des forages et les problèmes rencontrés

Cette baisse peut dépasser la limite technique de l'ouvrage (dénouement de la pompe par exemple), d'où la nécessité d'adopter un rythme de pompage moins soutenu de façon à maintenir un rabattement acceptable et en rapport avec les caractéristiques de l'ouvrage.

L'effet cumulé de plusieurs périodes de déficit pluviométrique, comme ce fut le cas en France dans les années 76 et plus récemment en 1989-92, est la principale cause de la baisse du niveau piézométrique dans les aquifères. Les captages les plus touchés sont ceux qui exploitent des nappes peu profondes ou bien ceux qui ne captent que la partie supérieure de la nappe⁽⁸⁾.

➤ **Perturbations hydrauliques** : Dans certaines conditions, les grands travaux d'infrastructure, tels que constructions routières et autoroutières, urbanisation ou aménagements hydrauliques de surface, peuvent avoir un impact non négligeable sur l'écoulement des nappes d'eau souterraines peu profondes. Les conséquences sont variées : baisse ou augmentation du niveau piézométrique habituel, apparition de pollutions chimiques ou bactériennes⁽⁸⁾.

Conclusion :

Nous avons vu certaines des techniques de forage les plus couramment utilisées et ses équipements nécessaires.

- ✓ Forage par battage et leur principe
- ✓ Forage par MFT et leur principe aussi
- ✓ Forage rotary, la méthode qui utilisée dans notre forage

Les techniques de forage précédentes sont utilisées selon les formations géologiques, et également nous avons traversé certains problèmes possibles que nous pouvons rencontrer pendant la réalisation et après comme les pertes de boue, coincement le colmatage ...etc.

CHAPITRE III :
RESULTATS
ET
DISCUSSION DU DIAGNOSTIC

Introduction :

Dans ce chapitre, nous traitons du diagnostic de l'état de ce forage, et de la connaissance des principaux défauts qui ont causé sa défaillance, en étudiant tous les aspects qui l'ont affecté en termes de diagnostic de ses composants internes et externes et même des problèmes éventuels qui ont pu survenir lors de son achèvement, puis nous proposerons des solutions pour résoudre cette défaillance.

I. Localisation du forage de Gouiflat :

Le forage de profondeur de 929 m, est localisé à l'Est du centre-ville de Zelfana, selon les coordonnées géographiques suivantes ⁽⁷⁾ :

Coordonnées géographiques		
Altitude (m)	Latitude	Longitude
315	32° 23' 11"	04° 13' 59"

Tableau 7: Cordonnées géographiques



Figure 24: localisation de forage de Gouiflat (ANRH 2020)

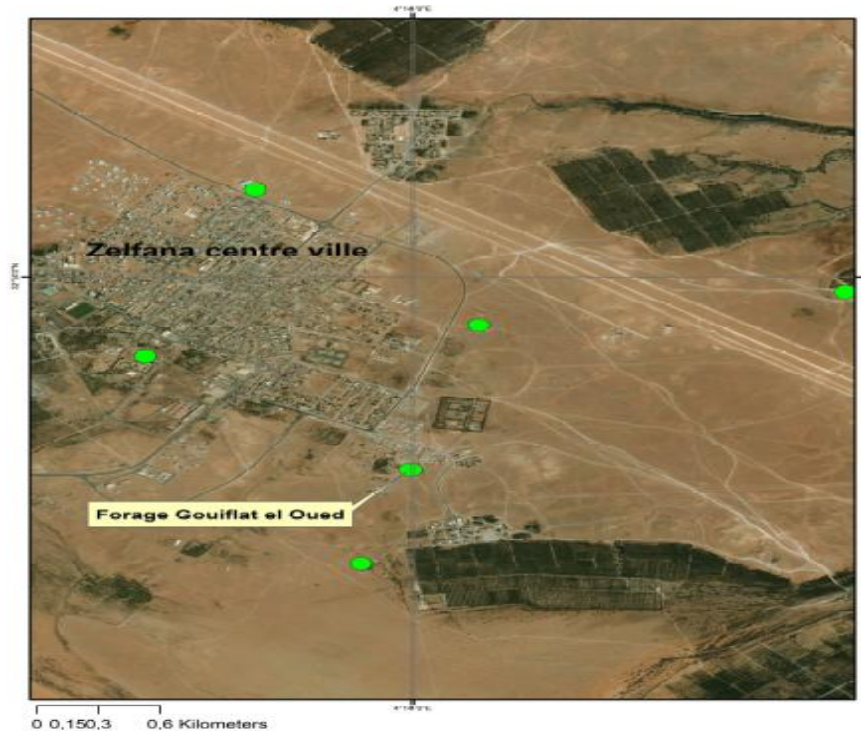


Figure 25: Forage exploité dans la ville de zelfana (ANRH 2016)

II. Problématique du forage :

Le forage de Gouiflat a réalisé a 1954 a donné des eaux jaillissantes sous pression sans utiliser la pompe avec un débit important 366 (l/s) depuis 1954 jusqu'à avril 2019.

Tout à coup en avril 2019, le forage ne donne plus de l'eau jaillissante qui a créé un difficile problème pénurie d'eau potable pour les citoyens et pour les autres exploitations. Il a été signalé par les autorités locales ⁽⁷⁾.

III. Historique du prélèvement et d'exploitation :

En cours de sa réalisation 1954 jusqu'à 2019, ce forage situé dans la commune de Zelfana, a donné un débit jaillissant variant de **366 (l/s)** a **1954** avec une pression de 7 bars et niveau piézométrique **425.095m** et sa côte de sol **356.095m** ⁽⁷⁾.

Selon les archives de l'ADE et ANRH, nous avons résumé l'historique de l'exploitation des débits dans le tableau suivant :

Année	1954	2016	2017	2018	2019
Debit (m3/h)	366	108	80	73	66

Tableau 8: historique de la Mesure de débit (1954-2019)

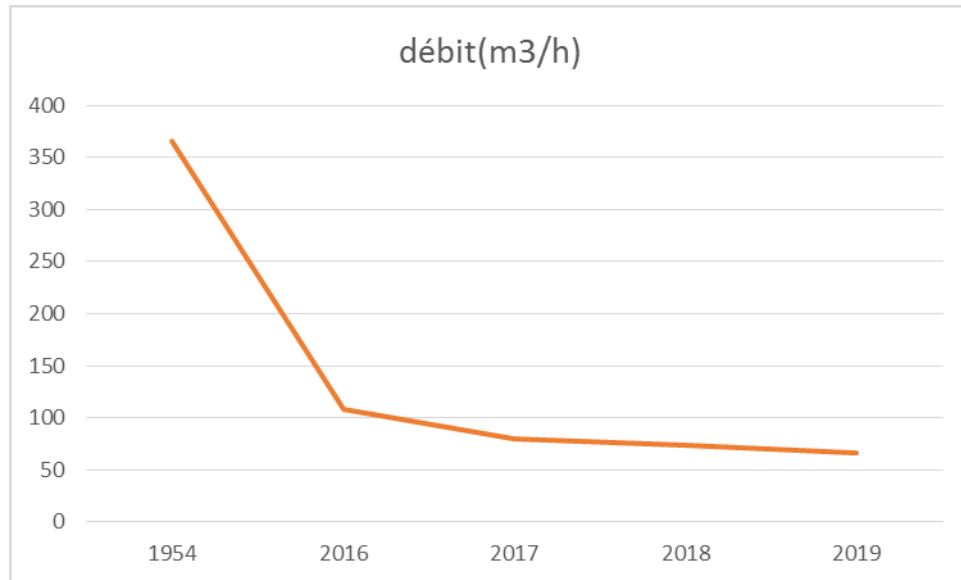


Figure 26: Mesure de débit (2016-2019)

- Nous remarquons sur la figure 25 qu'entre 2016 et 2019 une décroissance progressive du débit, et pour lequel pour constater une perte de plus de 300 l/s pendant de 65 ans.
- Selon les hydrogéologues de l'ANRH chargés du suivi des nappes souterraines, cette baisse est due essentiellement à l'augmentation des prélèvements par la prolifération des forages en exploitation, et aussi la nappe albienne est faiblement alimentée.

