



Université d'Oran 2  
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

**MEMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master  
en Sciences de la Terre  
Option : Hydrogéologie

Caractérisation hydrogéologique de la région d'El Bayadh à partir de quatre sites de forages captant le système aquifère du continental intercalaire. Wilaya d'El Bayadh

Présenté et soutenu publiquement par :

**M<sup>elle</sup>. REGUIEG CHAHINEZ RANIA**

**M<sup>elle</sup>. BENHEBAL AMANI**

Devant le jury composé de :

Mr .Mansour Hamidi	Président	Université d'Oran 2
Mr .Foukrache Mohamed	Encadreur	Université d'Oran 2
Mme .Ablaoui Halima	Examinatrice	Université d'Oran 2

Année universitaire 2024

" و آخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين "

الحمد لله الذي ما تم جهد و لا ختم سعي الا بفضله  
و تساء انت من الامان نجمة .... و تساء ريك ان يناولك  
القمر  
ابتدت بطموح و انتهت بنجاح.... خطوة الالف ميل اليوم  
عديتها  
الى من هي لي في الحياة حياة...الى من ينحني الحرق حيا و  
امتنانا لها...اليك امي  
الى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي ...الى عقدي  
المتين آية و صيرينة  
الى مصدر امانى و الى من استمد منهم قوتي و ايصرت بهم  
طريق حياتي و اعترازي بذاتي.... اليك عائلتي  
الى رفاق الخطوة الاولى و الخطوة ما قبل الاخيرة...الى من  
كانوا خلال السنين العجاف سحايا ممطرا... الى تسيماء  
و في الاخير...الى من كاتفنتي و نحن نسق الطريق معا...  
اماني

رانيا



الحمد لله الذي يسر البدايات و اكمل النهايات و بلغنا الغايات الحمد لله  
الذي بنعمته تتم الصالحات

أهدي تخرجي هذا  
الى النورين الذين أضاءا دربي

الى من أهدتني الحياة أُمِّي انت الرضا و النور . أنت الطريق المختصر  
للجنة انت الروح التي عاشت بها روحي أنت

السلام و الأمان و النعيم

الى رجل حياتي قَدَوْتِي الأبدية و سندي المعنوي , أدامك الله في حياتي  
. اليك أُمِّي .

إلى إخوتي  
مصدر الفرح والدعم المتواصل ،

الذين تشاركوني لحظات الفرح والحزن، وكانوا دائماً مصدر قوتي

إلى أساتذتي الأفاضل،

الذين ساهموا في توجيهي وإرتادي خلال مسيرتي العلمية

إلى

رفيقة الدرب ومصدر التحفيز والتشجيع رانيا

إلى كافة أسرتي وعائلتي وأصدقائي

أهدي هذا العمل المتواضع،

راجياً من الله أن يكون خالصاً لوجهه الكريم،

ومعرباً عن امتناني العميق وشكري لكل من ساهم في تحقيق هذا  
الإنجاز

اماني



# Sommaire

Chapitre I.....	12
<b>I. CADRE PHYSIQUE ET GEOLOGIQUE .....</b>	<b>13</b>
1. LOCALISATION .....	13
1.1 Contexte géographique et biogéographique.....	13
2. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE.....	14
2.1 Le relief .....	15
3. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	15
4. CONTEXTE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE .....	16
5. LE REGIME CLIMATIQUE.....	16
5.1 Le bioclimat.....	16
6. POTENTIALITES EN RESSOURCES HYDRIQUES .....	17
7. CONTEXTE HYDROLOGIQUE .....	18
8. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	18
Chapitre II .....	20
<b>I. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....</b>	<b>22</b>
1. FORAGE DE KRAKDA .....	22
1.1 situation géographique du forage de krakda.....	22
1.2 Aperçu géologique de la région .....	24
➤ Série gréseuse Infra-Crétacé.....	24
➤ Le Valanginien.....	24
➤ L'Hauterivien.....	24
➤ Barrémien - Aptien – Albien.....	24
➤ Le Turonien .....	24
➤ Le Cénomanién .....	24
➤ . Les alluvions anciennes et récentes.....	24
1.3 Aperçu hydrogéologie de la région.....	25
2. FORAGE D'EL HODHNA.....	27
2.1 situation géographique.....	27
2.2 Aperçu géologique de la région .....	27
➤ Le Trias .....	28
➤ Le Jurassique.....	28
• Le Lias .....	28
• Le Bajo-Bathonien .....	28
• Le Jurassique supérieur .....	28
• Le Crétacé.....	29
2.3 Aperçu hydrogéologie de la région.....	29
3. FORAGE DE BENDJERAD .....	31
3.1 situation géographique du forage de Bendjerad .....	31
3.2 APERÇU GEOLOGIQUE DE LA REGION .....	31
➤ SERIE GRESEUSE INFRA-CRETACE .....	31
➤ Le Valanginien.....	31
➤ L'Hauterivien.....	32
3.3 APERÇU HYDROGEOLOGIE.....	32

4.	FORAGE REHAB.....	33
4.1	APERÇU GEOLOGIQUE .....	34
➤	Barrémien – Aptien – Albien .....	34
4.2	APERÇU HYDROGEOLOGIE.....	35
<b>II.</b>	<b>RÉALISATION DE FORAGE .....</b>	<b>37</b>
1.	FORAGE DE KRAKDA .....	37
1.1	Déroulement des phases de forage .....	37
1.2	Test de nappe .....	37
1.3	Programme de tubage .....	37
1.4	Développement .....	37
2.	FORAGE EL HODHNA .....	38
2.1	Déroulement des phases de forage .....	38
2.2	Test de nappe .....	38
2.3	Développement .....	38
3.	FORAGE DE BENDJRAD .....	38
3.1	Déroulement de phases de forage .....	38
3.2	Test de nappe .....	39
3.3	Programme de tubage .....	39
3.4	Développement .....	39
4.	FORAGE DE REHAB .....	39
4.1	Déroulement des phases de forage .....	39
4.2	Test de nappe .....	39
4.3	Programme de tubage .....	40
4.4	Développement .....	40
<b>III.</b>	<b>POMPAGE D'ESSAI .....</b>	<b>40</b>
1.	ESSAI PAR PALIERS.....	40
1.1	Forage de krakda .....	40
1.2	Forage el hodhna .....	41
➤	Résultats obtenus après Essai a l'air lift (test de nappe) .....	41
➤	Résultat d'Essai De Pompage.....	41
1.3	Forage Bendjerad.....	42
1.4	Forage Rehab .....	42
<b>IV.</b>	<b>ESSAI DE LONGUE DUREE .....</b>	<b>44</b>
1.	Forage de krakda .....	44
1.1	Calcule des paramètres hydrodynamiques.....	44
➤	La Transmissivité.....	46
➤	Classifications générales de la transmissivité .....	46
•	Interprétation : .....	46
➤	coefficient d'emmagasinement.....	46
➤	Perméabilité .....	47
•	Interprétation .....	47
2.	Forage El hodhna .....	48
2.1	CALCULE DES PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES.....	48
➤	La transmissivité.....	48
➤	Perméabilité .....	48
3.	FORAGE BENDJERAD .....	48
3.1	Calcule des paramètres hydrodynamiques.....	50
➤	Transmissivité : .....	50

➤	Coefficient d'emmagasinement.....	50
➤	Perméabilité :.....	50
4.	Forage Rehab.....	50
4.1	Calcul des paramètres hydrodynamiques.....	50
➤	Transmissivité : .....	50
4.2	Calcul des paramètres hydrodynamiques.....	52
➤	Transmissivité :.....	52
➤	Coefficient d'emmagasinement.....	52
➤	Perméabilité .....	52
•	Interprétation : .....	52
<b>V.</b>	<b>Hydrochimie .....</b>	<b>53</b>
1.	Forage Krakda .....	53
1.1	Analyses physico-chimique .....	53
➤	Représentation et Vérification des résultats :.....	53
1.2	Formule caractéristique : .....	53
2.	Forage El hodhna .....	56
2.1	Analyses physico-chimique .....	56
➤	Représentatio et vérification des résultats.....	56
2.2	Formule caractéristique :.....	56
3.	Forage Bendjerad .....	58
3.1	ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE .....	58
4.	Forage Rehab.....	62
4.1	ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE .....	62
➤	Représentation et vérification des résultats.....	62
4.2	formule caractéristique .....	62
Chapitre III.....		65
5.	Dans le cadre hydrochimique : .....	70
5.1	Analyse des résultats .....	70
➤	Forage Krakda .....	70
➤	Forage El Hodhna.....	70
➤	Forage Bendjerad.....	71
➤	Forage Rehab .....	71
5.2	Comparaison des forages.....	71
➤	Faciès chimiques .....	71
➤	Concentrations ioniques .....	71
➤	pH.....	71
➤	Erreurs analytiques .....	71

## Liste des figures

Fig.n°01 : carte représentative de la wilaya d'El-Bayadh.....	13
Fig.n°02 : la carte biogéographique de la wilaya d'el Bayadh.....	14
Fig.n°03 : Les étages bioclimatiques de la wilaya d'El Bayadh (Source, URBAT).....	17
Fig.n°04 : Ressources et infrastructures hydrauliques dans la wilaya d'El-Bayadh.....	19
Fig.n°06 : carte géologique de l'Algérie .....	22
Fig.n°07 : image satellitaire montrant la position du forage krakda.....	23
Fig.n°08 : extrait de la carte géologique de Brezina au 1/100.000.....	23
Fig.n°9 : log technique du forage krakda .....	26
Fig.n°10 : image satellitaire montrant la position du willaya d'El Bayadh.....	27
Fig.n°11: extrais de la carte géologique du willaya d'El Bayadh.....	28
Fig.n°12: log technique du forage el hodhna .....	30
Fig.n°13: Image satellitaire montrant la position du forage de Bendjerad .....	31
Fig.n°14 : Extrait de la carte géologique de Géryville 1/200 000 .....	32
Fig.n°15 : log technique du forage Bendjerad.....	33
Fig.n°16: Image satellitaire montrant la position du forage de Rehab.....	34
Fig.n°17 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie 1/500 000.....	35
Fig.n°18 : log du forage de Rehab .....	36
Fig.n°19 : rabattement spécifique de forage de krakda .....	41
Fig.n°20 : courbe linière de rabattent spécifique de forage de Bendjerad.....	42
Fig.n°21: courbe linière de rabattent Spécifique capacité de forage de Rehab.....	43
Fig.n°23 : classification de la perméabilité.....	47
Fig.n°24: interprétation des essais de pompage de forage Bendjerad par la méthode de Jacob,.....	49
Fig.n°25 : interprétation des essais de pompage de forage Rehab par la méthode de Jacob .....	51
Fig.n° 26: Représentation graphique des faciès chimiques du forage krakda sur le diagramme de piper .....	54
Fig.n° 27: Représentation graphique des faciès chimiques du forage krakda sur le diagramme de Schöeller Berkloff.....	55
Fig.n° 28: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Rehab sur le diagramme de piper .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Fig.n° 28: Représentation graphique des faciès chimiques du forage El hodhna sur le diagramme de piper .....	57

Fig.n° 31: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Bendjerad sur le diagramme de Schöeller Berkaloff .....	61
Fig.n° 32: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Rehab sur le diagramme de piper .....	63
Fig.n° 33: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Rehab sur le diagramme de Schöeller Berkaloff .....	64



## Liste des tableaux

Tableau.n°01 : les ensembles géographiques de la wilaya d'El Bayadh .....	13
Tableau.n°02 : Ressources et mobilisation des eaux .....	18
Tableau.n°03: les résultats obtenus de l'essai de débit par palier de forage de krakda.....	40
Tableau.n°04 :les résultats de rabattement de forage de krakda.....	40
Tableau.n°05 : les résultats obtenus de l'essai de débit par palie de Bendjerad.....	42
Tableau.n°06 : les résultats de rabattement de forage Bendjerad .....	42
Tableau.n°07 : les résultats obtenus de l'essai de débit par palier Rehab .....	43
Tableau.n°08 : les résultats de rabattement de forage Rehab.....	43
Tableau.n°09 :analyses des cations et des anions .....	53
Tableau.n°10 : résultats analyses des cations et des anions en meq/l .....	56
Tableau.n°11: analyses des cations et des anions .....	59
Tableau.n°12: analyses des cations et des anions .....	62
Tableau.n°15: tableau comparative des contextes géologique, hydrogéologique, hydrodynamique et hydro chimique des quatre forages .....	74

## ملخص

لأغراض توضيح التوصيف الهيدروجيولوجي لمنطقة البيض، تم اختيار أربعة آبار للحفر: كراكدة، الحضنة، بن جراد، ورحاب. تستغل هذه الآبار نظام الأحواض المائية للتكاثر القاري. تُظهر الهياكل المتعددة الطبقات لهذه الأحواض تباينات رئيسية بين هذه الآبار تتجلى في خصائصها الهيدروجيولوجية والهيدروديناميكية والهيدروكيميائية. بشكل عام، يلعب هذا النظام دورًا مزدوجًا يتمثل في التخزين والتوصيل. ومع ذلك، يختلف هذا الدور من موقع إلى آخر بناءً على الظروف الهيدروجيولوجية المحلية. فعلى سبيل المثال، نجد قيمًا مختلفة لبعض الخصائص الهيدروجيولوجية. على الرغم من ذلك، من الناحية الهيدروكيميائية، نسجل تشابهًا واضحًا في التركيب الكيميائي لمياه الطبقات المائية. تُمكننا هذه المعلومات الهيدروجيولوجية المستنتجة من فهم أوضاع لإمكانات المياه الجوفية في المنطقة المدروسة من أجل إدارة مستدامة كمياً ونوعياً لموارد المياه.

## Résumé :

Dans le but de caractérisation hydrogéologique de la région d'el Bayadh, quatre sites de forages ont été sélectionnés qui sont respectivement : Krakda, El Hodhna, Bendjerad et Rehab. Ces ouvrages exploitent le système aquifère du Continental Intercalaire. La structure multicouche de ces aquifères affiche des variations clés entre ces captages qui manifestent de leurs propriétés hydrogéologique, hydrodynamiques et hydrochimiques. Dans l'ensemble, ce système aquifère dispose d'un rôle double à la fois capacitif et conducteur. Cependant, cette fonction varie d'un site à l'autre en fonction des conditions hydrogéologiques locales. En effet, on relève des valeurs différentes de certains paramètres hydrauliques. Néanmoins, sur le plan hydrochimique, on enregistre une similitude marquée de la composition chimique des eaux des nappes. Ces informations hydrogéologiques ainsi recueillies permettent une compréhension plus efficace des potentialités en eau souterraine de la région étudiée en vue d'une gestion durable quantitative et qualitative des ressources en eau.

## Abstract :

For the purpose of hydrogeological characterization of the El Bayadh region, four drilling sites have been selected: Krakda, El Hodhna, Bendjerad, and Rehab. These wells exploit the Continental Intercalaire aquifer system. The multi-layered structure of these aquifers displays key variations among these wells in terms of their hydrogeological, hydrodynamic, and hydrochemical properties. Overall, this aquifer system plays a dual role, both capacitive and conductive. However, this function varies from site to site depending on local hydrogeological conditions. For instance, different values of certain hydraulic parameters are observed. Nevertheless, from a hydrochemical perspective, there is a marked similarity in the chemical composition of the groundwater. These gathered hydrogeological insights will enable a more effective understanding of the groundwater potential in the studied region, aiming towards sustainable quantitative and qualitative management of water resources.

## Les mots clés

Systems Aquifer multi-couche  
Sites du forage  
Hydrochimie  
Hydrodynamique  
Continental intercalate

# ***INTRODUCTION***

L'étude géologique et hydrogéologique des forages Krekda, El Hodhna, Bendjerad et Rehab revêt une importance capitale pour évaluer leur potentiel en tant que ressource en eau souterraine dans leurs sites respectifs. Ces investigations permettent non seulement de comprendre les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de chaque site, mais également d'apprécier la disponibilité, la qualité et la durabilité des ressources en eau souterraine, essentielles pour le développement durable et la gestion efficace des ressources hydriques.