IV. Diagnostic de l'équipements tubulaires du forage :

- **Tête du forage :**

D'après notre observation dans ce terrain, la tête du forage se compose de 2 vannes latérales et une autre vanne principale(maitresse) de 300 mm de diamètre, pour contrôler la quantité d'eau qui sort du puits, et il se compose également de 3 manomètres mesure la pression d'eau sur la tête du puits, nous trouvons une bride pour protéger la tête et l'image suivante montre cette explication ⁽⁷⁾ :



Figure 27: Tête de forage (rapport de fin sondage 1954)

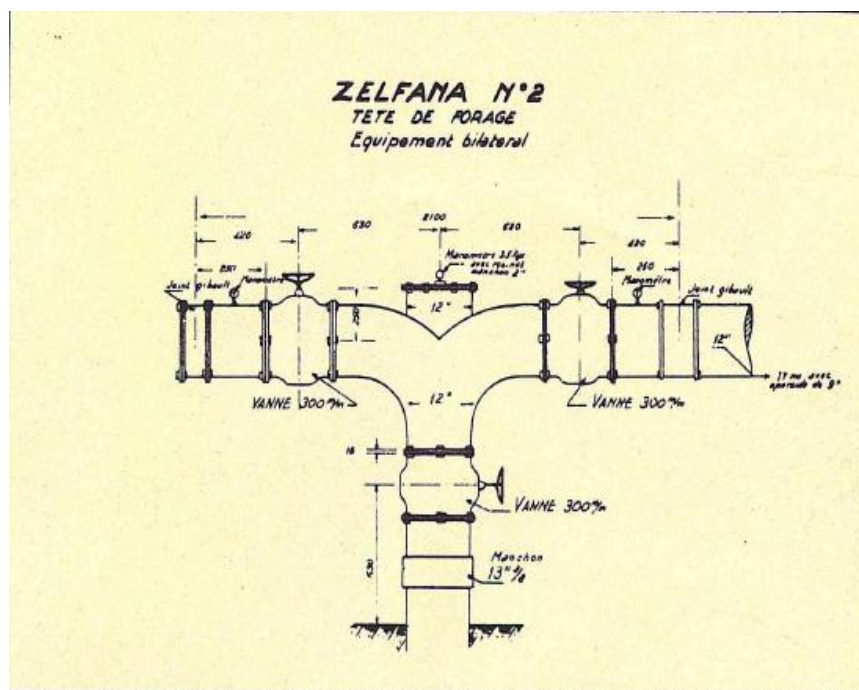


Figure 28: Schéma de la Tête de forage (rapport de fin sondage 1954)

- Selon de le rapport de forage qu'on a trouvé chez l'ANRH et ADE la composition tubulaire du forage est la suivante :
- **Tube guide** : Le tube guide ($\text{Ø } 30''$) a été installé et cimenté sur une profondeur de 10 mètres.
- **Tube de production** : Le tube de production est de type de casing API ($\text{Ø } 13 \frac{3}{8}$) avec profondeur 655 mètres.
- **La colonne de la crépine** : De diamètre $\text{Ø } 8 \frac{5}{8}$, avait une longueur de 274 mètres Johnson.

V. Technologie de fonçage utilisée de forage :

Selon notre constatation la technologie de forage a été réalisé par un méthode rotation a circulation de la boue ⁽⁷⁾. Cette technologie qui a été détails précédemment dans (**chapitre 2**).

VI. Les formations géologiques traversées :

La coupe géologique sur le rapport montre que les outils de forage ont traversées le terrain suivant :

Profondeur (m)	L'éthologie	Formation géologique
0-30	Grés blanc tendre et Sable rouge argileuse	Mio-pliocène
30-130	Argile rouge sableuse et argile rouge gréseuse	Sénonien
130-370	Calcaire blanc et silex Marne blanc gypseuse Calcaire blanc et rouge	Turonien
370-655	Marne gris et rouge	Cénomaniens
655-929	Argile grise et rouge Sable gris argileuse fin Argile rouge sableuse	Albien

Tableau 9: les formations géologiques

VII. Problèmes rencontrés lors de la réalisation :

Nous n'avons pas trouvé sur le rapport des anomalies constate leur de réalisation de travaux d'après le rapport mais on peut supposent qu'il y a des pertes négligeables.

VIII. Diagnostic par endoscopie :

Indispensable au diagnostic d'un forage, l'inspection vidéo permet de vérifier l'état des équipements d'un ouvrage et de contrôler leur dégradation ou suite à un incident survenu sur ce dernier.

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

Dans ce forage de Gouiflat, on a utilisé une caméra HD spécial en couleur à vision latérale à tête rotative pour ausculter l'intérieur du forage. Cette opération a été effectuée en collaboration avec les services techniques ANRH en février 2020 et elle a donné ce qui suit :

- De 0 à 103 m le vidéo montre que : un tubage intact avec faible incrustation d'oxydation de fer qui apparait sous forme des petits nodules sur les parois de tubages.



Figure 29: l'état de tubage au niveau 103m par endoscopie

- A la profondeur de 105m : un plan d'eau qui apparait c'est l'eau de la nappe.



Figure 30: niveau de 105m (plan d'eau)

- Au niveau la cote De 105 à 160 m sur la séquence vidéo en montre le tubage est intact toujours avec incrustation un peut épais, dans ce niveau-là l'eau est calme sans courant et sans mouvement.

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

- A la cote 170m il y a flux d'eau très important à ce niveau-là avec deux trous et mouvementé la caméra malgré son poids, alors l'eau trouve un autre chemin très rapide pour sortir.

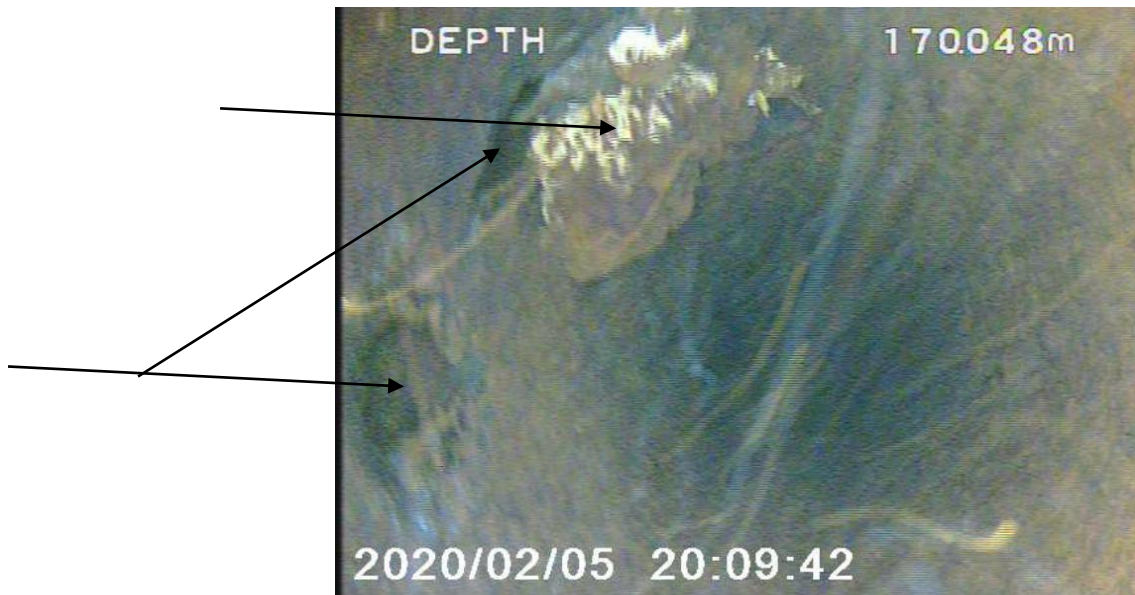


Figure 31: Le niveau des deux trous

IX. Diagnostic par analyse chimique :

Pour connaître l'effet et les interactions chimiques de l'eau du forage avec les matières constituant les tubes du forage, nous avons procédé au prélèvement d'un échantillon pour une analyse chimique. Les résultats nous permettent de connaître le type d'eau et son agressivité vis-à-vis au tubage :

- **les cations:** (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) et les **anions:** (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-).
- **PH** donne des renseignements importants sur la nature des eaux soit :
 - **Un pH inférieur à 7 :** correspond à des eaux acides, donc souvent agressives et corrosives.
 - **Un pH supérieur à 7 :** et ont tendance à provoquer des incrustations à partir d'un certain degré de dureté. En réalité, il existe une valeur exacte du pH au-dessous de laquelle l'eau devient agressive et au-dessus de laquelle l'eau serait incrustante. ⁽⁸⁾
- **Dureté** d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique ⁽⁸⁾.

La dureté s'exprime souvent en degré français selon le classement suivant :

- 0 à 7° : eau très douce,
- 7 à 14° : eau douce,

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

- 14 à 20° : eau moyennement dure,
- 20 à 30° : eau assez dure,
- 30 à 50° : eau dure,
- 50° et plus : eau très dure.

Remarque : 1 degré français = 10 mg/l CaCO_3

- **La variation de la conductivité** donne des informations importantes sur l'évolution de la **qualité de l'eau** ; par rapport à la conductivité, la minéralisation de l'eau peut être considérée de la façon indiquée sur le tableau suivante ⁽⁸⁾ :

Conductivité en $\mu\text{S/cm}$, à 20°C	Minéralisation
Inférieure à 100	Eau de minéralisation très faible (terrains granitiques)
Comprise entre 100 et 200	Eau de minéralisation faible
Comprise entre 200 et 400	Eau de minéralisation peu accentuée
Comprise entre 400 et 600	Eau de minéralisation moyenne (terrains calcaires)
Comprise entre 600 et 1 000	Eau de minéralisation importante
Supérieure à 1 000	Eau de minéralisation excessive

Tableau 10: Relation entre conductivité et minéralisation.

Selon le laboratoire de contrôle de la qualité des eaux de (ADE), ils trouvent les résultats suivants :

Minéralisation Globale	Unité	Résultat	Norme algérienne
Magnésium (Mg^{++})	mg/l	81.648	/
Calcium (Ca^{++})	mg/l	160.32	/
Sodium (Na^+)	mg/l	243.75	/
Potassium (K^+)	mg/l	12.72	/
Bicarbonates (HCO_3^-)	mg/l	195.2	/

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

Sulfate (SO_4^{2-})	mg/l	486.040	400
Chlorures (Cl^-)	mg/l	476.63	600
PH	PH	7.95	≥ 6.5 et ≤ 9
Dureté total (TH)	mg/l CaCO_3	736	/
Fer (Fe)	mg/l	0.019	0.3
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$ à 20°C	2130	2800

Tableau 11: Les analyses chimiques.

Pour faciliter l'analyse d'eau (Tableau N°5) nous utilise le logiciel de diagramme (figure n°3) et pour connaître la qualité d'eau de notre zone d'étude.

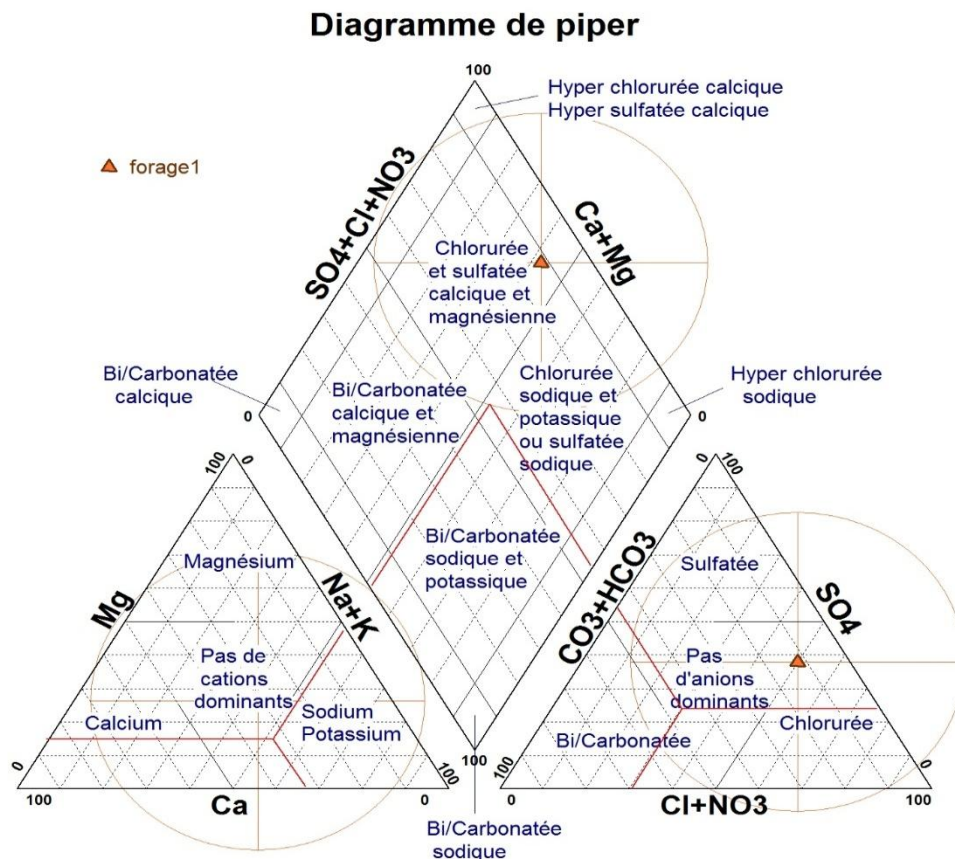


Figure 32: Les analyses chimiques par le diagramme de piper

D'après le tableau précédent nous trouvons que :

- Le **PH** est supérieur à 7 qui donc l'eau est **agressive et incrustante**, et la **dureté** égale à 736mg/l CaCO_3 c'est-à-dire 73.6 $^\circ\text{F}$ donc elle a plus de 50° ce que signifie l'eau très dure.

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

➤ La **conductivité** est marquée 2130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C Supérieure à 1000 donc la nature de cette eau est **une eau de minéralisation excessive**.

➤ **Le diagramme de piper** confirme que l'eau de notre forage est de type moyennement sulfaté, avec prépondérance calcique et magnésique.

X. Discussion des résultats :

Les résultats de faire des diagnostics effectués sur le forage que ce soit par observation sur le terrain ou bien par endoscopie ou bien par les analyses chimiques ainsi que les déprimants de rapport de sondage, on peut tirer un résumé pour notre résultat a :

- **Pour l'état de tubage**, le forage était anomalie de niveau son tubage matérialisé par un existence d'un trou a la cote 170.44 m par un camera endoscopie et ce trou a causé une perte totale d'eau et la vitesse de courant au niveau de trou qui a dommagé le camera.

- **Pression de l'eau au niveau de la perte**

On faire des calculs pour connaître la pression en ce point de trou P_{TROUGH}

Selon les archives du forage on a :

$H_{\text{piezometrie}}$ (m)	$H_{\text{cote de sol}}$ (m)	Pression (m)	Débit (l/s)
425.095	356.095	70	366

Tableau 12: paramètres de forage Gouiflat

- Selon notre observation :

H_{TROUGH} (m)	$H_{\text{plan d'eau}}$	Densité de l'eau	$P_{\text{en tete}}$ (m) estimé
170.44	105.3	1	3

Tableau 13 : Les données à partir de l'endoscopie.

On utilise équation suivante pour calculer la pression : $P_1 = P_2 + \frac{D.H}{10}$ en bar

$$P_T = P_{\text{entete}} + \frac{D.H_{TROUGH}}{10} = 3 + \frac{1 \times 170.44}{10} = 20.044 \text{ bars.}$$

P_T : C'est la pression totale au niveau de la zone perte de l'eau localisée à 170.44 m.

$$\Delta H = H_{TROUGH} - H_{\text{plan d'eau}} = 170.44 - 105.3 = 65.14 \text{ m.}$$

On calcule la pression perdue P_{perdue} :

$$P_{\text{perdue}} = \frac{D.\Delta H}{10} = \frac{1 \times 65.14}{10} = 6.514 \text{ bars.}$$

$$\text{Alors : } P_{TROUGH} = P_T - P_{\text{perdue}} = 20.044 - 6.514 = 13.53 \text{ bars.}$$

Alors la pression en point de trou égale 13.53 bar et cette valeur est trop forte. Ce qui montre que la zone de perte draine une grande quantité d'eau, c'est-à-dire un débit énorme.

- **Le trou** qui par la corrosion coïncide au niveau de la couche de calcaire se te confirme que la couche turonienne a l'apport en développement de ce trou, et créer un autre passage pour l'eau avec l'aide de caractéristique de la couche calcaire.

A partir de notre diagnostique des analyses chimiques, lorsque le PH et le diagramme de piper ainsi que la conductivité et la dureté, tous ces éléments indiquent que l'eau est dans un milieu minéral et plus de calcaire, ce qui provoqué les incrustations est créé les fissures dans le tubage.

Tous ont contribué à la dégradation et la corrosion de tubage.