Chaque site de forage présente des particularités distinctes dans la disposition des différents niveaux aquifères, des débits exploités et de la qualité physico-chimique de l'eau souterraine. Ces différences sont le reflet des conditions géologiques locales variées, influençant directement la capacité des aquifères à fournir de l'eau souterraine exploitable. Comprendre ces caractéristiques est crucial pour déterminer les meilleures pratiques de gestion et d'utilisation des ressources en eau, garantissant ainsi leur conservation à long terme et répondant aux besoins croissants en eau dans la région étudiée.

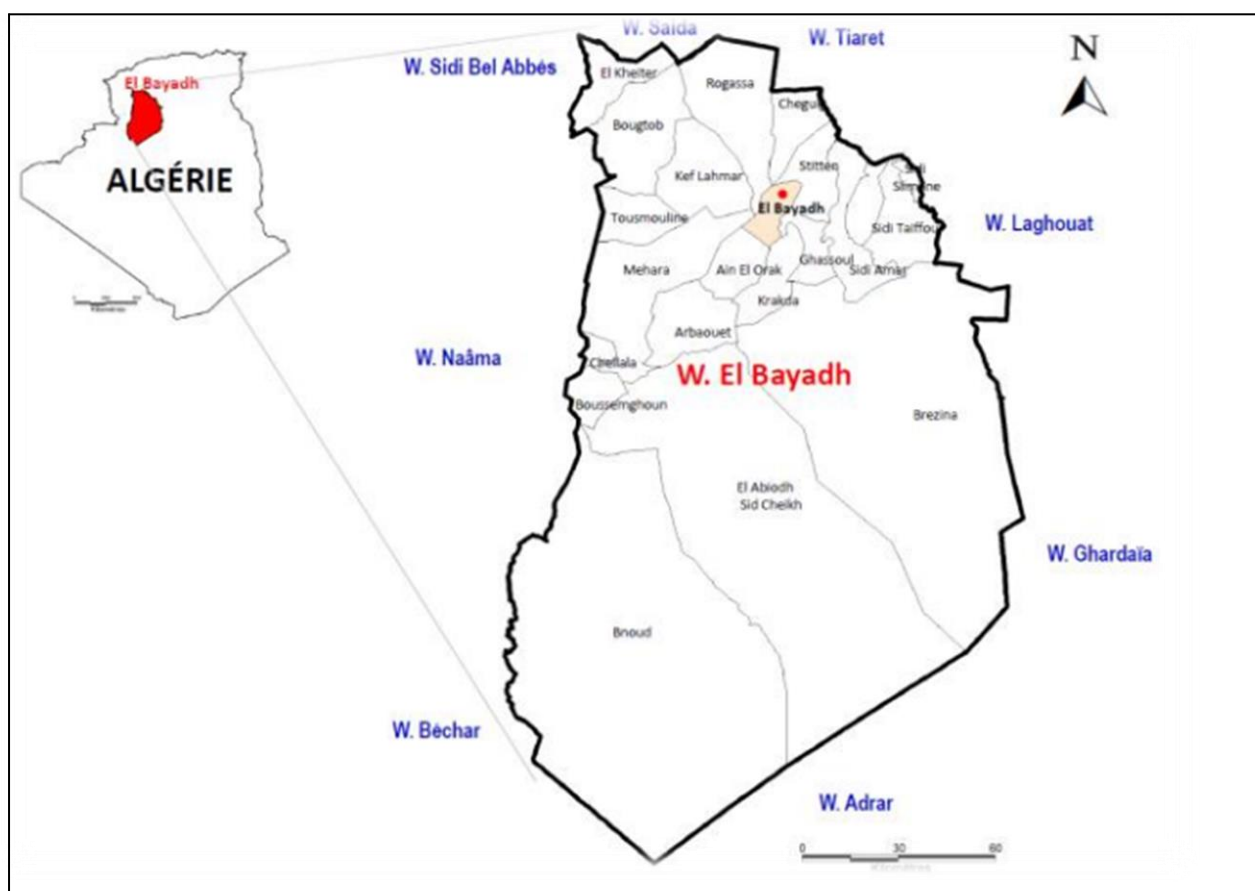
A travers cette étude on s'intéressera à l'examen de quatre sites de forages implantés dans la région d'El-Bayadh. Ces ouvrages captent le système aquifère du continental intercalaire. A cet effet, on axera notre analyse sur les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimique des nappes captées par les forages Krekda, El Hodhna, Bendjerad et Rehab.

# *Chapitre I*

## I. CADRE PHYSIQUE ET GEOLOGIQUE

### 1. LOCALISATION

La wilaya d'El-Bayadh fait partie de la région des Hautes Plaines steppiques du Sud-Ouest algérien. Géographiquement, la wilaya est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. Elle s'étend du Chott chergui à l'Erg Occidental sur une superficie de 71 697 km<sup>2</sup>, soit 3 % du territoire national.( Fig.n°01 )



*Fig.n°01 : carte représentative de la wilaya d'El-Bayadh*

#### 1.1 Contexte géographique et biogéographique

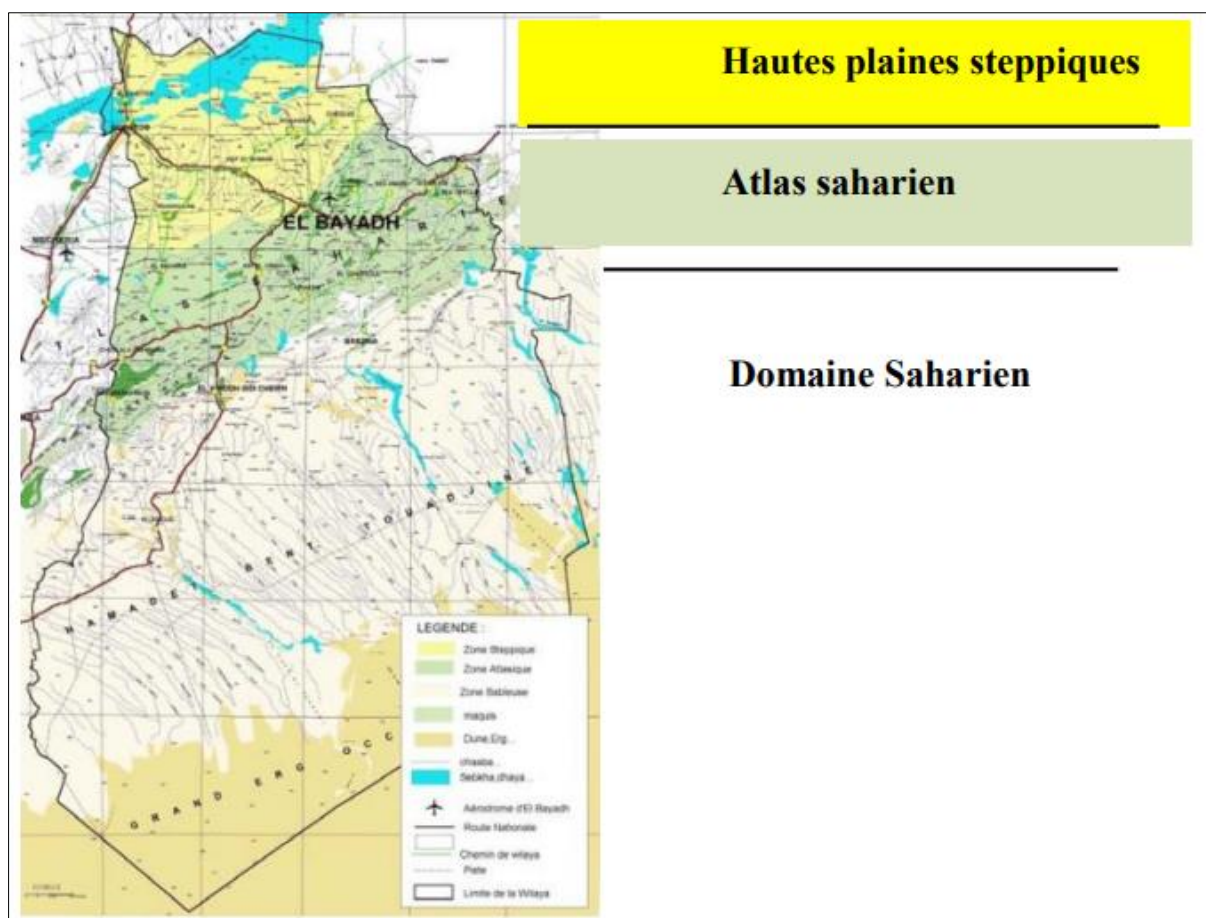
La wilaya d'El-Bayadh est répartie en trois grands ensembles géographiques qui sont réunis au tableau ci-dessous :

	Espaces	Superficie (km <sup>2</sup> )	%
<b>Nord</b>	Hautes Plaines Steppiques	8778	12.24
<b>Centre</b>	Atlas saharien	11846	16.52
<b>Sud</b>	Domaine saharien	51073	71.22

*Tableau.n°01 : les ensembles géographiques de la wilaya d'El Bayadh*

# Considérations générales

La région d'étude fait partie du secteur de l'Atlas saharien central. ( Fig.n°02 )



*Fig.n°02 : la carte biogéographique de la wilaya d'el Bayadh.*

## 2. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE

Les structures géologiques de la région d'El Bayadh appartiennent à l'Atlas Saharien [Figure 2]. Ce dernier correspond à une chaîne intracratonique plissée qui s'interpose entre deux domaines paléo géographiquement stables : le domaine des Hautes plaines oranaises au Nord et le domaine Saharien au Sud.

La couverture sédimentaire est affectée par une tectonique souple qui est matérialisée par des anticlinaux coffrés et par des synclinaux larges et perchés.

Les anticlinaux allongés, coffrés à flancs redressés, d'axes sensiblement parallèles aux directions de la chaîne et des synclinaux perchés à fonds larges. Ces différentes structures sont le résultat de phénomènes tectoniques qui se sont manifestés au cours des ères géologiques du Mésozoïque et du Cénozoïque suivis de rejeux au cours du Quaternaire.

La tectonique cassante qui affecte cette couverture, est matérialisée par des failles de plusieurs directions. Les failles de directions NE-SW et celles de directions E-W, contrôlent la morphologie de l'affleurement Triasique.

# Considérations générales

---

## 2.1 Le relief

Le relief s'étendant sur plus de la moitié de la région des hauts plateaux ouest (57%). La wilaya d'El Bayadh est composée de plusieurs entités physiques contrastées. Du Nord au Sud apparaissent les ensembles suivants :

- La vaste gouttière des hautes plaines occidentales steppiques où les altitudes varient de 800 m à 1000 m. Située entre les deux Atlas, cette aire est centrée sur la grande dépression endoréique de Chott Chergui. La pluviométrie moyenne annuelle est de 208mm. Cette zone est composée de six communes où l'activité dominante est l'élevage.
- Le grand ensemble de l'Atlas Saharien où les altitudes en moyenne de 1300 m, culminent à Djebel Ksel 2000 m. Cet ensemble prend la dénomination des monts des Ksour dans la partie occidentale et Djebel Amour à l'Est. Cette zone regroupe 13 communes. Elle présente une situation bioclimatique (semi-aride froid) relativement plus avantageuse par rapport à celle de la partie Saharienne de la Wilaya et la pluviométrie moyenne annuelle est de 281 mm.
- Le piedmont pré saharien qui donne sur l'erg, occidental est le domaine où les altitudes varient de 500 à 800 m.

## 3. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La région d'El Bayadh chevauche sur trois domaines géologiques structurellement dominants. Du nord au sud, on distingue :

Le domaine des hautes plaines, de structure tabulaire, constitué essentiellement de formation continentales d'âge Miocène, Pliocène et Quaternaire.

Le domaine de l'atlas saharien, caractérisé par la structure plissée de direction NE-SW d'âge jurassique et crétacé.

Le domaine de la plate-forme saharienne, caractérisé par son assise détritique d'âge paléozoïque et la formation continentale " récentes" d'âge Pliocène et Miocène (El-Zerey, 2012). Les principales formations géologiques, roches mères des sols et sources des matériaux alluvionnaires, sont les suivantes :

- Le Trias est formé d'argiles schistosités plus ou moins gypseuses et salées. Ces formations source de sels solubles, apparaissent en petits massif érodés surgissant au sein des formations jurassiques.
- Le Jurassique constitue des faciès très variés mais à dominance de calcaire durs et dolomitiques, alternant avec des bancs de marnes multicolores.
- Le Crétacé comprend des faciès très variés à dominance de roches calcaires tendres fréquemment encroutées.
- Le Cénomaniens formé de séries marneuses et marno-calcaire alternant avec des calcaires plus durs. Les marnes sont souvent salées et gypseuses.
- Le Turonien représente la série calcaire compacte et dure formant les falaises et la bordure des synclinaux perchés.
- Le Sénonien se caractérise par une série à dominance marneuse et marno-calcaire.

# Considérations générales

---

## 4. CONTEXTE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE

Les caractères physiques se trouvent particulièrement marqués par des conditions climatiques rudes. L'aridité est la caractéristique essentielle de cet immense espace qu'est El Bayadh.

## 5. LE REGIME CLIMATIQUE

La région présente deux périodes de pluviosité ; deux maxima, l'un au printemps, l'autre en automne, séparés par deux minima, l'un en été (Juillet) et l'autre en hiver (Février).

Les précipitations d'hiver sont, souvent liées aux dépressions du front polaire, perdant rapidement de leur importance dès que l'on franchit la ligne des crêtes. Elles ont peu d'influence sur le versant Sud de l'Atlas Saharien, sauf cas exceptionnels.

La moyenne annuelle des précipitations est égale à 281,6 mm ; cette valeur est variable d'une source à une autre suivant l'effectif de la série pluviométrique traitée. Cette répartition fréquentielle de la pluie annuelle (281,6 mm) sur toute l'année admet un effet écologique bien particulier. On remarque que malgré une fréquence plus grande de jours de pluie en hiver, c'est surtout en automne qu'on en enregistre la plus grande fréquence. Les précipitations ajoutent par ailleurs, à leur insuffisance pour la quasi-totalité de la wilaya, de fortes variations interannuelles et une grande irrégularité de distribution sur l'année : un seul mois peut recevoir la quasi-totalité de la pluviométrie annuelle ce qui engendre une érosion forte sur les piedmonts de l'Atlas. Ces conditions pluviométriques, permettent une recharge importante des nappes douées d'une grande inertie.

En ce qui concerne les températures, l'amplitude annuelle moyenne est de 22,8°C (ONM). Les valeurs de la température moyenne mensuelle confirme, que le mois le plus froid est Janvier (0° C) et le mois le plus chaud est Juillet (33,9° C).

L'enneigement et la gelée blanche sont des événements importants. La neige a lieu, en moyenne 13 jours durant l'année, d'après les données de la station d'El Bayadh. Elle peut, par fusion constituer un apport en eau non négligeable pour la végétation, surtout au début du printemps. La neige aurait atteint, 186 cm en 1980 et 182 cm en 1982. Les gelées blanches, durent environ 18 jours de l'année. Le sirocco, par contre, joue un rôle négatif sur les plantes en accélérant leur dessiccation (près de 20 jours/an).

Les facteurs climatiques ne se limitent pas seulement aux précipitations et aux températures, mesurées un peu partout dans les limites de la région, mais aussi au vent, qui est un facteur essentiel.

Sur ce, la vitesse moyenne du vent à El Bayadh est de l'ordre de 4,2 m/s. Son influence sur la végétation n'est pas infime, notamment sur les plantes jeunes. On remarque, une prédominance des vents de direction S et SW. Les mois de l'année à vents fréquents sont ceux d'avril et mai (HCDS).