XI. Remèdes proposés pour la réhabilitation du forage :

Lorsque vous commencez à réaliser un forage, le processus est difficile et complexe, et il nécessite une précision, un suivi et une étude minutieuse détaillée. Cela signifie que le processus de réhabilitation et de réforme sera plus compliqué et plus long.

Il existe de nombreuses techniques que les entreprises utilisent pour la réhabilitation ou le renouvellement, mais la technologie évolue avec l'état du forage.

La chose la plus importante pour déterminer la technique de rééducation la plus appropriée est un bon diagnostic de la maladie, une analyse correcte et la connaissance de l'emplacement des dommages. Si le problème présenté est mal identifié, cela peut conduire à un manque de solutions. Même parfois, la rééducation peut être difficile ou presque impossible, et nous avons essayé d'arrêter et de fermer ce forage, et il existe des techniques pour cela également.

Différentes raisons peuvent conduire à la réhabilitation d'un forage :

- Pollution d'eau souterrain.
- Profondeur insuffisante ne permettant pas d'obtenir suffisamment d'eau.
- Baisse du niveau de la nappe phréatique conduisant à la diminution du rendement voire l'assèchement.
- Dégradation ou insuffisance du tubage du puits favorisant le risque de pollution de l'eau.
- Pannes de fonctionnement des équipements.

XI.1. Remèdes préliminaires :

Pour étudier le problème actuel, afin de démarrer la réhabilitation, il existe un protocole préliminaire pour identifier le problème, comme suit :

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

XI.1.1. Auscultation complète par endoscopie :

Avant de faire une solution à le forage, il faut procéder une autre endoscopie complète jusqu'à le bas du tubage pour vérifier, puisque l'autre endoscopie n'a pas continué à la fin du tubage.

XI.1.2. Contrôle de la cimentation

Le contrôle :

C'est un examen, doit être fait par un spécialiste, cet examen appelé les diagraphies, permettant de mesurées l'enregistrement d'un train d'ondes. Pour contrôler des cimentations de tubage sont déterminer des critères qualitatifs analyse des diagraphies soniques et ultrasoniques. Le but de diagraphie a détecté si un défaut présent dans le gain de ciment, Ce test est tenu pour (8).

- **Contrôle de l'état des tubages :** Diverses diagraphies permettent de vérifier l'épaisseur, les déformations, les ruptures ou les percements. On peut également déceler sur certains forages profonds le percement du tubage par des essais de débits en paliers... (8)

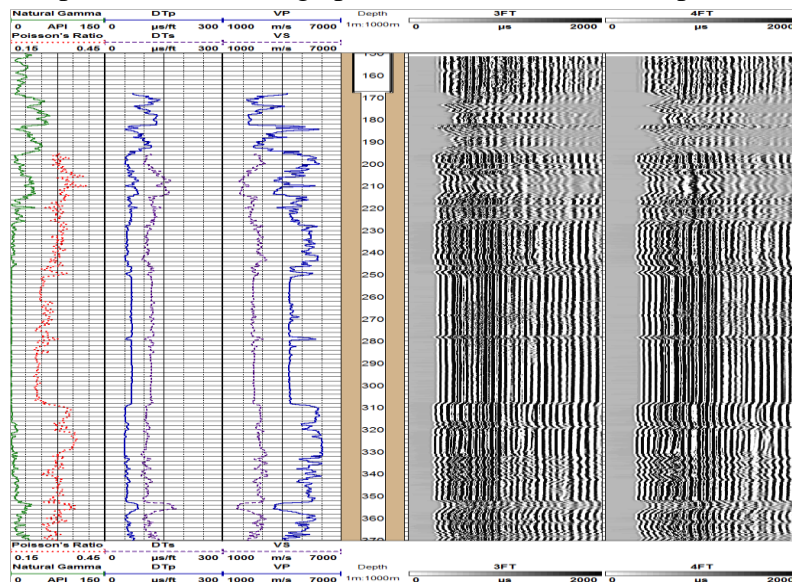


Figure 33 : les ondes de diagraphie (rapport de contrôle cimentation).

XI.2. Intervention sur le tubage de production du forage

Après avoir terminé l'étude et le diagnostic de notre état de tubage et après avoir discuté des résultats, on va voir quelle la meilleure intervention qui correspond de ce tubage.

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

Le chemisage est une Technique préférée à les ingénieurs pour réhabilitation d'un tubage et cette opération à propos de doubler de tubage avec un petit diamètre, il a plusieurs programmations de chemisage pour récupérer le tubage :

✓ **Solution n°1 : chemisage avec cimentation de l'annulaire**

Cette solution concerne des brassages de parois intérieure totalité avec le tubage de production 13^{3/8}, le rôle de cette opération est nettoyage le tubage des incrustations ferrugineuse pour une bonne circulation de l'eau. (9).

Il sera procédé à installation d'un tube API de diamètre 9 menu à base d'un :

- Liner-Hanger (packer du suspension) de 9^{5/8} x 13^{3/8} à parois gonflants.
- Une DV (devert-valve) de 9 montées au-dessus du Liner-Hanger.

Le dispositif (tube API, DV, Liner) dont avoir une longueur d'un moins de 170.44m de telle sorte que la DV sera placée de 200 mètres au-dessous du trou observé autre tubage du forage, pour protéger totalement la couche calcaire(tironien) .

- Après l'installation doit injecter le laitier de ciment à un volume bien calculé, dans l'espace annulaire 9^{5/8} x 13^{3/8}. (9)

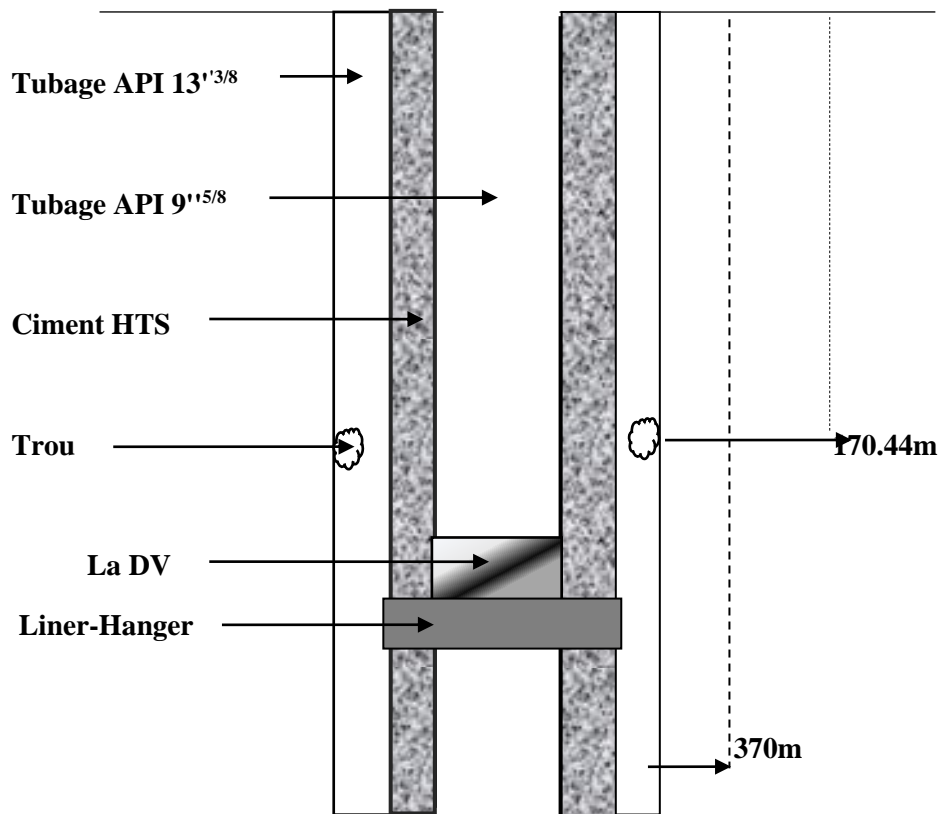


Figure 34: Chemisage avec cimentation de l'annulaire

✓ Solution n°2 : chemisage sans cimentation de l'annulaire

La différence dans ce cas réside dans le brassage est toujours maintenir. Et aussi il est préférable de nettoyer de la totalité de la colonne de production ce qui améliorera la productivité du puits.