### 5.1 Le bioclimat

D'après les travaux menés par Djellouli (1981) portant sur l'étude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du Sud oranais, la wilaya d'El Bayadh présente, de par sa grande étendue, une diversité d'étages bioclimatiques et de variantes thermiques. (Fig.n°03)

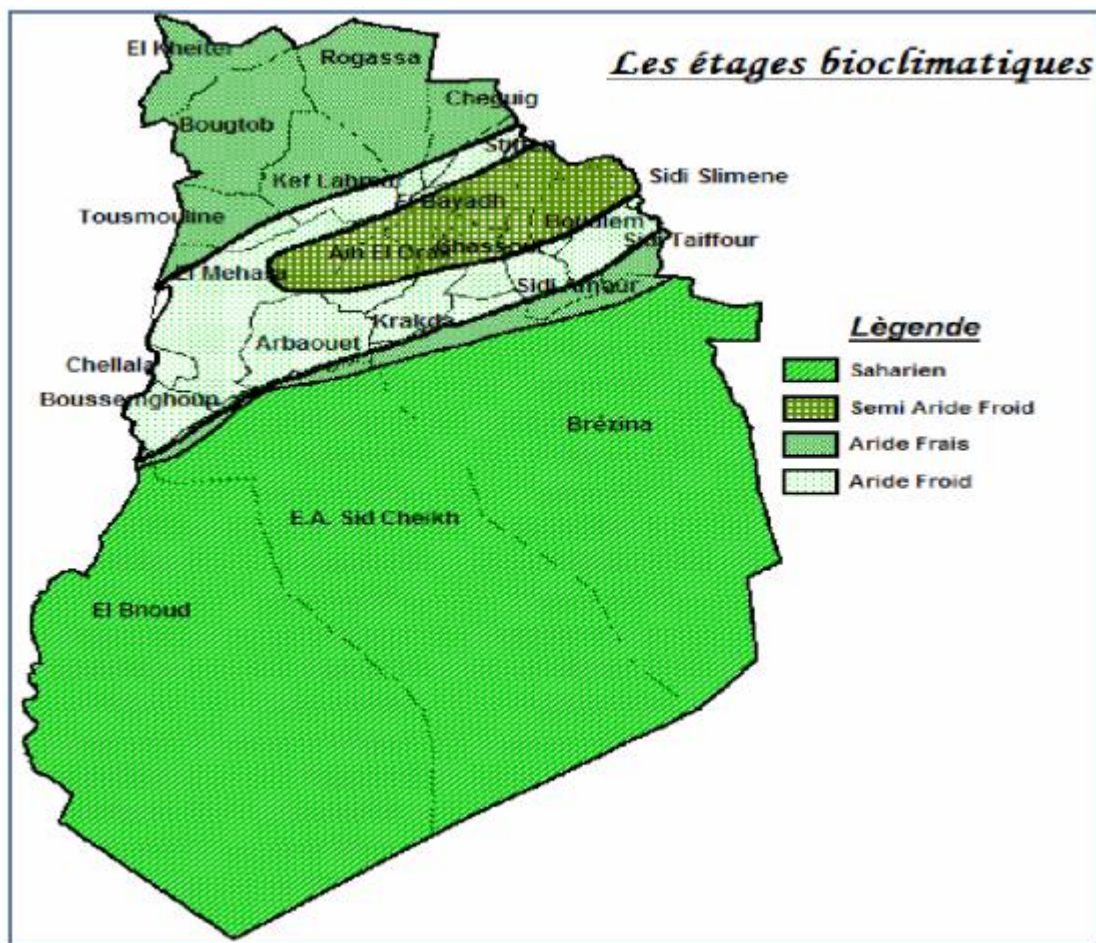
Ainsi, nous pouvons rencontrer en allant du Nord au Sud de la wilaya :



## Considérations générales

- L'étage bioclimatique semi-aride supérieur, variante à hiver froid et très froid au sommet des djebels Ksel, Oustani, à tendance sub-humide.
- L'étage bioclimatique semi-aride supérieur, variante à hiver froid.
- L'étage bioclimatique aride supérieur, variante à hiver froid.
- L'étage bioclimatique saharien supérieur, variante à hiver froid et frais.

La carte ci-après (fig. 03) synthétise les caractères climatiques de la wilaya d'El Bayadh.



*Fig.n°03 : Les étages bioclimatiques de la wilaya d'El Bayadh (Source, URBAT)*

## 6. POTENTIALITES EN RESSOURCES HYDRIQUES

La région d'étude recèle d'importantes potentialités hydriques superficielles et souterraines concentrées essentiellement au niveau des chotts, du synclinal d'El Bayadh et des aquifères centrés sur la région comme illustrés au tableau ci-dessous. (Tableau.n°02)

## Considérations générales

	<b>Nombre</b>	<b>Capacité (hm<sup>3</sup>)</b>
Châteaux d'Eau	54	11380
Réservoirs	88	35 990
Barrages (Larouia Brezina)	01	123
Petits Barrages	4	-
Retenues Collinaires	6	-
<b>Ressources Mobilisées</b>		
	<b>Mobilisables</b>	<b>Mobilisées</b>
Eaux Superficielles (hm3)	123	11,50
Eaux Souterraines (hm3)	292,25	71,34
<b>Ressources exploitées (AEP &amp; Irrigation)</b>		
	<b>Nombre</b>	<b>Débits l/s</b>
Forages	83	1 047
Puits	34	44
Sources	09	29

Tableau.n°02 : Ressources et mobilisation des eaux

### 7. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

La région est caractérisée par 3 parties:

- La partie Nord est drainée vers les chotts Chergui qui constituent l'exutoire de tout le bassin versant des hautes plaines oranaises.
- La partie de l'Atlas saharien, composée du massif de l'Atlas renferme d'importants aquifères dans les formations synclinales, exploitées par forages profonds à débits canalisés.
- Les piémonts de la plateforme saharienne (formations aquifères du Complexe Terminal), qui par l'intermédiaire des grands oueds sahariens, réalimentent une partie du Grand Erg Occidental.

### 8. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

La région d'étude comprendra deux entités différentes, représentées par l'atlas saharien occidental dont lesquels on retrouve l'aquifère du Continental Intercalaire. Ce volet sera explicité lors de la présentation des conditions hydrogéologiques basées sur les quatre ouvrages de captages prises en ligne de compte dans la région considérée. (Fig.n°04)

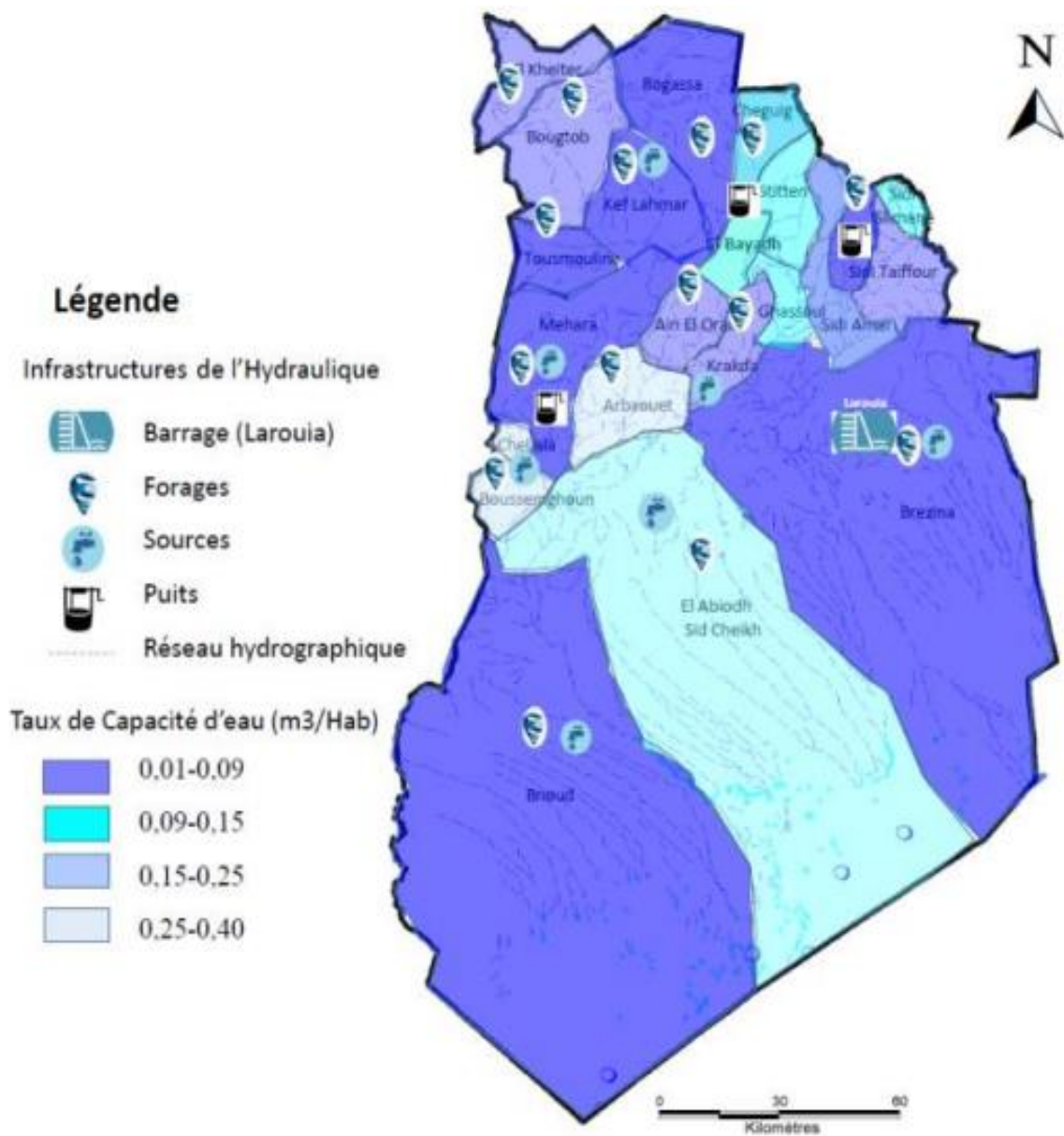


Fig.n°04 : Ressources et infrastructures hydrauliques dans la wilaya d'El-Bayadh

# *Chapitre II*



## INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous étudierons les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de chaque forage Krakda, El-Hodna, Bendjerad et Rehab, incluant l'analyse de la structure géologique, des formations rocheuses, et des propriétés hydrauliques des aquifères (transmissivité, coefficient d'emmagasinement et la perméabilité) pour apprécier les fonctions capacitive et conductrice du système aquifère. De plus, nous aborderons un volet hydrochimique pour examiner les caractéristiques physico-chimique de l'eau exploitée par ces ouvrages de captage. Ceci nous permettra une compréhension globale des réserves en eau souterraine en ces différents points d'eau répartis sur la région (Fig.n°05 )

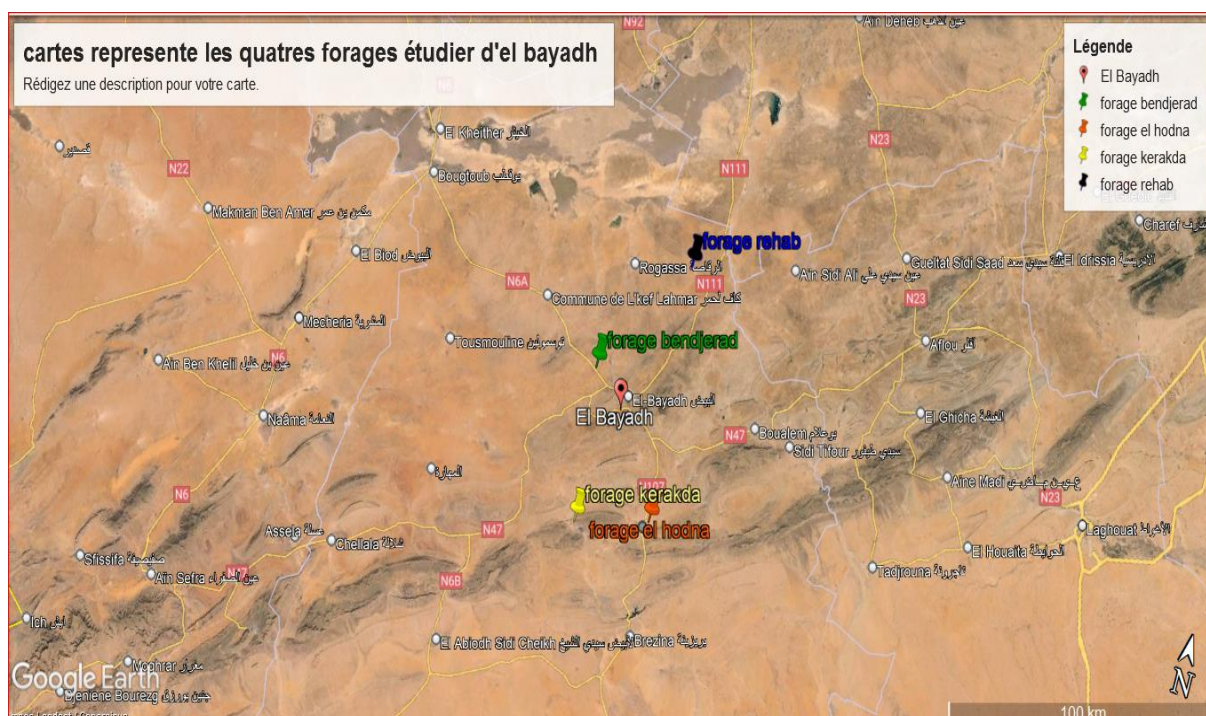


Fig.n°05 : image satellitaire montrant la position des forages dans la région d’El Bayadh

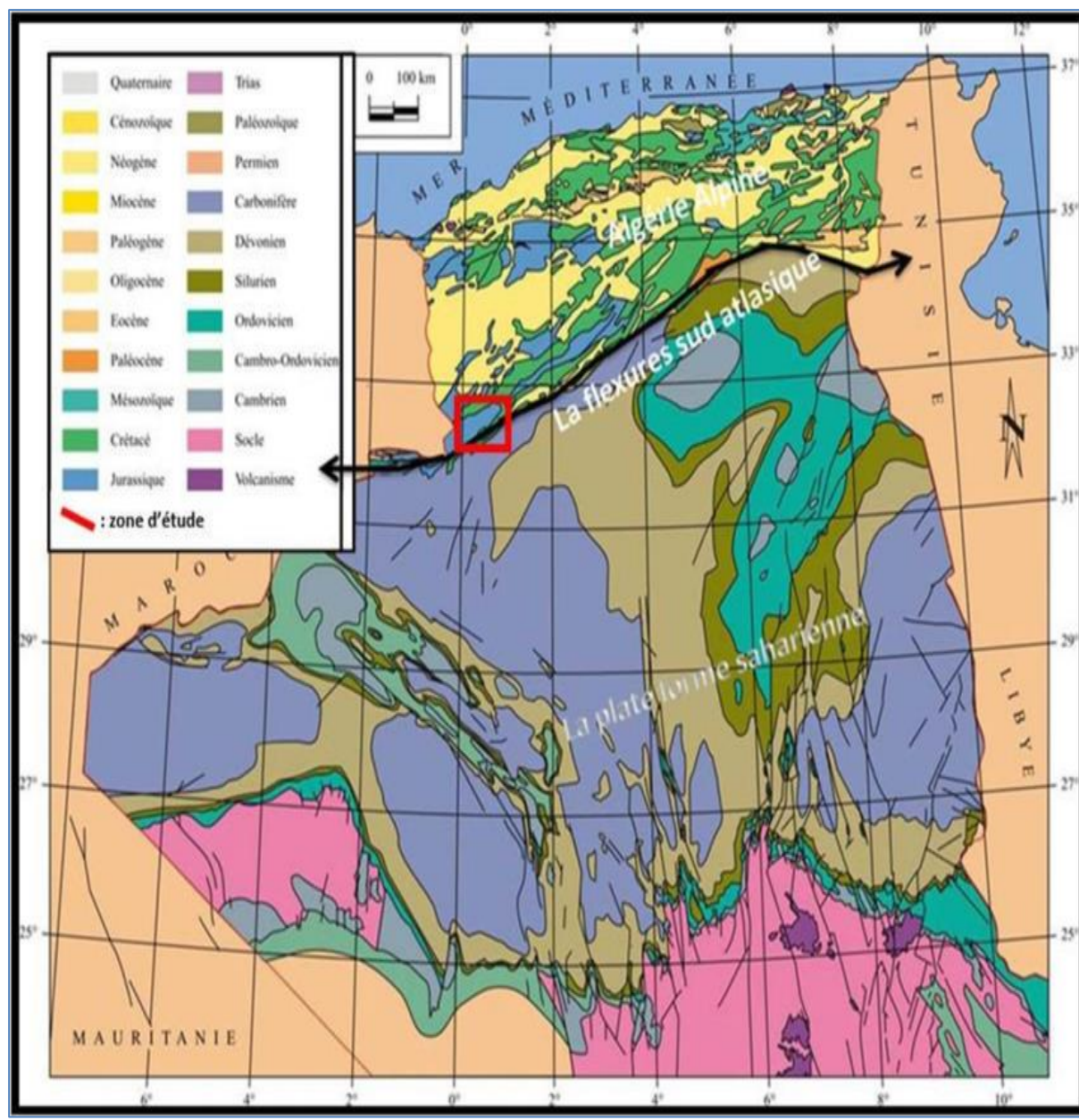


Fig.n°06 : carte géologique de l'Algérie

## I. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

### 1. FORAGE DE KRAKDA

#### 1.1 situation géographique du forage de Krakda

Le forage de Krakda se situe à 5 km environ au Nord de chef-lieu de la commune de Krakda. (Fig.n°07)

Il est limité par :

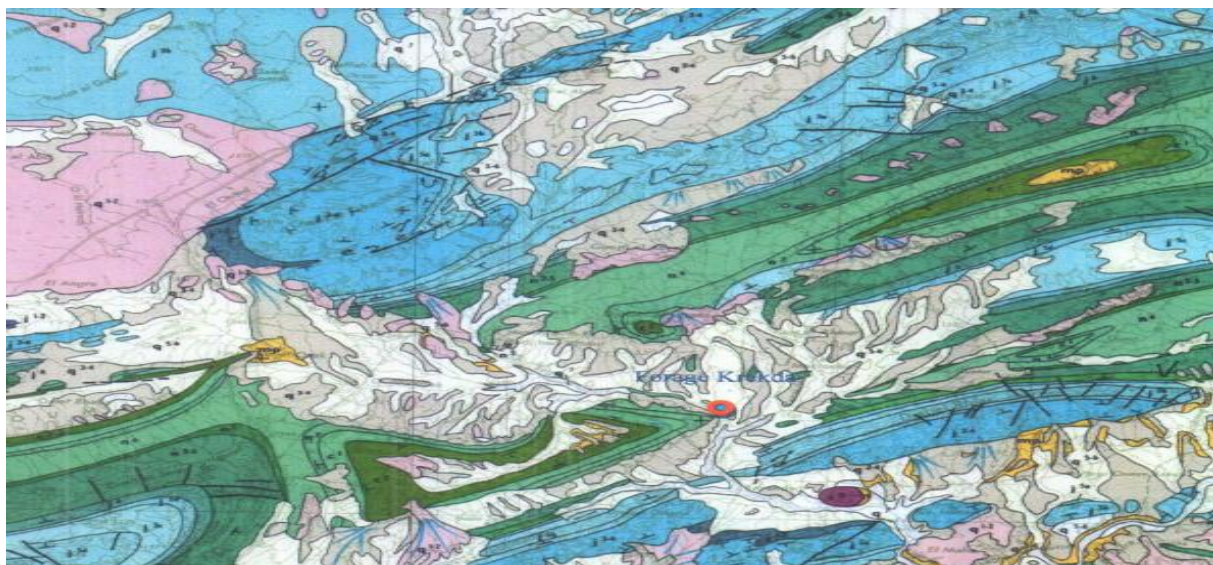


# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages

- Djebel El Orma au Nord
- Oued Seguia au Sud
- Oued Seguia et Kebeur Seguia à l'Ouest
- Oued Seguia et le chemin communal de Krekda à l'Est.



*Fig.n°07 : image satellitaire montrant la position du forage krakda*



*Fig.n°08 : extrait de la carte géologique de Brezina au 1/100.000*

## 1.2 Aperçu géologique de la région

Dans la région du forage de Krekda, on rencontre les terrains géologiques suivants :

### ➤ **Série gréseuse Infra-Crétacé**

Il s'agit de 500 à 600 m de grés compris entre les calcaires Kimméridgiens et les premiers bancs marneux attribués au crétacé inférieur. Ces grés sont durs, régulièrement stratifiés, fortement patinés de noire et présentent des ripple- marks. La rareté des stratifications entrecroisées laisse à supposer qu'il s'agit d'un dépôt marin. L'absence de la faune dans l'Infra crétacé gréseux d'El Bayadh implique une certaine difficulté pour les attributions stratigraphiques (Cornet- 1952)

### ➤ **Le Valanginien**

Il est bien développé dans la région et comprend de bas en haut :

-200 m de marnes gris bleuâtres

- 200 m d'argiles versicolores à gypse

-150 m de calcaires gris à aspect de carneules. Les bancs calcaires disparaissent au profit des argiles et des intercalations gréseuses ou argilo-gréseuse avec une diminution d'épaisseur.

### ➤ **L'Hauterivien**

Hauterivien gréseux: des assise gréseuses de 150 m d'épaisseur très constante apparaissent au-dessous des argiles et des calcaires. Ce faciès est très identique à la série de continental intercalaire qu'elle rejoint vers le Sud quand les calcaires hauteriviens disparaissent.

### ➤ **Barrémien - Aptien – Albien**

Ce faciès gréseux bien connu dans tout l'Atlas Saharien, et dans les bassins du Sahara Occidental, le continental intercalaire englobe la série des grés à sphéroïdes ou « grés à dragées de quartz ».

C'est une série continentale d'une épaisseur de (800 à 1500 m) formée de grés à bois silicifiés. Le faciès est toujours constant et se distingue par sa morphologie en occupant les dépressions et les synclinaux à fond plat.

### ➤ **Le Turonien**

Il s'agit d'une muraille en calcaires formant le plus souvent une corniche dans les synclinaux perchés, cette formation fissurée et diaclases renferme localement des petites grottes.

### ➤ **Le Cénomaniens**

C'est une combe marneuse qui soutenu les calcaires turoniens, caractérisé par des marnes vertes à niveau de gypses, son épaisseur peut atteindre 250 m

### ➤ **. Les alluvions anciennes et récentes**

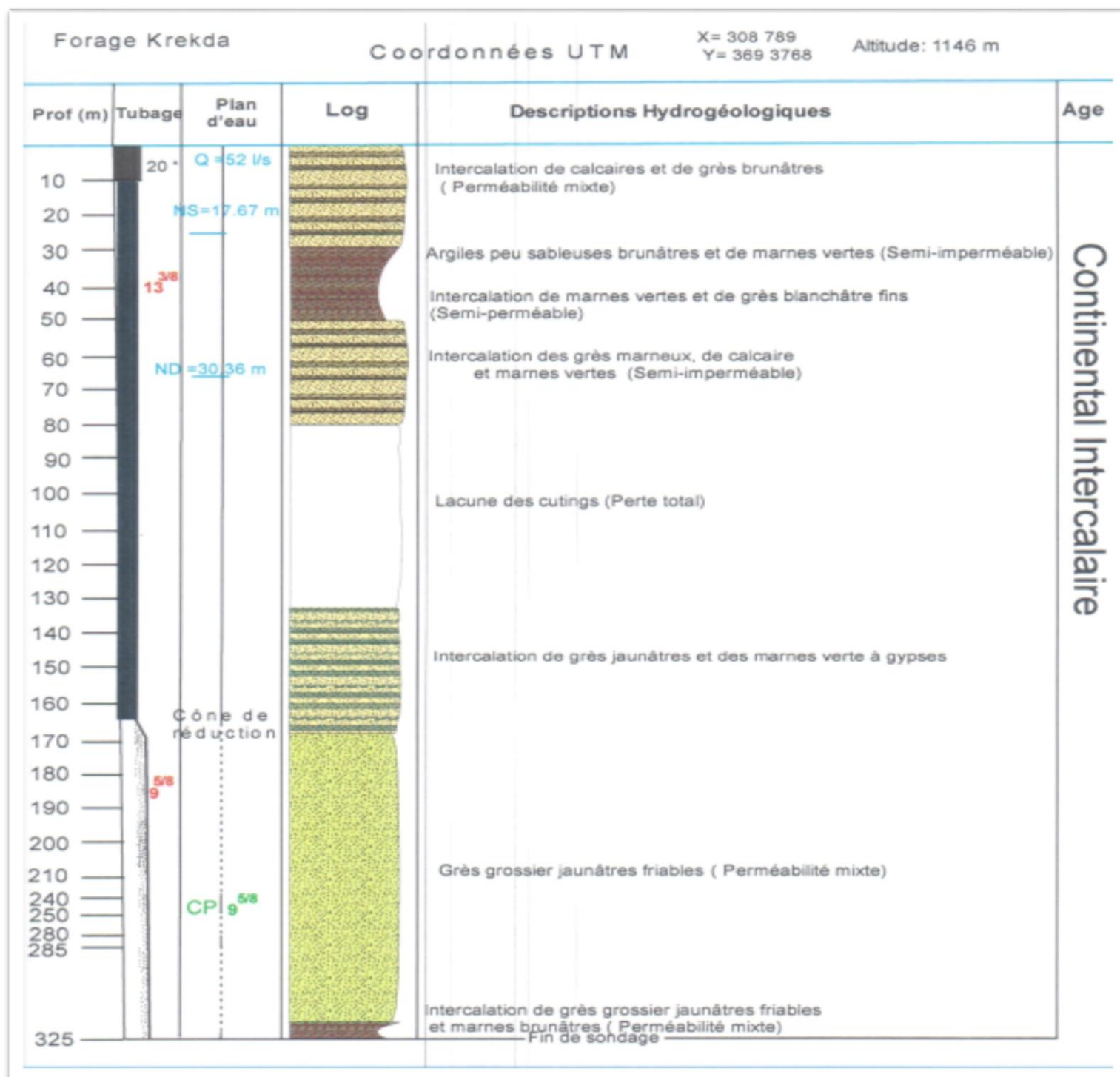
Ces dépôts occupent les abords des oueds et se caractérisent par des faciès fluviaux. Les terrasses hautes, plus anciennes montrent des poudingues à éléments mal classés. Les axes des oueds quant à eux montrent des cailloutis et des sables; Ils sont les plus basses terrasses et donc les plus récentes. Les formations géologiques constituent l'impluvium de l'oued sont essentiellement d'âge Crétacé. Là où l'oued possède des terrasses c'est le Mio-pliocène qui domine.



## 1.3 Aperçu hydrogéologie de la région

Sachant que le forage de Krekda est implanté de façon à capter la nappe du continental intercalaire. Cette puissante série de grès à dragées de quartz et à intercalations marneuses, présentent un aquifère multicouche important recelant des nappes d'eau superposées (fig. 8). De point de vue hydrogéologique il s'agit d'un aquifère épais de plus de 1500m, renfermant des eaux fossiles, mais bien alimenté en surface.( fig n°8)

# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages



*Fig.n9° : log technique du forage krakda*

## 2. FORAGE D'EL HODHNA

### 2.1 situation géographique

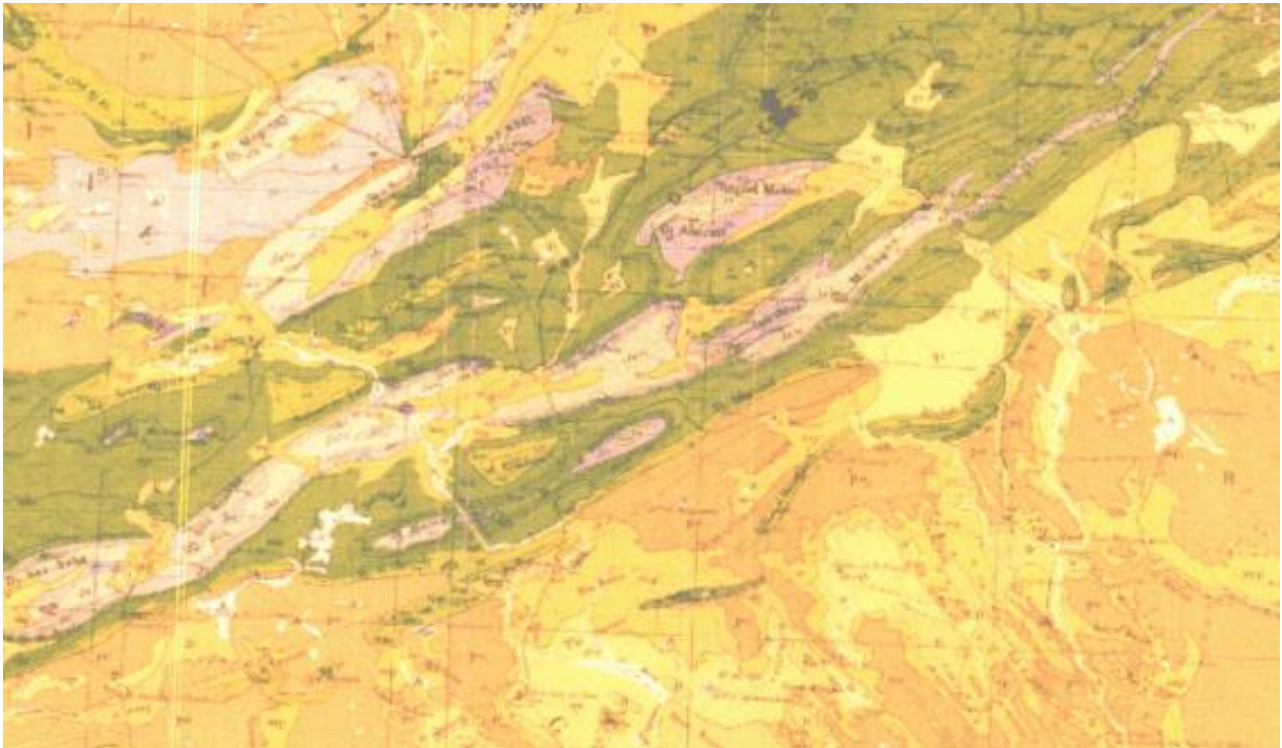
La zone du Hodhna se situe dans la commune d'El Ghassoul à environ 15 km de son chef-lieu. Elle est limitée au nord par la ville d'El Bayadh et au sud par la commune d'el ghassoul, vers l'est par La commune de Boualem et l'ouest par Krakda. (Fig.n°09 )



*Fig.n°10 : image satellitaire montrant la position du willaya d'El Bayadh*

### 2.2 Aperçu géologique de la région

On rencontre successivement de bas en haut divers terrains géologiques du synclinal de Hodhna-Hazara (extrait de la carte géologique d'Algérie au 1/500000 éme) ( Fig.n° 10)



*Fig.n°11: extrais de la carte géologique du willaya d'El Bayadh*

## ➤ **Le Trias**

Le Trias se représente sous forme de dépôts qui sont généralement très rares. On ne les rencontre qu'en tête d'anticlinaux sous forme d'intrusion. Ces argiles versicolores à gypse et anhydrite remontent en surface à la faveur de failles.

## ➤ **Le Jurassique**

- **Le Lias** Ce sont des calcaires dolomitiques qui se terminent au sommet par des formations plus hétérogènes: Marne à intercalation calcaire. Sa puissance ne dépasse pas les 200 m. En général, le Lias et autre étages du Jurassique forment les têtes d'anticlinaux.
- **Le Bajo-Bathonien** C'est un faciès mi- continental, mi- récifal. Le Bajocien, avec ses dépôts mameux à sableux - argileux indique une tendance à la régression tandis que le Bathonien change de faciès et devient récifal avec les calcaires lacustres. Vers le sommet de cette formation, ce faciès devient plus continental avec les séries gréseuses
- **Le Jurassique supérieur** A partir du lusitänien, se dépose une puissance série argilo- gréseuse en majorité, probablement attribuées au Kimméridgien qui va aussi constituer la plupart des anticlinaux des monts des ksours car au niveau des dépressions synclinales, ces formations jurassiques disparaissent en profondeur, recouverte en concordance par les séries du Crétacé inférieur.