- Le dispositif de chemisage sera composé d'une colonne tubulaire en PVC rigide de diamètre 9m menu de deux Liner-Hanger.
- Première Liner-Hanger (packer de suspension) 9" x 13" à parois gonflants, sera placé à 15mètre au dessous du trou.
- Le deuxième Liner-Hanger (packer de suspension) de 9" x 13" à parois gonflants, sera placé à 200 mètre au-dessus du trou.
- Le dispositif (Tube PVC-Liner-Liner) doit avoir une longueur de 170.44 m, de telle sorte que le trou que sera mis chemin entre les deux Liner-Hanger. ⁽⁹⁾

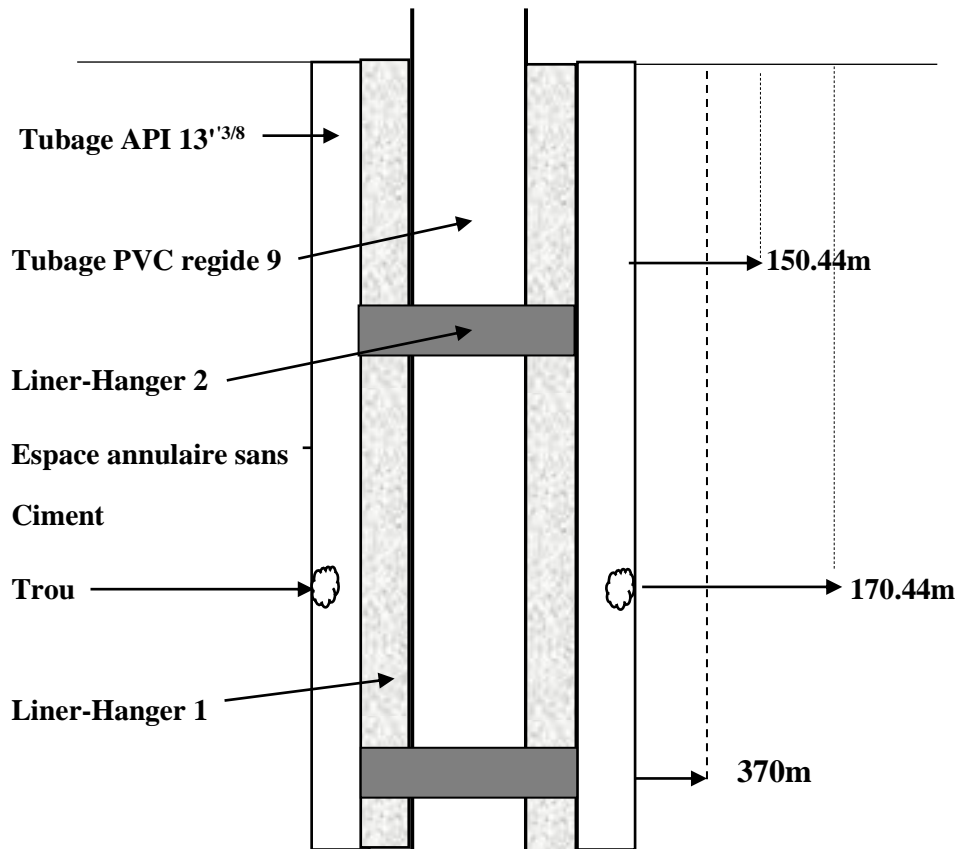


Figure 35: Chemisage sans cimentation de l'annulaire

✓ Solution n°3 : chemisage avec un colonne perdu :

Ce mode de chemisage est presque comme précédente solution avec une petite différence que le dispositif (Tube PVC, Liner, Liner) aura une longueur de 40 m et c'est comme suit ⁽⁹⁾ :

- Un premier Liner-Hanger (packer de suspension) de 9'' x 13''^{3/8} à parois gonflants, sera placé à 200 mètre au-dessous du trou.
- Un deuxième Liner-Hanger (packer de suspension) de 9'' x 13''^{3/8} à parois gonflants, sera placé à 15 mètre au-dessus du trou.

Dans ce cas le dispositif (tube PVC-Liner-Liner) une longueur de 40m sera placé (largué) de sorte que le trou sera 20 m entre les deux Liner-Hanger du dispositif ⁽⁹⁾

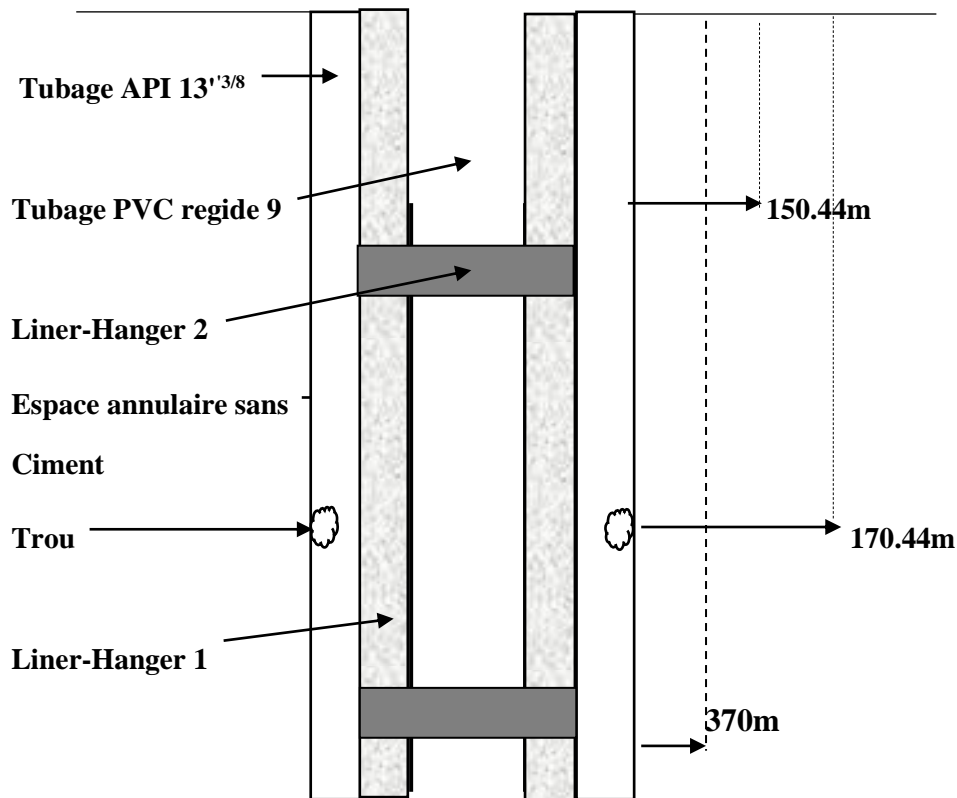


Figure 36: Chemisage avec une colonne perdu

XI.3. Intervention sur la colonne de captage (crépine) :

La crépine du puits est intacte, car s'il n'est pas intact et présente un défaut, nous remarquerons une turbidité dans l'eau, mais l'eau est claire et non trouble, nous n'avons donc pas besoin de suggérer une solution.

XI.3.1. Abandonnement et bouchage du forage :

Si l'on voit que la réhabilitation de ce puits ne réussira pas et ne trouvera aucun bénéfice, il faut l'abandonner, mais avec certaines conditions pour préserver la couche géologique et ne pas l'affecter. C'est pourquoi il faut bien diagnostiquer et s'assurer de l'exactitude avant de recourir à cette solution Afin de ne pas perdre la source de ce forage. ⁽⁸⁾

Le programme : La façon la plus courante de fermer un puits est nous mettons le gravier dans la couche albienne(929m) pour isoler la nappe de forage, après en mettre l'argile dans la couche cénomanien(655m), en suite en le mettre le ciment dans la couche turonien(370m) pour fermer toutes les fissures de cette couche, et l'argile encor suit dans

CHAPITRE III : Résultats et discussion du diagnostic

la couche sénonien(130m) pour isoler les couches entre eux, dernièrement nous mettre le ciments à Mio-policéne(30m) pour isolé le puit de surface ,l'image suivante explique cela :