- **Le Crétacé** Les affleurements du Crétacé inférieur et supérieur limité au Turonien, occupent tous les centres des dépressions et sur les flancs d'anticlinaux.

## 2.3 Aperçu hydrogéologie de la région

On peut constater que les potentialités en eau intéressantes, existent dans les niveaux gréseux de l'Albien.

Les autres formations semi-perméables, ne sont pas très potentielles et les sources auxquelles elles donnent naissance ainsi que les puits qui les exploitent, donnent généralement des débits faibles de l'ordre de 2 à 3 l/s. Cependant, ces horizons jouent un rôle primordial dans les transferts d'eau par drainance à l'échelle globale du système aquifère.

Les dépôts alluvionnaires et les anciennes terrasses alluvionnaires, constituent de bons réservoirs lorsque leurs extensions et leurs puissances sont importantes. Ces nappes sont alimentées directement par leur propre impluvium à la faveur d'infiltration d'apports des précipitations efficaces.( Fig.n°11)



# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages

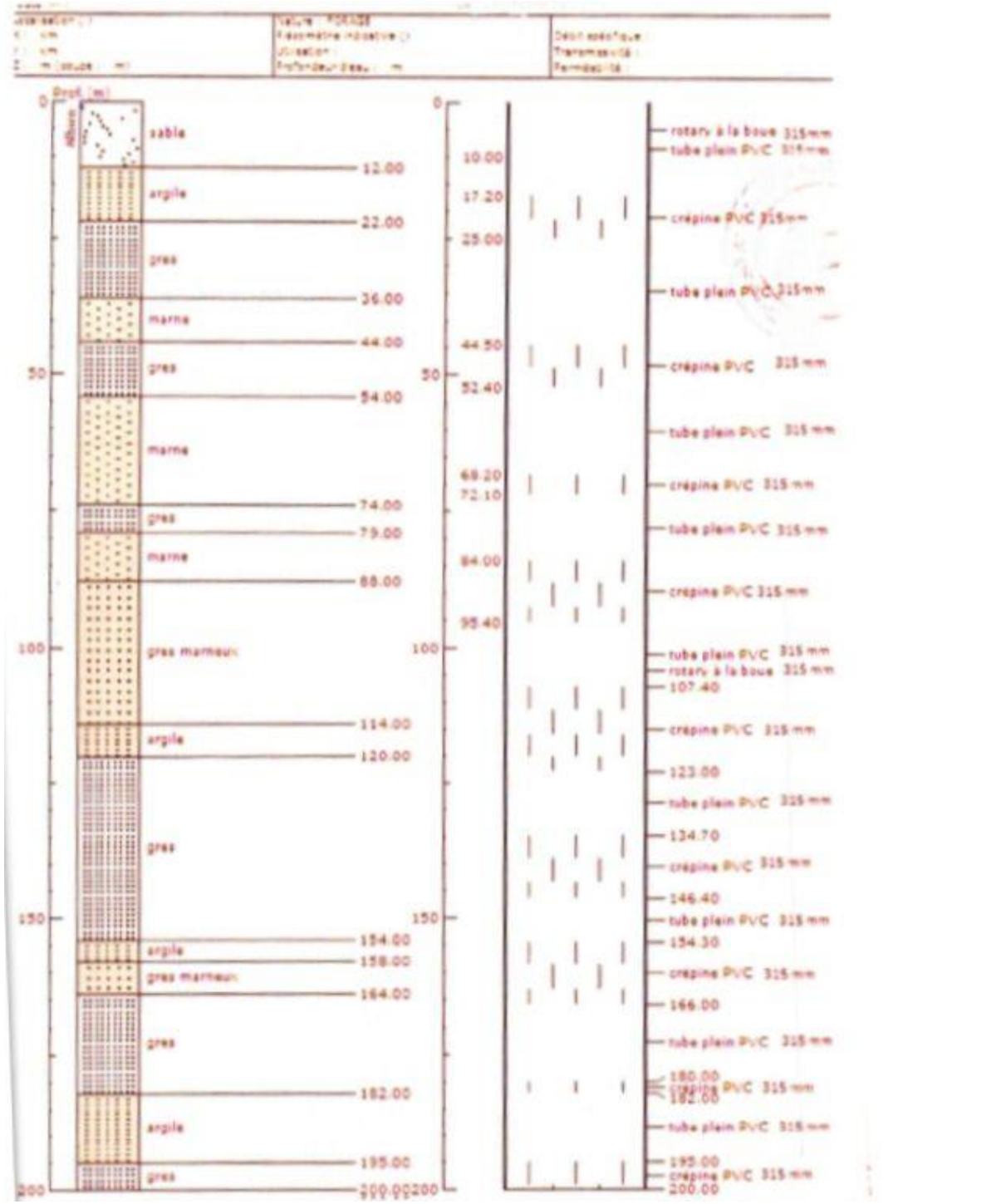


Fig.n°12: log technique du forage el hodhna

## 3. FORAGE DE BENDJERAD

### 3.1 situation géographique du forage de Bendjerad

Le Forage de Bendjerad se trouve à proximité de la RN 6A, il est situé à 7,8 km environ au NW de chef-lieu de la wilaya d'EL Bayadh. ( Fig.n°12)

Il est limité par :

- Ain safra et Bendjerad au Nord
- Le RN 6A au Sud
- Oued Mellouk à l'Ouest
- Oued El Beiod à l'Est



*Fig.n°13: Image satellitaire montrant la position du forage de Bendjerad*

### 3.2 APERÇU GEOLOGIQUE DE LA REGION

#### ➤ **SERIE GRESEUSE INFRA-CRETACE**

Il s'agit de 500 à 600 m de grés compris entre les calcaires du Kimméridgien et les premiers bancs marneux attribués au Crétacé inférieur. Ces grés sont durs, régulièrement stratifiés, et présentant des ripple-marks. La rareté des stratifiés, entrecroisés liasse à supposer qu'il s'agit d'un dépôt marin. L'absence de la faune dans l'Infra-crétacé gréseux d'El Bayadh implique une certaine difficulté pour les attributions stratigraphiques (Cornet-1952) (Fig.n°13)

#### ➤ **Le Valanginien**

Il est bien développé dans la région et comprend de bas en haut :

- 200 m de marnes gris bleuâtres ;
- 200 m d'argiles versicolores à gypse ;

- 150 m de calcaire gris à aspect de cargneules. Les bancs calcaires disparaissent au profit des argiles et des intercalations gréseuses ou argilo-gréseuse avec une diminution d'épaisseur.

### ➤ L'Hauterivien

Des assises gréseuses de 150 m d'épaisseur très constante apparaissent au-dessous des argiles et des calcaires. Ce faciès est très identique à la série de continental intercalaire qu'elle rejoint vers le sud quand les calcaires hauteriviens disparaissent.



*Fig.n°14 : Extrait de la carte géologique de Géryville 1/200 000*

### 3.3 APERÇU HYDROGÉOLOGIE

Le forage de Bendjerad est implanté sur les grès de l'Infra crétacé. Cette puissante série de grès à intercalations marneuses, forme un important aquifère multicouche recelant des nappes d'eau superposées. De point de vue hydrogéologique, il s'agit d'un aquifère épais (500 à 600 m), bien alimenté en surface et en profondeur (échange latéral). ( Fig.n°14)





- Koudiat maktouba au nord
- Koudiat Rehab au sud
- L'agglomération de Rehab à l'Ouest
- Draa El Merga à l'Est



*Fig.n°16: Image satellitaire montrant la position du forage de Rehab*

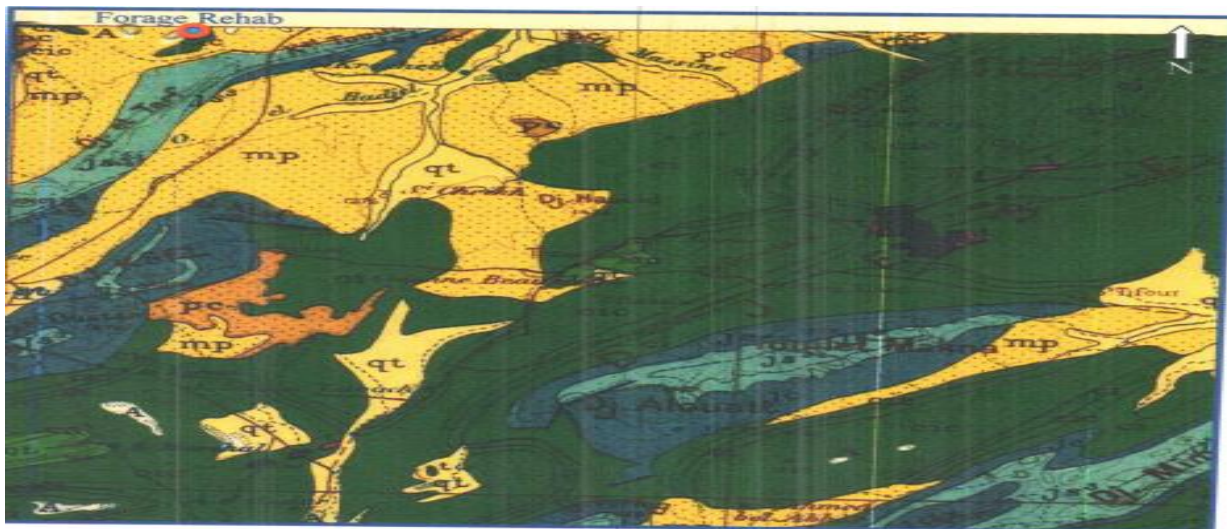
## 4.1 \_APERÇU GEOLOGIQUE

Dans la région de Rehab, on trouve la même série de terrains géologiques (extrait de la carte d'El Bayadh, fig. 16), rencontrée dans le secteur du forage Bendjerad.

### ➤ **Barrémien – Aptien – Albien**

Ce faciès gréseux bien connu dans tout l'Atlas Saharien, et dans les bassins du Sahara Occidental, le continental intercalaire englobe la série des grès à sphéroïdes ou « grès à dragées de quartz ».

C'est une série continentale d'une épaisseur de (800 à 1500 m) formée de grès à bois silicifiés. Le faciès est toujours constant et se distingue par sa morphologie en occupant les dépressions et les synclinaux à fond plat.( Fig.n°16)



*Fig.n°17 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie 1/500 000*

## **4.2 APERÇU HYDROGEOLOGIE**

Le forage est implanté d'une manière à capter la nappe des grès du Continental Intercalaire. C'est un aquifère multicouche considérablement productif, représenté par une variation de faciès gréseux à intercalations marneuses. Il s'agit des grès friables à perméabilité mixte renfermant des dragées de quartz. Le débit du forage captant ce système aquifère, dépend du nombre des niveaux aquifères rencontrés. Dans le cas du forage de Rehab, les horizons aquifères captés sont au nombre de quatre, représentés essentiellement par des grès friables à granulométrie moyenne. (Fig.n°17)





## II. RÉALISATION DE FORAGE

### 1. FORAGE DE KRAKDA

#### 1.1 Déroulement des phases de forage

Le forage a été réalisé par "rotary" avec circulation de la boue bentonite. Selon les directives du CPS les phases de réalisation ont été faites comme le suivant :

- Avant- puits foré avec un tube guide 20", cimenté au terrain sur 10 m selon les normes:
- Forage de reconnaissance en 8 1/2 pouce à 325 m, avec prélèvement des cuttings à chaque mètre, qui sont mis en sachets et étiquetés selon l'ordre

#### 1.2 Test de nappe

- Un test de nappe en trou nu a été réalisé par un compresseur de 25 bare, donnant un débit de 6 l/s à 240 m de profondeur avec une qualité d'eau médiocre (sulfatée).
- Alésage du 8 1/2" au 12 1/2" à 165.75 m
- Réalésage du 12 1/2" au 17 1/2" à 165.75m
- Cimentation (13 m<sup>2</sup>) de 0 à 165.75 m avec un tubage 13 API afin de barrer les eaux sulfatées des niveaux gypseux
- Prélèvement d'un échantillon pour analyse physico-chimique après un deuxième test
- Alésage du 8 1/2" au 12 1/2" à 325ml:

#### 1.3 Programme de tubage

- Fourniture et pose de colonne de captage 9 5/8" (API): 23 m pleine et 142 m crépine
- Fourniture et pose de gravier additionnel calibré et bien roulé 2 m<sup>3</sup>

#### 1.4 Développement

- Nettoyage de puits par l'hexametaphosphate en deux phases en quantité de 250 kg;
- Développement à l'air lift et avec pompe 73.30 h;

## 2. FORAGE EL HODHNA

### 2.1 Déroulement des phases de forage

L'impact du forage se situe au projet d'El Hodhna 01 la commune de Ghassoul, et aux coordonnées suivantes:

X= 334.316

Y= 371.7325

- ❖ Fourniture et pose d'un tubage de type PVC de ép=18.7mm

### 2.2 Test de nappe

Les travaux sont exécutés par une sonde rotary à circulation à la bentonite.

- Fonçage en Ø30" de 00 ML à 10 ml.
- Pose tube guide de 10 ML Ø20 cimentée.
- Fonçage de reconnaissance en 8"1/2 de 10 à 208ML.
- Alésage du Ø 121/4 de 10 à 208ML
- Réalésage en 1712 de 10 à 208ML
- Pose d'équipement en Ø315 mm ép. 18.7 type PVC
- Développement à l'air lift.
- Essai de pompage

### 2.3 Développement

En fin les travaux de reconnaissance suivi par l'opération de lavage en l'hexametaphosphate (400kg) et développement a été effectuée pour améliorer la perméabilité des formations de l'aquifère

## 3. FORAGE DE BENDJRAD

### 3.1 Déroulement de phases de forage

Le forage à été réalèse par «**ROTARY** »avec circulation de la boue bentonite. Les phases de réalisation ont été faites comme le suivant :

- Avenit puits foré avec un tube guide 20<sup>'''</sup>, cimenté au terrain sur 5 ml selon les normes ;
- Forage de reconnaissance en 8<sup>1/2</sup>pouce à 210 ml, avec prélèvement des cuttings à chaque mètre, qui sont mis en sachets et étiquetés selon l'ordre

## 3.2 Test de nappe

- Un test de nappe en trou nu a été réalisé par un compresseur de 16 barre, donnant un débit de 81 l/s à 145 m de profondeur.
- Enregistrement des diagraphies sur 210 ml (Gamma ray , polarisation spontanée et la résistivité grande et petite normal
- Prélèvement d'un échantillon pour analyse physico-chimique
- Alésage du 8 1/2" au 12 1/4" à 210 ml
- Réalésage du 12 1/4" au 17 1/2" à 210 ml

## 3.3 Programme de tubage

- Fourniture et pose de colonne de captage 13 3/8" (API) : 78 ml pleine et 38 ml crépine
- Fourniture et pose de colonne de captage 9 5/8" (AAPI) : 17 ml pleine et 77 ml crépine
- Fourniture et pose de gravier additionnel calibré et bien roulé 20 m<sup>3</sup>

## 3.4 Développement

- Nettoyage de puits par l'hexamétophosphate en deux phases en quantité de 325 Kg ;
- Développement à l'air lift et avec pompe 108.5 h

## 4. FORAGE DE REHAB

### 4.1 Déroulement des phases de forage

Le forage a été réalisé par "rotary" avec circulation de la boue bentonite. Selon les directives du CPS les phases de réalisation ont été faites comme le suivant :

- Avant puits foré avec un tube guide 20", cimenté au terrain sur 10 ml selon les normes;
- Forage de reconnaissance en 8 12 pouce à 325 ml, avec prélèvement des cuttings à chaque mètre, qui sont mis en sachets et étiquetés selon l'ordre

### 4.2 Test de nappe

- Un test de nappe en trou nu a été réalisé par un compresseur de 25 barre, donnant un débit de 6 l/s à 240 m de profondeur avec une qualité d'eau médiocre (sulfatée).
- -Enregistrement des diagraphies sur 280 ml (Gamma ray, Polarisation spontanée et la Résistivité grande et petite normale R8, R16, R32, R64 Ohm-m) Pl annexe;
- Alésage du 8 1/2" au 12 1/2" à 165.75 ml
- Réalésage du 12 1/2" au 17 1/2" à 165.75ml
- -Cimentation (13 m<sup>3</sup>) de 0 à 165.75 m avec un tubage 133/8 API afin de barrer les eaux sulfatées des niveaux gypseux
- Prélèvement d'un échantillon pour analyse physico-chimique après un deuxième test

# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages

- Alésage du 8½" au 12½" à 325 ml;

## 4.3 Programme de tubage

- Fourniture et pose de colonne de captage 9 5/8" (API): 23 ml pleine et 142 ml crépine
- Fourniture et pose de gravier additionnel calibré et bien roulé 2 m<sup>3</sup>

## 4.4 Développement

- Nettoyage de puits par l'hexametaphosphate en deux phases en quantité de 250 kg.
- Développement à l'air lift et avec pompe 73.30 h.