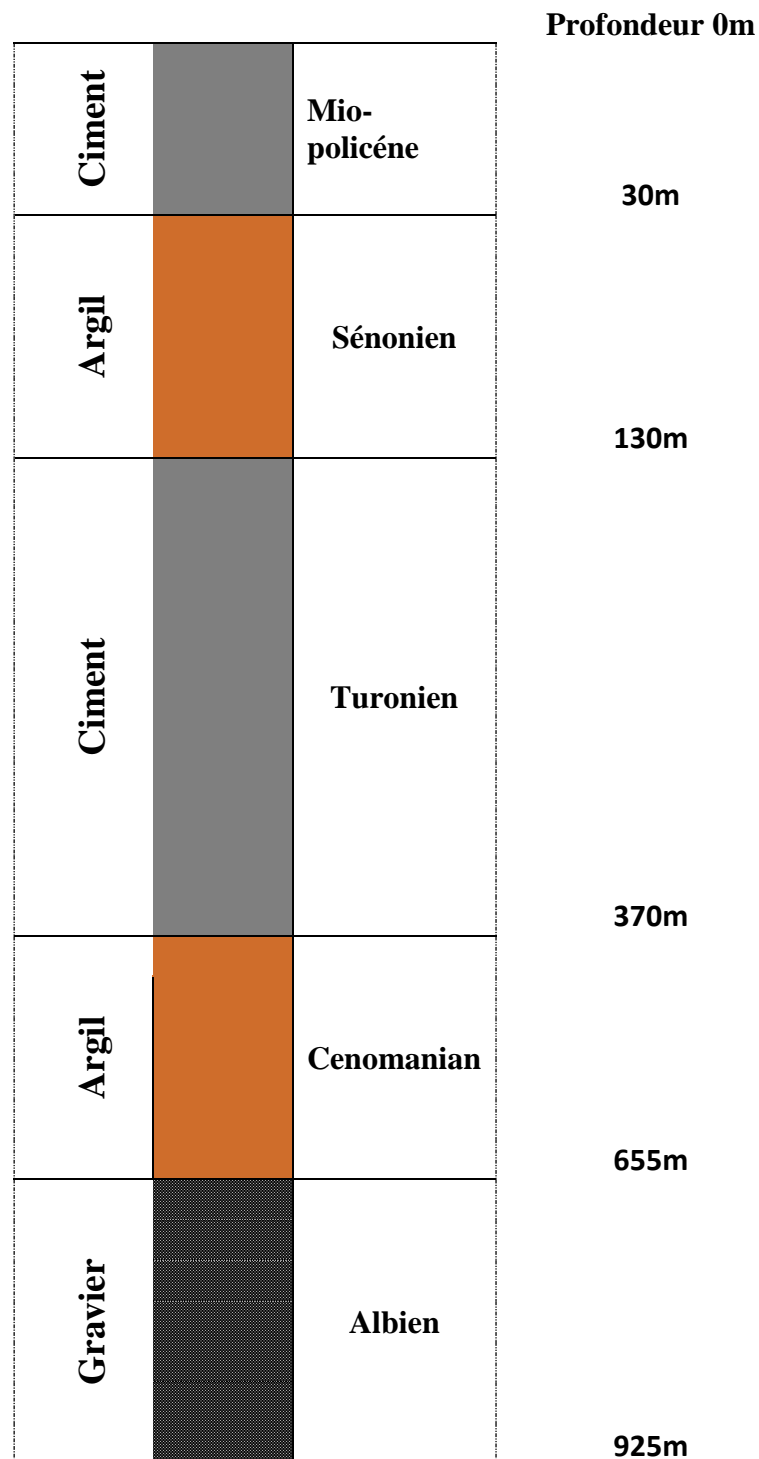


Figure 37 : programme du bouchage

Conclusion

Le forage de Gouiflat connu par ces eaux jaillissantes. En avril 2019, il s'est arrêté brusquement de débiter. Dans ce chapitre, nous avons essayé de diagnostiquer les anomalies qui l'ont conduit à la mise à sec. Le diagnostic a influé les équipements tubulaires du forage, les formations géologiques traversées, l'auscultations par endoscopie, et les analyses chimiques de ces eaux.

Les dépouillements nous ont permis de découvrir dans le tubage à la profondeur 170.44 m deux trous de diamètre 100 mm environ avec des incrustations très grandes à cause de dégradations et corrosion de tubage avec l'aide des propriétés de la couche calcaire (turonien) et les facteurs chimiques qui provoquent ces incrustations et les fissures tout a que créer une perte d'eau totale. Les calculs nous ont permis d'évaluer une grande pression au niveau de ce trou de 13,53 bars.

Après nous proposons des solutions palliatives et la solution la plus appropriée chemisage avec cimenté l'espace annulaire du tubage 9''^{5/8} x 13''^{3/8} entre 130 m à 370 m c-à-d cimentation totale de la couche calcaire pour éviter des risques à ce partie de couche et aussi pour nettoyer le tubage des incrustations ferrugineuse pour une bonne circulation de l'eau.

**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Le Forage de Gouiflat a situé à l'Est du centre-ville de Zelfana, de profondeur de 929 m a donné des eaux jaillissantes sous pression avec un débit 366 l/s. il a réalisé par une méthode de rotation (forage rotary) et cette technique plus utilisable dans les terrains sédimentaires non consolidés à l'aide de la circulation de la boue et les masses tiges et table de rotation ...etc.

Cette étude portant sur le tarissement du forage de Gouiflat et leur diagnostic du Problème et les solutions possible et adaptée a été l'occasion pour nous apprendre et acquérir un ensemble de technique dans le domaine forage.

Pour conclure cette étude, nous avons tous les raisons ont causé de tari du forage et nous suggérés comment restaurer ce forage au faible coût, sans renoncer à ses importants services de fourniture d'eau potable dans la région et gagner du temps pour rendre l'eau aux citoyens et éviter de réalisation à nouveau le forage.

Après les analyses et études que nous avons menées dans les chapitres précédents, on peut dire que les problèmes sont représentés par ce qui suit :

- Dans le tubage, Deux trous à cote 170.44 m avec une estimation de diamètre de ce trou 105 mm environ après l'observation qui en résulte une perte totale d'eau avec une grande pression 13.53 m.
- Dégradation et corrosion de tubage de ce forage.

Et chimiquement, il y avait de nombreux facteurs qui ont créé un milieu approprié pour les problèmes mentionnés ci-dessous, y compris les propriétés de la couche de calcaire et les facteurs chimiques de certains éléments dans l'eau, ils indiquent que l'eau est dans un milieu minéral et plus de calcaire, ce qui provoqué les incrustations est créé les fissures, et qui ont fortement contribué à corrosion du tubage.

Et au final, nous recommandons que ce forage soit réhabilité, et qu'après avoir fait une estimation du coût de sa réhabilitation du point de vue économique, ce sera bien moins que de réaliser un nouveau forage pour la remplacer en moins de temps. Cela se fera en recourant à

CONCLUSION GENERALE

un processus chemisage du tubage par ciment de l'annulaire $9\frac{3}{8}'' \times 13\frac{3}{8}''$ et cela veut dire avec l'est protéger de haut à bas et évité tout le risque Peut se produire encore une fois.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

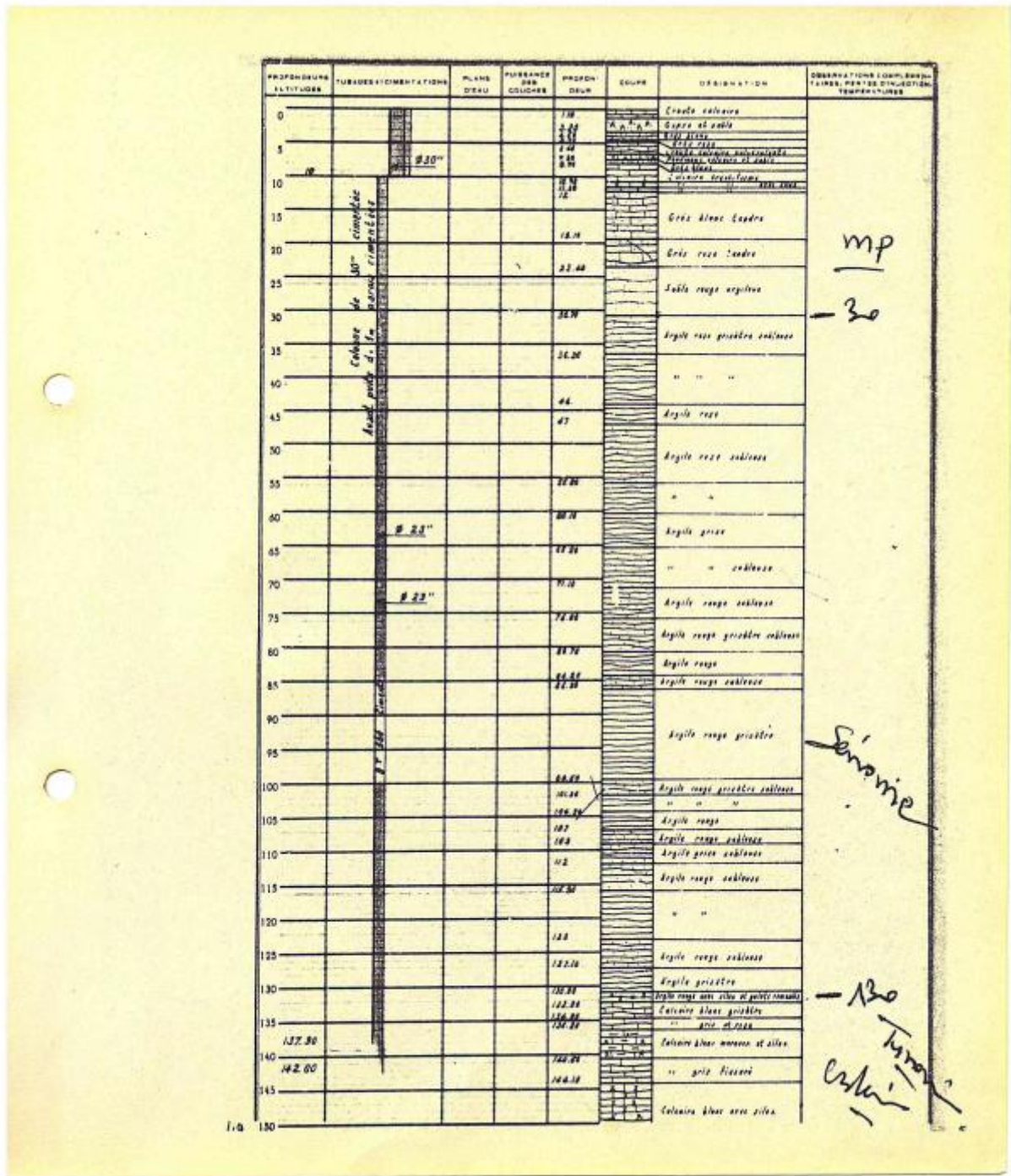
Références bibliographiques :

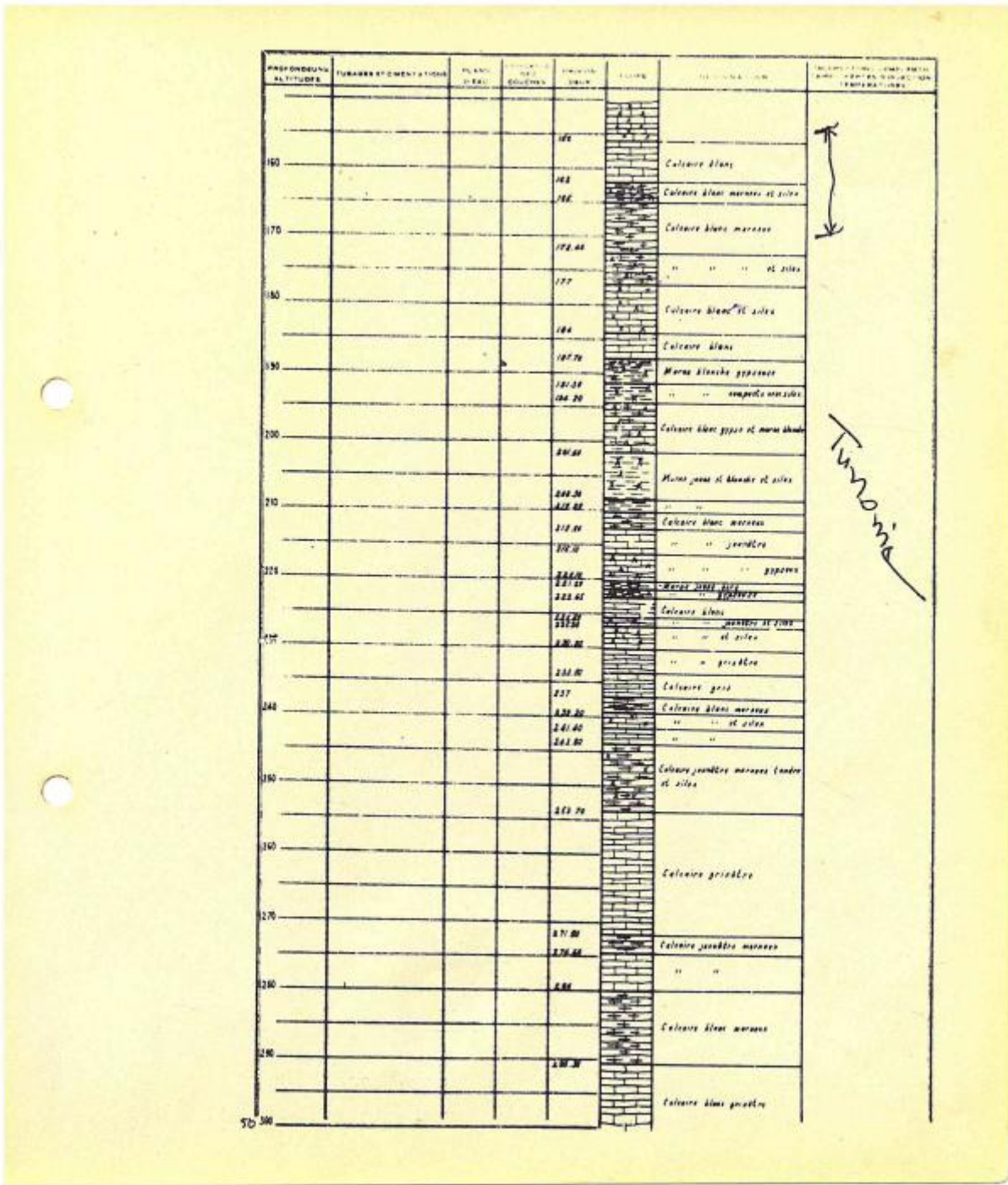
- [1] Urbatia : bureau d'ingénierie et d'étude technique Tiaret, 'Etude révision plan directeur d'aménagement et d'urbanisme commune de zelfana, Ghardaïa-zelfana- (2019-2020)''
- [2] L'Annuaire Statistique : service des statistiques la Wilaya de Ghardaïa – 2018.
- [3] ONM : base de donnée de l'Office National Météorologique de Ghardaïa 2008-2018
- [4] SASS : le rapport de Système d'aquifère du Sahara septentrional (2015).
- [5] ANRH : le rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques 'secteur de Ghardaïa''2016.
- [6] ANRH : le rapport de Ressources d'aquifères de la région de zelfana 2012.
- [7] ANRH : le rapport de Note forage (Gouiflat l'oued) zelfana 2020.
- [8] Michel Detay : le forage d'eau-réalisation entretien, réhabilitation' 'MASSON PARIS BARCELONE BONN 1993''
- [9] ANRH : le rapport de Note forage (Tafziouine) Guerara 2017.
- [10] Riadh ahmadi : Cours de'' technique de forage '' 2017.
- [11] Extrait du référentiel technique national EPA, République d'Haïti : fascicule [1] [1] technique, directive technique / projet DINEPA-Oleau-UNICEF 2012-2013.
- [12] Dr. Mehdi Metaich : Cours' ' forage techniques et procédés''
- [13] S. Bousba : ''cours3 Le forage, université 20 aout 1955 Skikda, faculté technologie fr.slideshare.ne ''.
- [14] Bouziane Ismail et zehani djaber : Slide Player équipement de forage la garniture de forage.
- [15] Acs France programme solidarité eau : Drillinig (le forage).
- [16] Guide de : 'bonne pratique'' sur les retours d'expérience des forages géothermique profond rapport final -BRGM/FR-

ANNEXE

ANNEXE

N° de la fiche	1	DOSSIER N° M'ZAB	Annexe de GHARDAIA		Caldat de	
	2		Quartier ou Fraction ZELFANA			
	3		Lieux dits ZELFANA N:2 (S3 du S.E.S.)			
4	Cote du sol: 315.035 Hauteur pt: 70	AUTORISATIONS N° DATE	AUTEURS DES TRAVAUX	DATES DES TRAVAUX	Précédents assises	OBSERVATIONS
5	Cote pz: 423.035 24.5.54 T° 45° C		Hydraulique Afrique		203 m	
6						
7						
8						
9						
0	11J 9					
1						
2		JAUGEAGES (débits en litres-minute)				
3		DATES	DÉBITS l/m	APPAREIL-MESURE	DATES	DÉBITS APPAREIL-MESURE
4		24.5.54	22.000			
5						
6						
7						
8						
9						
0						