### III. POMPAGE D'ESSAI

#### 1. ESSAI PAR PALIERS

##### 1.1 Forage de krakda

Un essai de quatre (04) paliers de 60 mn (temps égale descente et remontée) a été réalisé par l'entreprise de réalisation du forage. Ces essais nous ont permis de calculer le débit spécifique estimé à environ  $3.91.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s .on constate que le débit critique n'a pas été atteint. En effet la courbe caractéristique admet une forme linéaire (fig. ).

Paliers	Discharge (l/s)	Water level below datum (m)	Drawdown (m)
01	6.00	18.000	0.300
02	12.00	22.800	5.100
03	26.00	26.240	8.540
04	52.00	30.320	12.620

*Tableau.n°03: les résultats obtenus de l'essai de débit par palier de forage de krakda*

La représentation des données de S/Q en fonction de Q (fig 18. ) montre des points d'ajustement complètement aléatoire. Ceci dénote que les résultats de l'essai sont vraisemblablement erroné .

S/ Q	Q
50	0.006
425	0.012
328.46	0.025
242.69	0.052

*Tableau.n°04 :les résultats de rabattement de forage de krakda*



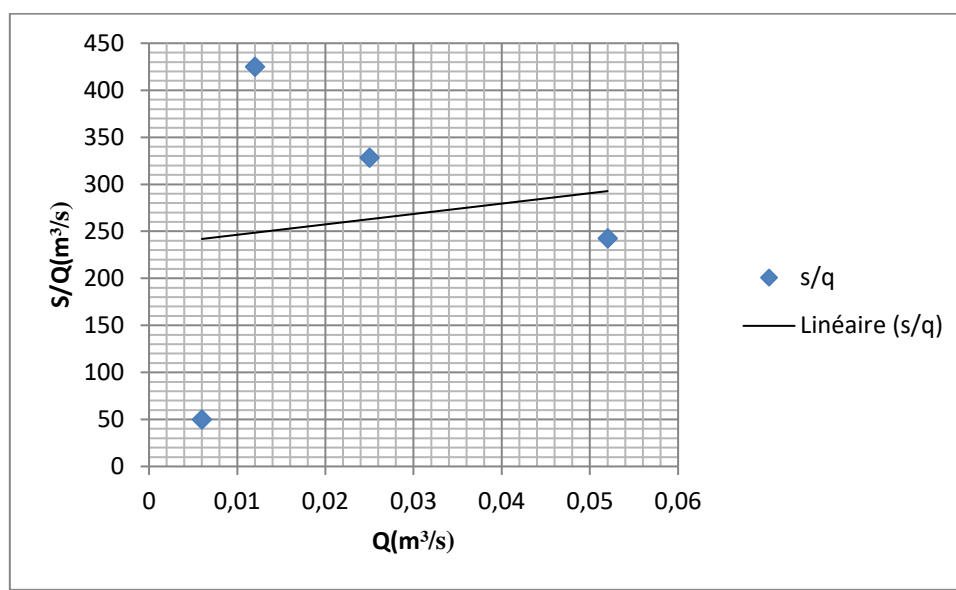


Fig.n°19 : rabattement spécifique de forage de Krakda

## 1.2 Forage el hodhna

- **Résultats obtenus après Essai a l'air lift (test de nappe)**
- L'essai de pompage a été exécuté à l'aide d'un compresseur
- Coté de tube d'air: 150 ML.
- Coté de tube d'eau: 170 ML.
- Niveau Statique : 60,80
- Niveau Dynamique a la coté de 61,26 ML
- Le débit donné est de 1.6 L/S après une heure et demie.
- . Puissance du compresseur: 27 bars
  
- **Résultat d'Essai De Pompage**
- Début d'essai : le 29/11/2016.
- Calage de la pompe à la coté de 139 ML.
- . Niveau Statique a la coté de 67 ML
- . Niveau Dynamique à la coté de 93.53 ML
- . Le débit donné est de 19 L/S

## 1.3 Forage Bendjerad

Un essai de quatre (04) paliers de 60 mn (temps égale descente et remontée) a été réalisé par l'entreprise de réalisation du forage. Ces essais nous ont permis de calculer le débit spécifique  $6.2.10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Paliers	Discharge (l/s)	Water level below datum (m)	Drawdown (m)
1	7,00	43,000	19,150
2	18,34	64,400	40,550
3	21,23	67,230	43,380
4	22,62	65,550	41,700

Tableau.n°05 : les résultats obtenus de l'essai de débit par palie de Bendjerad.

S/ Q	Q
0,007	2735,71
0,018	2212,64
0,021	2043,33
0,22	1895,4

Tableau.n°06 : les résultats de rabattement de forage Bendjerad .

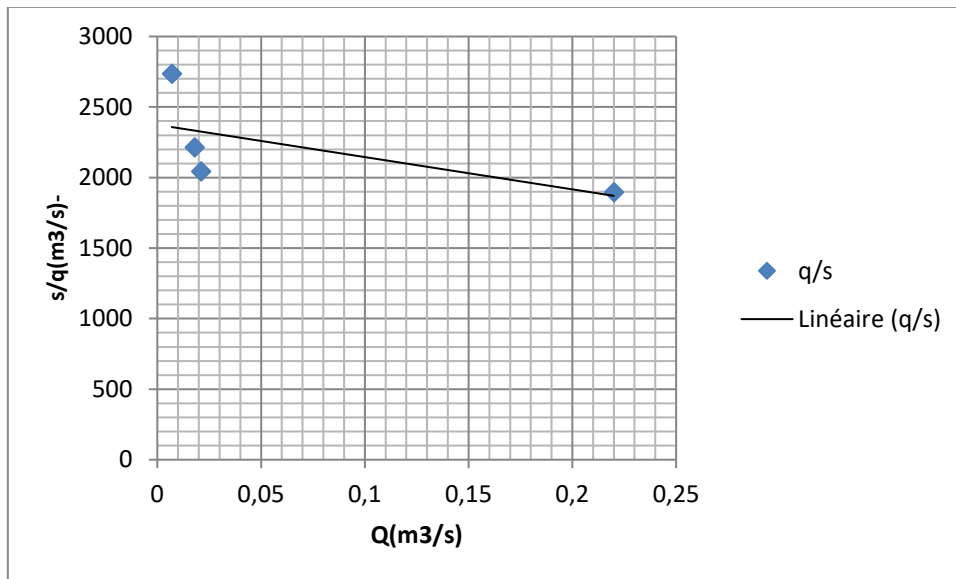


Fig.n°20 : courbe linière de rabattement spécifique de forage de Bendjerad

## 1.4 Forage Rehab

Un essai de quatre (04) paliers de 60 mn (temps égale descente et remontée) a été réalisé par l'entreprise de réalisation du forage. Ces essais nous ont permis de calculer le débit spécifique  $1.87.10 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou le débit critique n'a pas été atteint.

# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages

	Discharge	Water level Below datum	drawdown
1	26,66	27,200	12,550
2	27,74	28,600	13,950
3	29,02	19,200	14,550
4	31,00	29,400	14,750

Tableau.n°07 : les résultats obtenus de l'essai de débit par palier Rehab .

S/ Q	Q
470	0,026
516	0,027
501	0,029
475	0,031

Tableau.n°08 : les résultats de rabattement de forage Rehab.

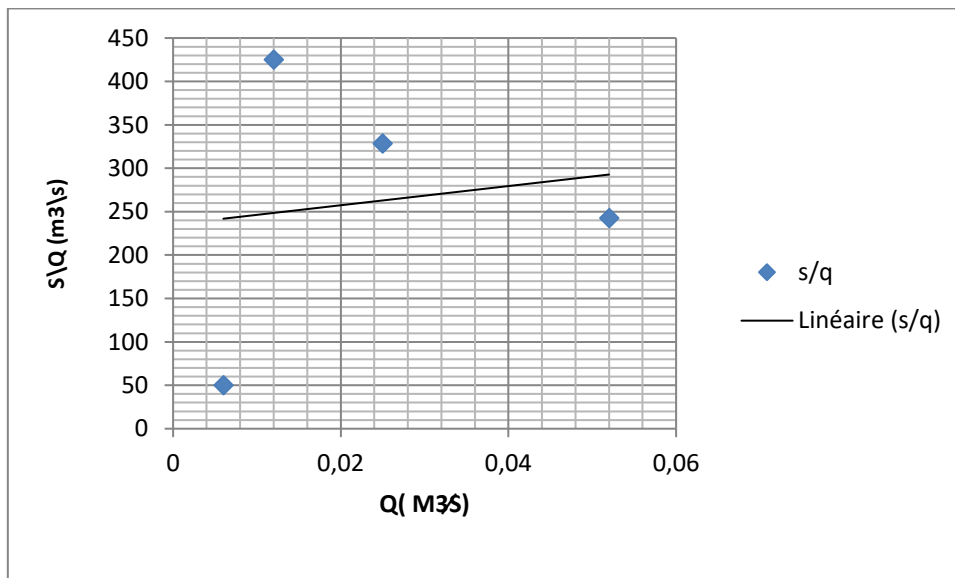


Fig.n°21: courbe linéaire de rabattement Spécifique capacité de forage de Rehab .

## Remarque

Nous avons tenté l'interprétation des données de essais par palier de chaque forage : Krakda, Hodhna, Bendjerad : Rehab. Les résultats de l'ajustement graphique (Fig.n°18,19,20) nous permettent de conclure que les données des essais réalisés sont erronées. A cet effet, les paramètres caractérisant les ouvrages de captage considérés ne pouvaient être estimés.

## IV. ESSAI DE LONGUE DUREE

### 1. Forage de Krakda

A la base des résultats de l'essai par palier, un pompage de longue durée a été procédé avec un débit moyen de 52 l/s (côte de calage de la pompe à 100 m). La durée standard du pompage est de 72h (avec observation de la remontée). Le puits de pompage est considéré comme un puits d'observation faute d'existence de piézomètre.

Le régime permanent a été atteint après 72 heures de pompage (stabilisation), avec un niveau dynamique de 30.36 m

L'objectif du pompage de longue durée (essais de nappe) est pour déterminer les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère.

#### 1.1 Calcul des paramètres hydrodynamiques

La méthode d'analyse présentée ici s'appelle la droite de Jacob (ou de Cooper-Jacob). Elle se base sur une simplification de la méthode de Theis par la formule:

$$T=0.183 Q/As \text{ Avec: } Q = 0.052 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ et } \Delta s = 0.25 \text{ m}$$

En traçant une droite des différents points représentatifs, on ignore les premières données, car elles tendent à être influencées par le volume d'eau stocké dans le forage (effet de capacité).

Divers types d'écarts par rapport à la droite standard de Jacob sont couramment observés dans le cas du forage de Krakda la diminution graduelle du rabattement, ensuite on assiste à une phase de pseudo-stabilisation. Ceci peut être expliqué par des venues d'eaux depuis les niveaux sus-jacents (calcaire, grès); ce qui montre l'importance de la réserve en eau de ce système aquifère.

Comme pour toutes les équations mathématiques, la méthode d'analyse décrite ici ne doit pas être appliquée aveuglément. Une comparaison avec d'autres essais dans la même nappe devrait permettre de se rendre compte si les résultats d'un essai donné sont plausibles.



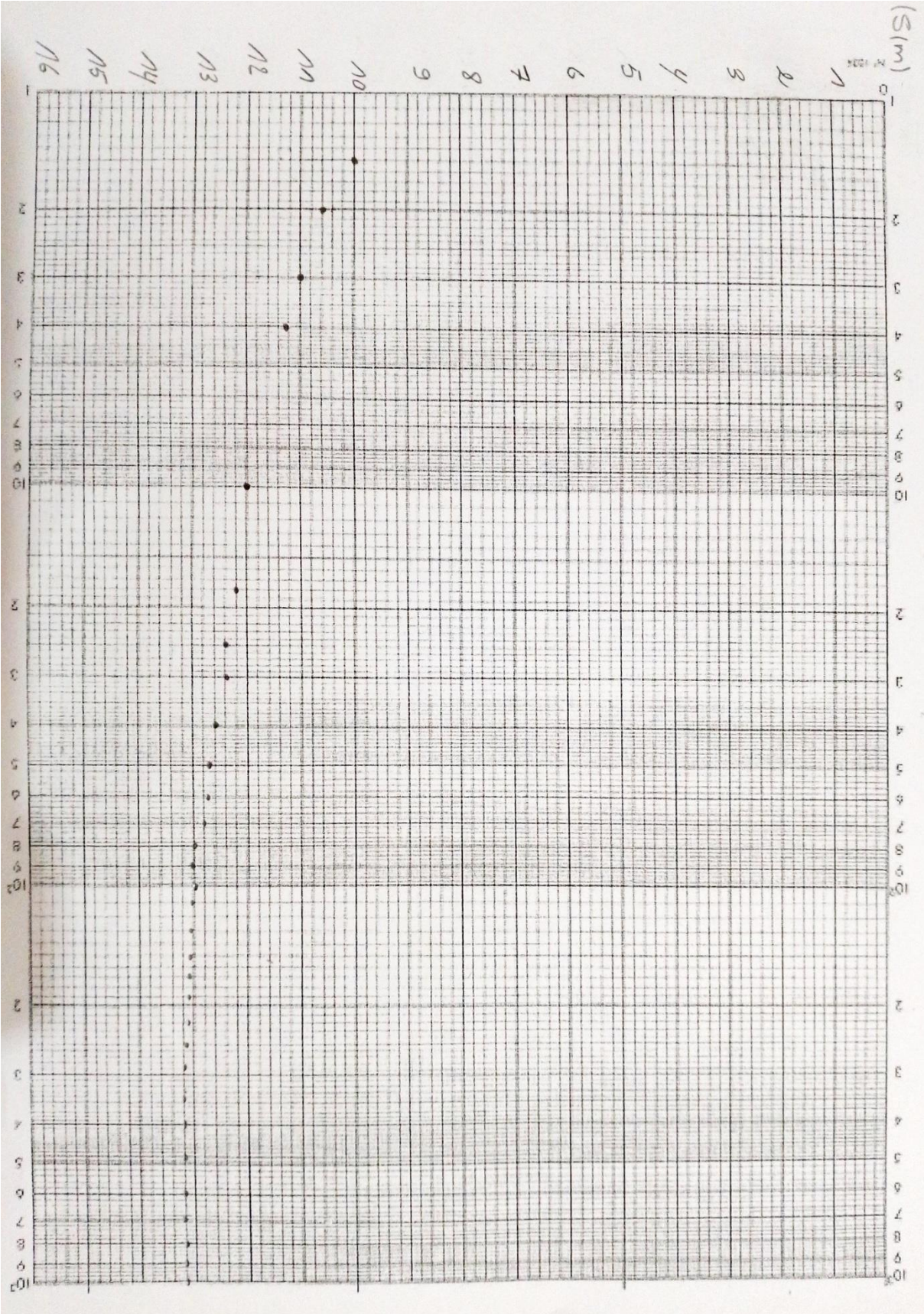


Fig.n°22: interprétation des essais de pompage de forage krakda par la méthode de Jacob,

- ❖ Selon Jacob les deux expressions expriment la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement

## ➤ La Transmissivité

Le calcul de la Transmissivité est surtout utile pour faire une comparaison avec d'autres forages Situés dans un environnement hydrogéologique ou une zone géographique semblable. C'est Pourquoi il est important de conserver des relevés complets des essais de pompage. On peut se faire une idée générale du potentiel d'exploitation des eaux souterraines dans une certaine région à partir des résultats de nombreux essais, de préférence reportés sur une carte.

$$T=0,183 \times Q / \Delta S$$

(T) : Transmissivité de l'aquifère (en m<sup>2</sup>/s).