PROFONDEUR ELÉVATION	UNIFORMITÉ TEMPÉRATURE	PLAGE DEAU	TURBANCE DES COULEURS	PROFON- DEUR DEAU	COULEUR	DÉSIGNATION	ORIENTATIONS COMPLÈTES Lignes, Pentes, Direction TEMPÉRATURES
				306.00			
				307.00		Calcaire jaune grisâtre	
30				307.70		Marnes rouges et jaunes	
320				322.20		Calcaire jaune gris et rouge	
330				336.20		Calcaire rougeâtre	
340				337.00		Calcaire rougeâtre et blanc	
				342		Calcaire blanc et gris	
350				348		Calcaire blanc gris et rouge	
				352		Calcaire blanc tendre	
360						Calcaire blanc dur	
370				358		Calcaire blanc dur, marnes rouges	
				362			
						Calcaire blanc et rouge	
380				377		Marnes grises	
				378		" " gris tendre	
				380		Calcaire blanc	
				381		Calcaire blanc dur, marnes rouges	
				382		Calcaire blanc dur, marnes rouges	
				383		Marnes grises et calcaire	
390				388		Marnes grises	
				389		" " tendre blanc	
				392		Marnes grises et amygdalées	
400				398		" " calcaire amygdalé	
				400		Marnes grises	
				401		" " et siliceux	
				402		Calcaire	
410				403		Marnes grises et calcaire	
				404		Calcaire dur	
				405		Amygdalite	
				406		" " et marnes grises	
420				407		Marnes grises	
				412		" " et amygdalite	
						Amygdalite	
430				413		Calcaire dur	
				414		Calcaire dur et amygdalé	
				415		Amygdalite	
				416		" " et marnes	
440				417		Amygdalite	
				418		Calcaire dur et amygdalé	
				419		" " marnes grises	
				420		Marnes grises	
				421		" " gris tendre	
450				427		Amygdalite	

Tunisie

— 370

Cône d'argile

PROFONDA (m) ALTITUDE	DIAMETRO (cm) DIA.	TIPO DE COLUMNA	PROFUND. TOTAL	TIPO DE COLUMNA	DESCRIPCION DE LA COLUMNA	COMPOSICION QUIMICA Y TIPO DE MATERIALES QUE SE ENCONTROU EN LA COLUMNA
			411		...	...
			412		...	...
			413		...	...
421			414		...	...
			415		...	...
			416		...	...
427			417		...	...
			418		...	...
			419		...	...
431			420		...	...
			421		...	...
			422		...	...
			423		...	...
434			424		...	...
			425		...	...
			426		...	...
438			427		...	...
			428		...	...
			429		...	...
			430		...	...
500			431		...	...
			432		...	...
			433		...	...
510			434		...	...
			435		...	...
			436		...	...
			437		...	...
520			438		...	...
			439		...	...
			440		...	...
			441		...	...
530			442		...	...
			443		...	...
			444		...	...
			445		...	...
540			446		...	...
			447		...	...
			448		...	...
			449		...	...
550			450		...	...
			451		...	...
			452		...	...
560			453		...	...
			454		...	...
			455		...	...
570			456		...	...
			457		...	...
			458		...	...
580			459		...	...
			460		...	...
			461		...	...
590			462		...	...
			463		...	...
			464		...	...
600			465		...	...
			466		...	...
			467		...	...
			468		...	...
			469		...	...
610			470		...	...
			471		...	...
			472		...	...
			473		...	...
			474		...	...
			475		...	...
			476		...	...
			477		...	...
			478		...	...
			479		...	...
			480		...	...

Cenozoico

PROFONDEUR ALTITUDE	TURBES ET CHERTEURS	PLANS DE BAC	PROFONDEUR COLLECTEUR	PROFONDEUR TUBES	DESCRIPTION	REMARQUES COMPLÉMENTAIRES (SÉRIE, DIRECTION, TEMPERATURE)
50				50		
52				52		
54				54		
56				56		
58				58		
60				60		
62				62		
64				64		
66				66		
68				68		
70				70		
72				72		
74				74		
76				76		
78				78		
80				80		
82				82		
84				84		
86				86		
88				88		
90				90		
92				92		
94				94		
96				96		
98				98		
100				100		
102				102		
104				104		
106				106		
108				108		
110				110		
112				112		
114				114		
116				116		
118				118		
120				120		
122				122		
124				124		
126				126		
128				128		
130				130		
132				132		
134				134		
136				136		
138				138		
140				140		
142				142		
144				144		
146				146		
148				148		
150				150		

Cenomanien

635

Albie

55

HAUTEUR ALTITUDE	TURBIDITÉ CIRCULAIRE CIRCULAR TURBIDITY	PLANS PLANES	PLISSURES OR FOLDINGS	MOISSON MOON	COUPE SECTION	DÉNOMINATION NOMINATION	REMARQUES COMPLÉMENTAIRES REMARKS SUPPLEMENTARY
				767		Point 767	
				766		Point 766	
				765		Point 765	
				764		Point 764	
763				763		Point 763	
				762		Point 762	
				761		Point 761	
770				770		Point 770	
				769		Point 769	
				768		Point 768	
780				780		Point 780	
				779		Point 779	
				778		Point 778	
				777		Point 777	
790				790		Point 790	
				789		Point 789	
				788		Point 788	
				787		Point 787	
800				800		Point 800	
				801		Point 801	
				802		Point 802	
				803		Point 803	
810				810		Point 810	
				811		Point 811	
				812		Point 812	
				813		Point 813	
820				820		Point 820	
				821		Point 821	
				822		Point 822	
				823		Point 823	
830				830		Point 830	
				831		Point 831	
				832		Point 832	
				833		Point 833	
840				840		Point 840	
				841		Point 841	
				842		Point 842	
				843		Point 843	
850				850		Point 850	
				851		Point 851	
				852		Point 852	
				853		Point 853	
860				860		Point 860	
				861		Point 861	
				862		Point 862	
				863		Point 863	
870				870		Point 870	
				871		Point 871	
				872		Point 872	
				873		Point 873	
880				880		Point 880	
				881		Point 881	
				882		Point 882	
				883		Point 883	
890				890		Point 890	
				891		Point 891	
				892		Point 892	
				893		Point 893	
900				900		Point 900	
				901		Point 901	
				902		Point 902	
				903		Point 903	

Alme

Alme

PROFONDEUR ALTIPLANO	FUBAES + CIMENTACION	PLANO DESU	PRESANTE DEL COURTES	PROFON- DEUR	COUPE	DESIGNATION	OBSERVATIONS COMPLE- TAINS, VENTS, DIRECTION, TEMPERATURES
				283		Sable gross argileux fin	
				284		" " " "	
				285		" " " "	
30				286		Argile rouge sableuse	
				287		" " " "	
				288		" " " "	
				289		" " " "	
314				290		" " " "	
				291		" " " "	
				292		" " " "	
				293		" " " "	
				294		" " " "	
318				295		" " " "	
				296		" " " "	
				297		" " " "	
				298		" " " "	
				299		" " " "	
				300		" " " "	
				301		" " " "	
				302		" " " "	
				303		" " " "	
				304		" " " "	
				305		" " " "	
				306		" " " "	
				307		" " " "	
				308		" " " "	
				309		" " " "	
				310		" " " "	
				311		" " " "	
				312		" " " "	
				313		" " " "	
				314		" " " "	
				315		" " " "	
				316		" " " "	
				317		" " " "	
				318		" " " "	
				319		" " " "	
				320		" " " "	
				321		" " " "	
				322		" " " "	
				323		" " " "	
				324		" " " "	
				325		" " " "	
				326		" " " "	
				327		" " " "	
				328		" " " "	
				329		" " " "	
				330		" " " "	
				331		" " " "	
				332		" " " "	
				333		" " " "	
				334		" " " "	
				335		" " " "	
				336		" " " "	
				337		" " " "	
				338		" " " "	
				339		" " " "	
				340		" " " "	
				341		" " " "	
				342		" " " "	
				343		" " " "	
				344		" " " "	
				345		" " " "	
				346		" " " "	
				347		" " " "	
				348		" " " "	
				349		" " " "	
				350		" " " "	

Albia
 ↙
 929