(Q) : Débit d'eau pompé (en m<sup>3</sup>/s)

(ΔS) : Abaissement ou rabattement observé du niveau piézométrique (en mètres).

$$Q=0.052 \text{ m}^3/\text{S} \quad \Delta S=0.25 \text{ m}$$

$$T=3.8 \times 10^{-2}$$

## coefficient d'emmagasinement

$$C=2.25 \times T \times t / r^2$$

(C) : Coefficient d'emmagasinement (ou coefficient de stockage) sans dimension.

(T) : Transmissivité de l'aquifère (en m<sup>2</sup>/s)

(t) : Temps de pompage (en secondes).

(r) : Distance radiale du puits de pompage au point d'observation (en mètres).

## ➤ Classifications générales de la transmissivité (Transmissivité) :

- Transmissivité très faible ( $< 1 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s) : Matériaux presque imperméables comme l'argile ou les roches non fracturées.
- Transmissivité faible ( $1 \times 10^{-6}$  à  $1 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s) : Dépôts de sable fin ou sol argileux.
- Transmissivité moyenne ( $1 \times 10^{-5}$  à  $1 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s) : Sables ou sols limoneux.
- Transmissivité modérée ( $1 \times 10^{-4}$  à  $1 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s) : Sables grossiers ou graviers fins.
- Transmissivité élevée ( $1 \times 10^{-3}$  à  $1 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s) : Graviers ou roches fracturées.
- Transmissivité très élevée ( $> 1 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s) : Matériaux extrêmement perméables comme les gros graviers ou les cavités rocheuses.

## • Interprétation :

Après avoir comparé la valeur de transmissivité de ( $3.8 \times 10^{-2}$ ) avec les classifications connues, nous trouvons que : Transmissivité élevée ; Cela indique une bonne capacité du milieu à transmettre l'eau, ce qui signifie que le matériau est très perméable, permettant à l'eau de s'écouler facilement à travers.

## ➤ coefficient d'emmagasinement.

Définition et Signification Coefficient de stockage (S) : Il est défini comme le volume d'eau que l'aquifère libère ou emmagasine par unité de surface d'aquifère et par unité de variation de la charge

# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages

hydraulique. Son unité est dimensionnelle (sans dimension), souvent exprimée comme une fraction ou un pourcentage.

## ➤ Perméabilité

La perméabilité est une propriété essentielle des matériaux géologiques qui mesure la capacité d'un fluide (comme l'eau) à traverser une roche ou un sédiment sous l'effet d'un gradient de pression. En hydrogéologie, la perméabilité est souvent liée à la transmissivité et au coefficient de stockage. (Fig.n°21)

$$T = k \times e \longrightarrow k = T / e$$

(k) est la perméabilité (en m<sup>2</sup>).

(T) est la transmissivité (en m<sup>2</sup>/s).

(e) est l'épaisseur de l'aquifère (en m).

$$K = 8.1 \times 10^{-4}$$

<b>PERMÉABILITÉ (K)</b>	en m/s ▶	10 <sup>1</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>
	en darcy cm/s ▶	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
<b>GRANULOMÉTRIE</b>	homogène ▶	graviers		sable pur		sable très fin		silt		argiles			
	diamètre des grains en mm ▶	2		0.25		0.05		0.002					
	variée ▶	graviers gros et moyens		graviers et sables		mélange sable, argile, limons				argiles			
		roches perméables		semi-perméables				impermeables					
<b>TYPES DE FORMATIONS</b>		roches perméables		semi-perméables				impermeables					

Fig.n°23 : classification de la perméabilité

La perméabilité calculée de l'échantillon indique que le matériau a une perméabilité élevée, ce qui le rend adapté aux applications nécessitant d'excellentes propriétés de drainage

### • Interprétation

En pratique, il est rare que les conditions hydrogéologiques réelles soient assimilables sans restriction aux conditions idéales définies, ce qui limite beaucoup les possibilités d'application des théories et des méthodes connus tel que Thiès et Jacob.

Lorsque on commence à pomper, l'abaissement en tout point des forages réalisés, provoque un appel d'eau au sein des horizons aquifères, cet appel d'eau se manifeste par une stabilisation du niveau définitif ou provisoire selon l'épaisseur de l'aquifère et le temps.



L'aquifère de Krekda est caractérisée par une transmissivité de l'ordre de  $3.8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . On note que le débit d'exploitation est de 52 l/s, avec un calage de la pompe à la côte 100 m.

## 2. Forage El hodhna

L'essai de pompage a longue durée a été exécuté à l'aide d'une pompe immergée avec un débit constant de 201/s. la durée standard du pompage est 72 h avec l'observation de la remontée.

### 2.1 CALCULE DES PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES

#### ➤ La transmissivité

La transmissivité est calculé par la pente de la droite représentative (la courbe d'approximation logarithmique).( Fig.n°22)

La pente déterminée par l'accroissement des rabattements. Au cours d'un module logarithmique noté (c). La transmissivité et calculé par l'expression:

$$T = 0,183 \times Q / \Delta S \quad T = 9.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

- La transmissivité  $T = 9.5 \times 10^{-4}$  correspond à modérée transmissivité

-

#### ➤ Perméabilité

$$K = 7.9 \times 10^{-5}$$

- Selon la figure de classification de la perméabilité ;ce résultat indique que c'est semi – perméable .

## 3. FORAGE BENDJERAD

A La Base Des Résultats De L'essai Par Palier, Ils Ont Procédé A Un Pompage A Long Terme Avec Un Débit Moyen De 21 Liter Par Seconde A Une Cote De 160 Mètres (Hauteur De La Pompe Par Rapport Au Niveau De La Mer). La Durée Standard Du Pompage Est De Pompage Est Considéré Comme Un Puits D'observation En L'absence De Piézomètre. Le Régime Permanent A Eté Atteint Après 72 H De Pompage (Stabilisation), Avec Un Niveau D'eau Dynamique De 67,26 M.



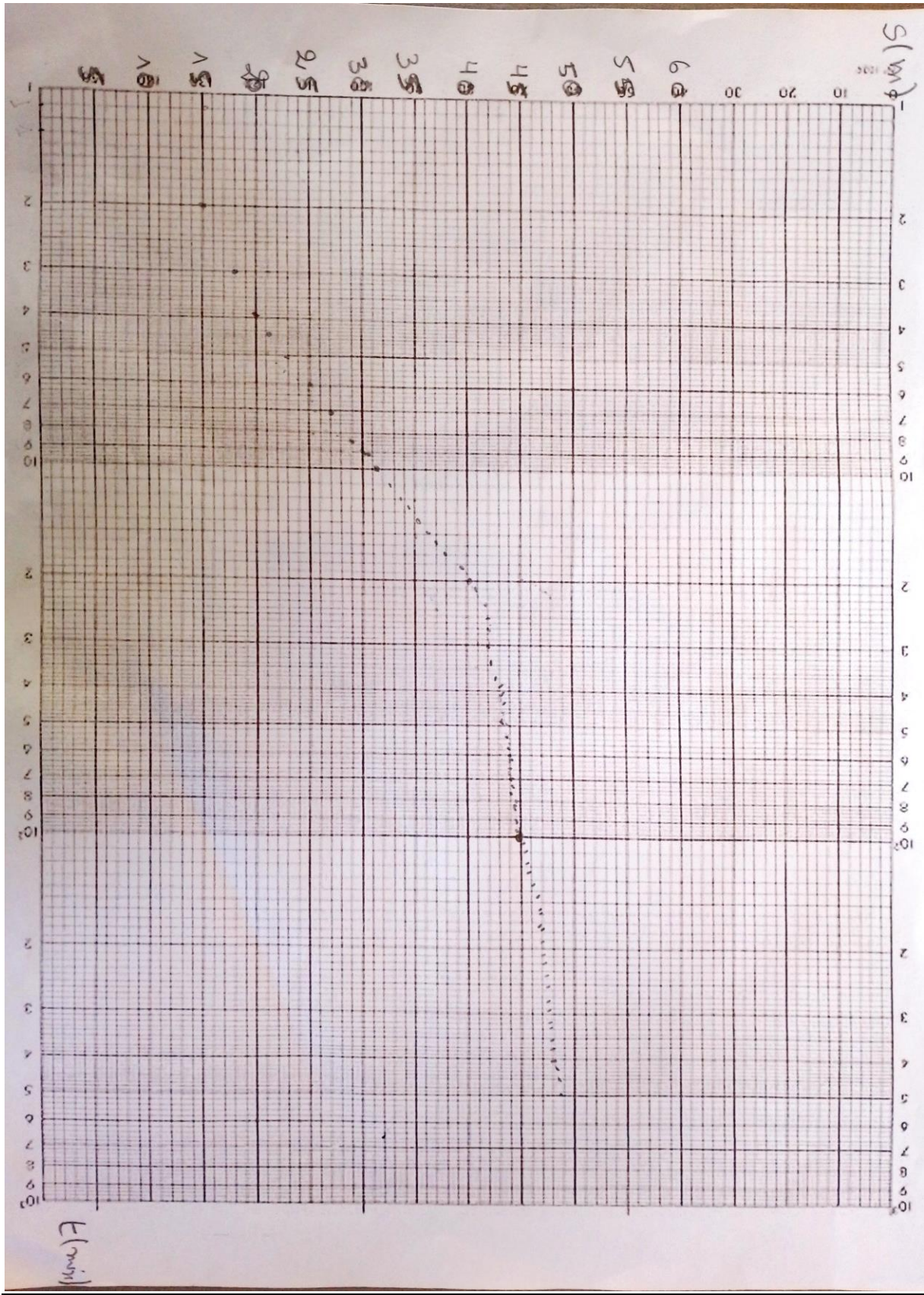


Fig.n°24: interprétation des essais de pompage de forage Bendjerad par la méthode de Jacob,

## 3.1 Calcule des paramètres hydrodynamiques

- **Transmissivité :** La transmissivité est calculé par la pente de la droite représentative (la courbe d'approximation logarithmique). Par la formule:

$$T = 1.3 \times 10^{-3}$$

- Selon les cas de calcification de transmissivité la résultante de  $T = 1.3 \times 10^{-3}$  indique une transmissivité élève,

- **Coefficient d'emmagasinement**  
 $C = 1.17 \times 10^{-2}$

- **Perméabilité :**  
 $K = 9.28 \times 10^{-5}$

- Selon la figure de classification de la perméabilité, ce résultat indique que c'est semi-perméable.

## 4. Forage Rehab

A la base des résultats de l'essai par palier, nous avons procédé au pompage de longue durée avec un débit moyenne de 28 l/s à (côte de calage de la pompe entre 72 et 82 m). La durée standard du pompage est de 72h (avec observation de la remontée). Le puits de pompage est considéré comme un puits d'observation faute d'inexistence de piézomètre. Le régime permanent a été atteint après 72 heures de pompage (stabilisation), avec un niveau dynamique de 29.15 m.

### 4.1 Calcule des paramètres hydrodynamiques

- **Transmissivité :**  
La transmissivité est calculé par la pente de la droite représentative (la courbe d'approximation logarithmique). (Fig.n°23)

par la formule :

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta s} \text{ Avec : } Q = 0.028 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ et } \Delta s = 1 \text{ m}$$



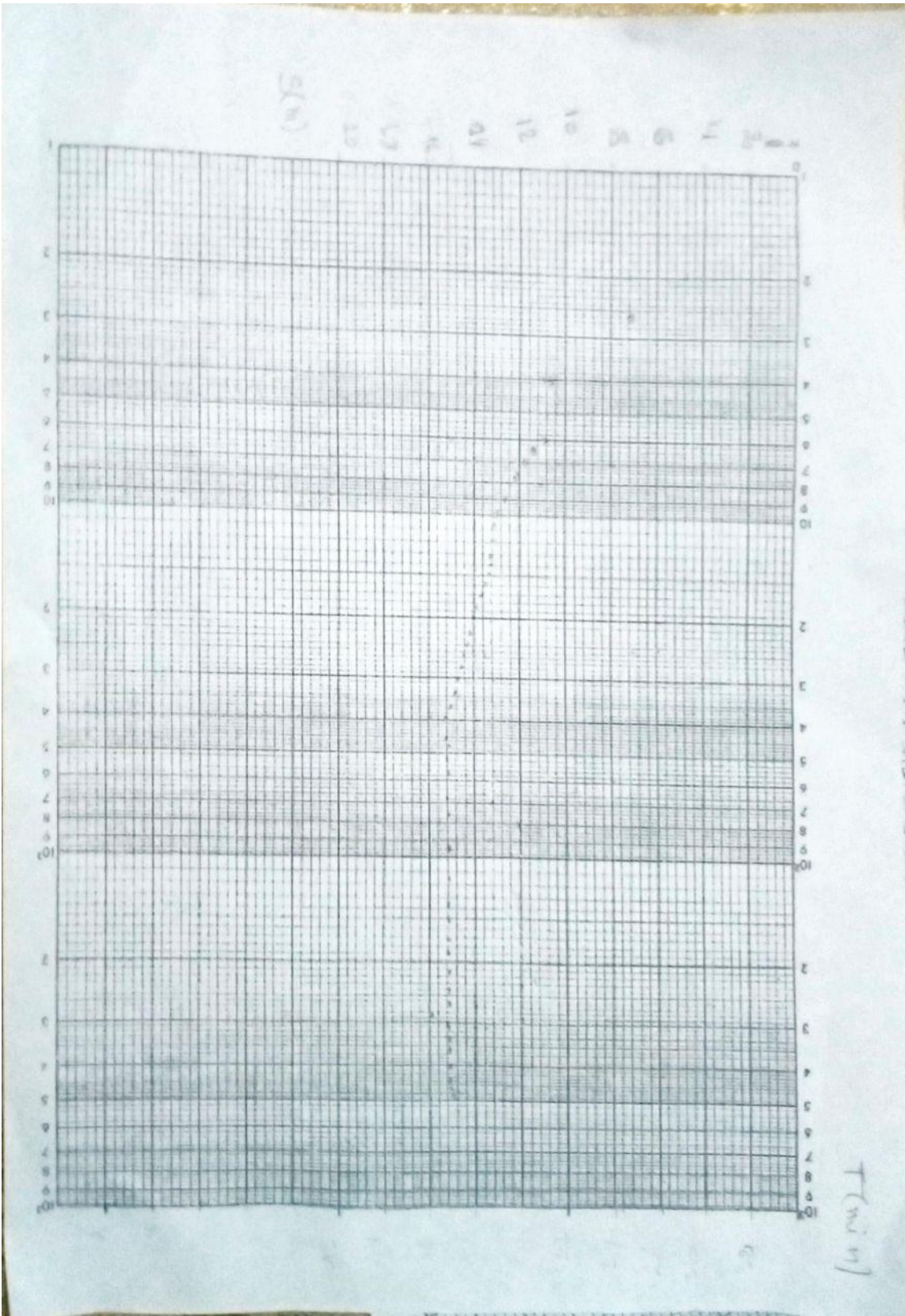


Fig.n°25 : interprétation des essais de pompage de forage Rehab par la méthode de Jacob

## 4.2 Calcul des paramètres hydrodynamiques

### ➤ **Transmissivité :**

La transmissivité est calculé par la pente de la droite représentative (la courbe d'approximation logarithmique).

par la formule :

$$T=0.183 \frac{Q}{\Delta s} \text{ Avec : } Q=0.028 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ et } \Delta s = 1 \text{ m}$$

Selon les cas de calcification de transmissivité la résultante de  $T= 04.6 \times 10^{-4}$  indique une transmissivité : **modérée transmissivité,**

### ➤ **Coefficient d'emménagement**

$$C=9.1 \times 10^{-3}$$

### ➤ **Perméabilité**

$$K=2.04 \times 10^{-5}$$

- Selon la figure de classification de la perméabilité, ce résultat indique que c'est semi-perméable.

### • **Interprétation :**

En pratique, il est rare que les conditions hydrogéologiques réelles soient assimilables sans restriction aux conditions idéales définies, ce qui limite beaucoup les possibilités d'application des théories et des méthodes connus tel que Thiés et Jacob.

Lorsque on commence à pomper, l'abaissement en tout point des forages réalisés, provoque un appel d'eau au sein des horizons aquifères, cet appel d'eau se manifeste par une stabilisation du niveau définitif ou provisoire selon l'épaisseur de l'aquifère et le temps.

L'aquifère de Rehab est caractérisée par une transmissivité de l'ordre de  $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

On note que le débit d'exploitation est de 28 l/s, avec un calage de la pompe entre la côte 72 et 82 m

## V. Hydrochimie

### 1. Forage krakda

#### 1.1 Analyses physico-chimique

Au cours du pompage de longue durée, nous avons échantillonné deux (2) litres d'eau aux dernières phases de pompage, pour analyse physico- chimique, auprès du laboratoire de l'ANRH, d'Oran.(Tableau.n°09)

#### ➤ Représentation et Vérification des résultats :

Nom	Ph	Teneur (meq/l)							
		Ca (meq/l)	Mg	Na	K	Cl	So4	Hco3	No3
F.krakda	7.68	5.08	2.59	1.9	0.18	1.12	6.6	2.1	0.03

*Tableau.n°09 :analyses des cations et des anions.*

Dans une analyse fondamentale le nombre des quantités en réaction des cations doit être égal à celui des anions. Le pourcentage d'erreur du à une inexactitude de l'analyse ou à la non détermination de certains éléments est donné par la relation en pourcentage:

$$\frac{\sum r \text{ cations} - \sum r \text{ anions}}{\sum r \text{ cations} + \sum r \text{ anions}} \times 100$$

**Donc e% =1,5 c'est un bon résultat**

#### 1.2 Formule caractéristique :

$r \text{ So4} > r \text{ Hco3} > r \text{ Cl} > r \text{ No3}$  Avec  $r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

Le report des quantités sur le diagramme logarithmique de Barcaloff E. montre que :

**C'est une eau à faciès chimique Sulfatée Calcique**

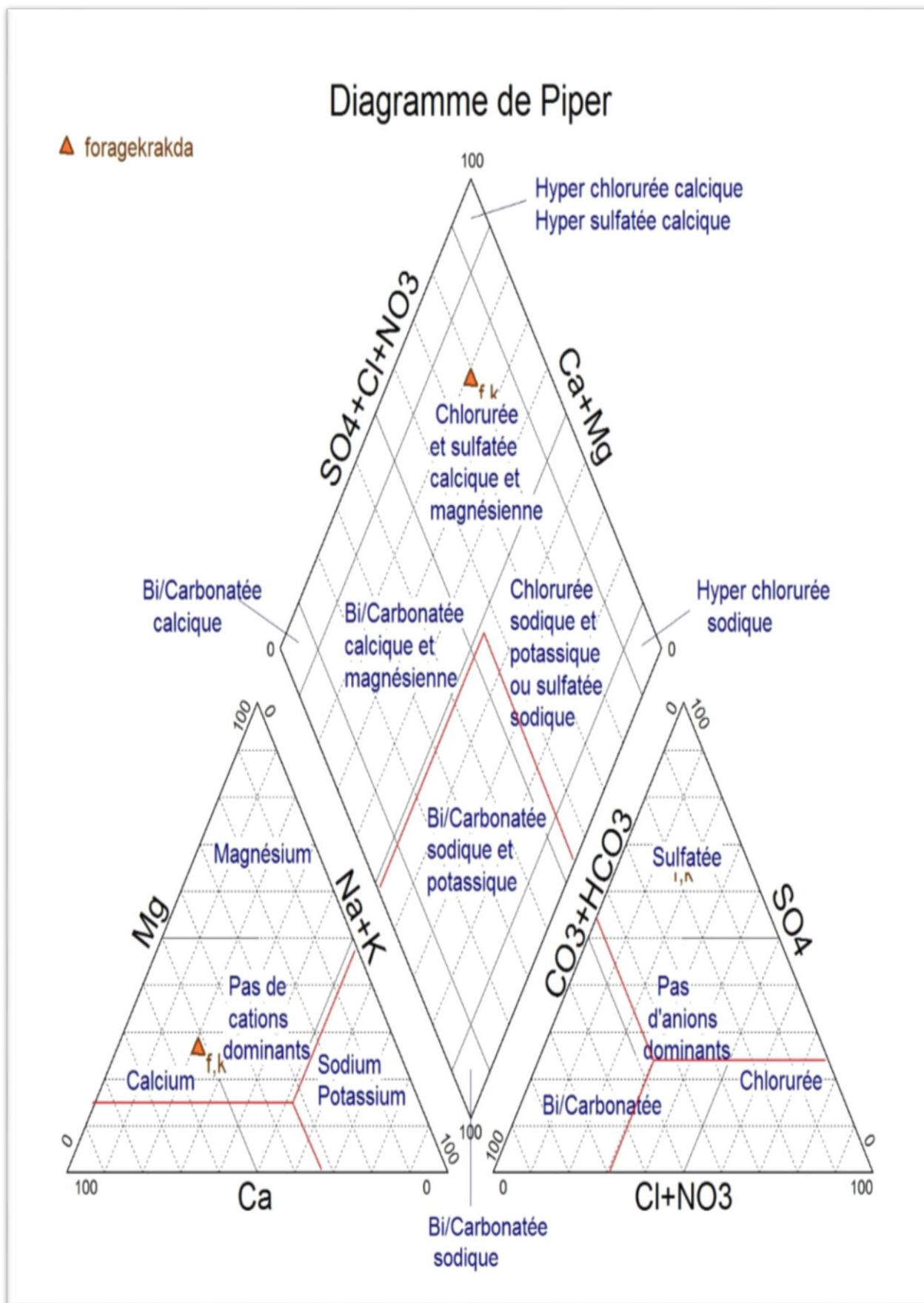
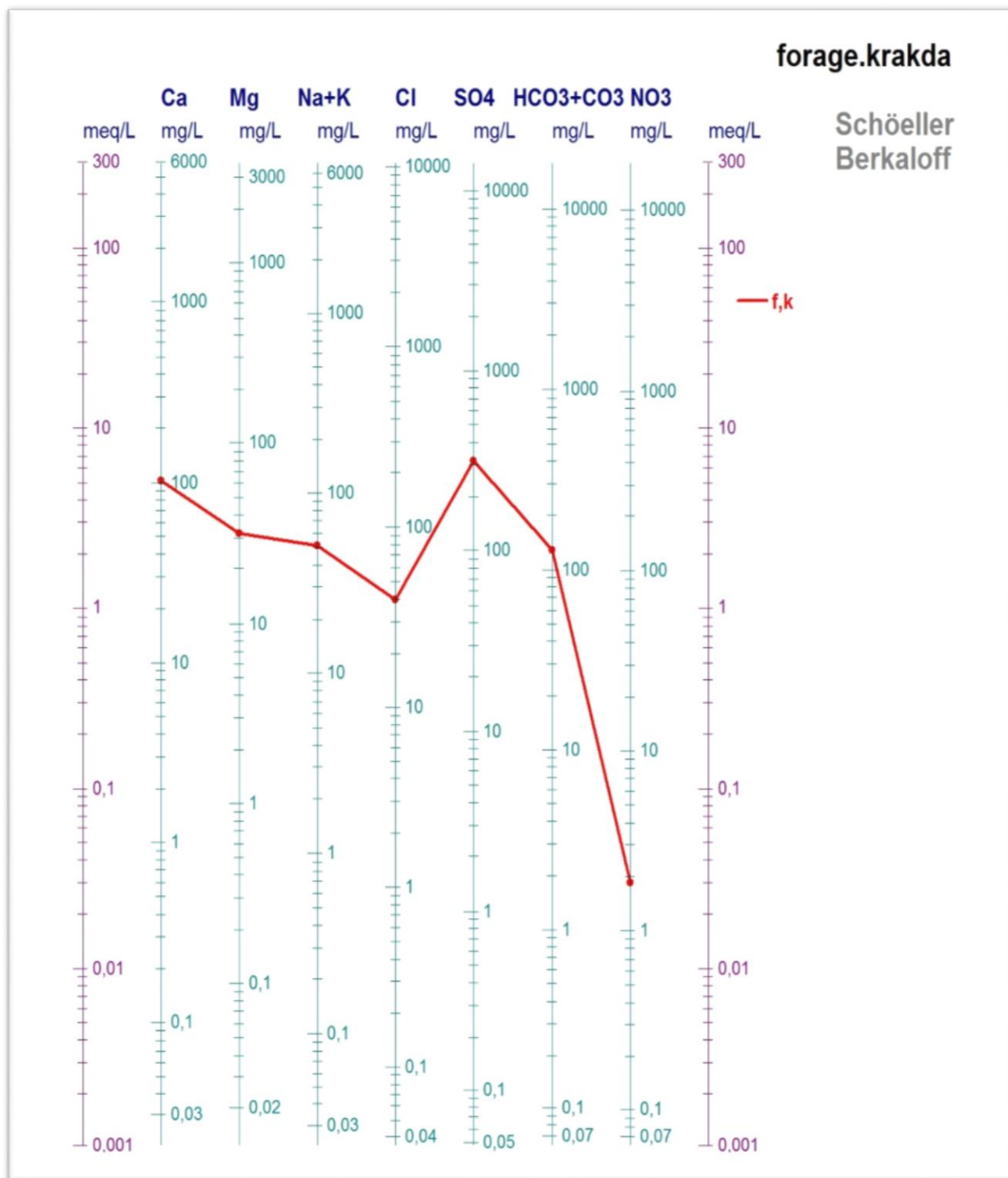


Fig.n° 26: Représentation graphique des faciès chimiques du forage krakda sur le diagramme de piper



*Fig.n° 27: Représentation graphique des faciès chimiques du forage krakda sur le diagramme de Schöeller Berkaloff*



## 2. Forage El hodhna

### 2.1 Analyses physico-chimique

Au cours du pompage de longue durée, nous avons échantillonné deux (2) litres d'eau aux dernières phases de pompage, pour analyse physico- chimique, auprès du laboratoire de l'ANRH, d'Oran.

#### ➤ Représentatio et vérification des résultats

Nom	C°	Teneur (meq/l)							
		Ca (meq/l)	Mg	Na	K	Cl	So4	Hco3	No3
Hodhna	20°	2.92	2.99	0.80	0.10	0.73	2.5	3.20	0.42

*Tableau.n°10 : résultats analyses des cations et des anions en meq/l*

Dans une analyse fondamentale le nombre des quantités en réaction des cations doit être égal à celui des anions. Le pourcentage d'erreur du à une inexactitude de l'analyse ou à la non détermination de certains éléments est donné par la relation en pourcentage :

$$\text{Pourcentage d'erreur } e \% = \frac{\sum r \text{ cations} - \sum r \text{ anions}}{\sum r \text{ cations} + \sum r \text{ anions}} \times 100$$

*Donc e% 0.5 c'est un résultat médicéen*

### 2.2 Formule caractéristique :

$$r \text{ Mg} > r \text{ Ca} > r \text{ Na} > r \text{ K} \quad \text{Avec} \quad r \text{ HCO}_3 > r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$$

Le report des quantités sur le diagramme logarithmique de Barcaloff E. montre que :

**C'est une eau à faciès chimique Bicarbonatée Magnésienne et calcique.**

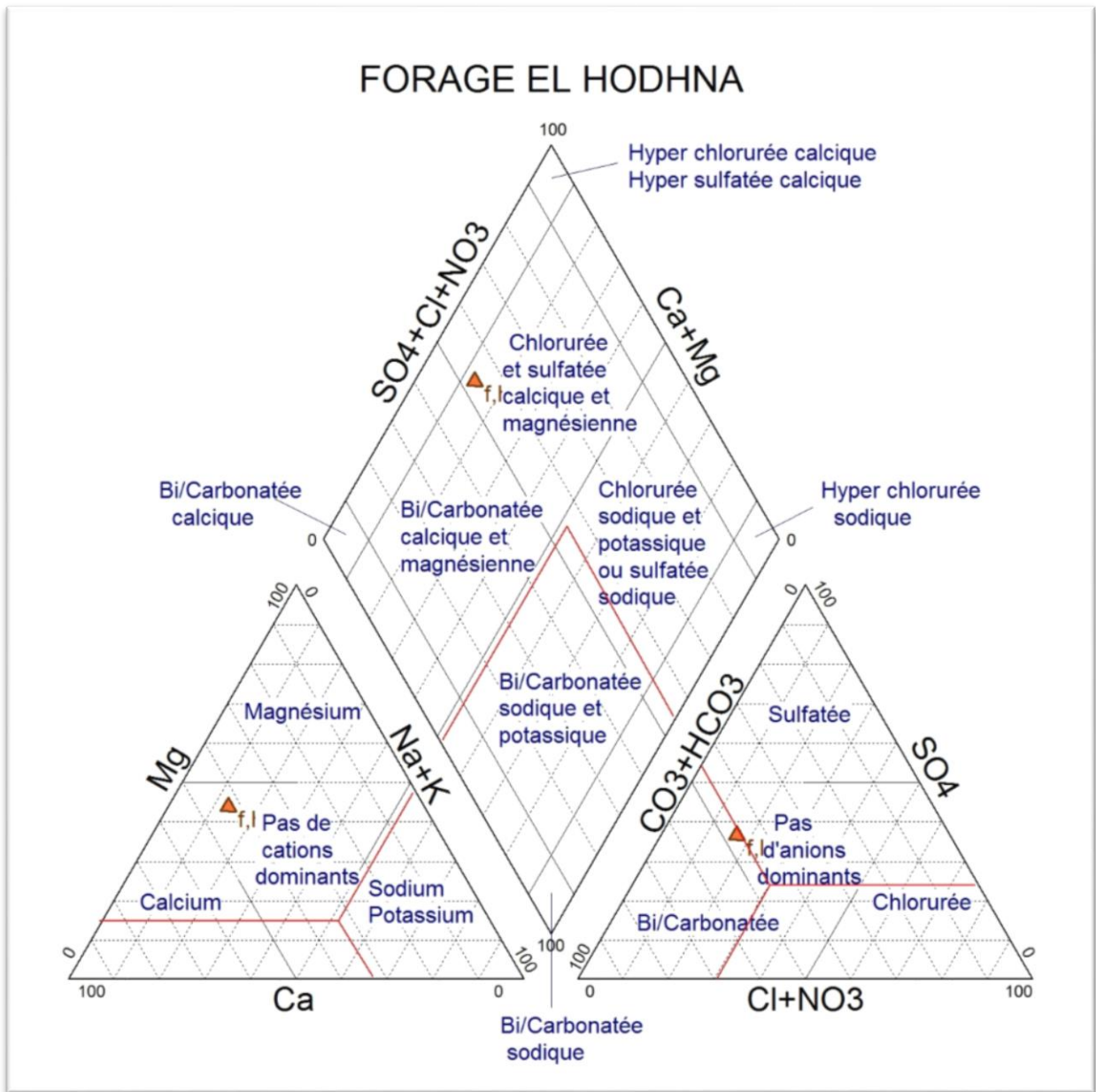


Fig.n° 28: Représentation graphique des faciès chimiques du forage El hodhna sur le diagramme de piper

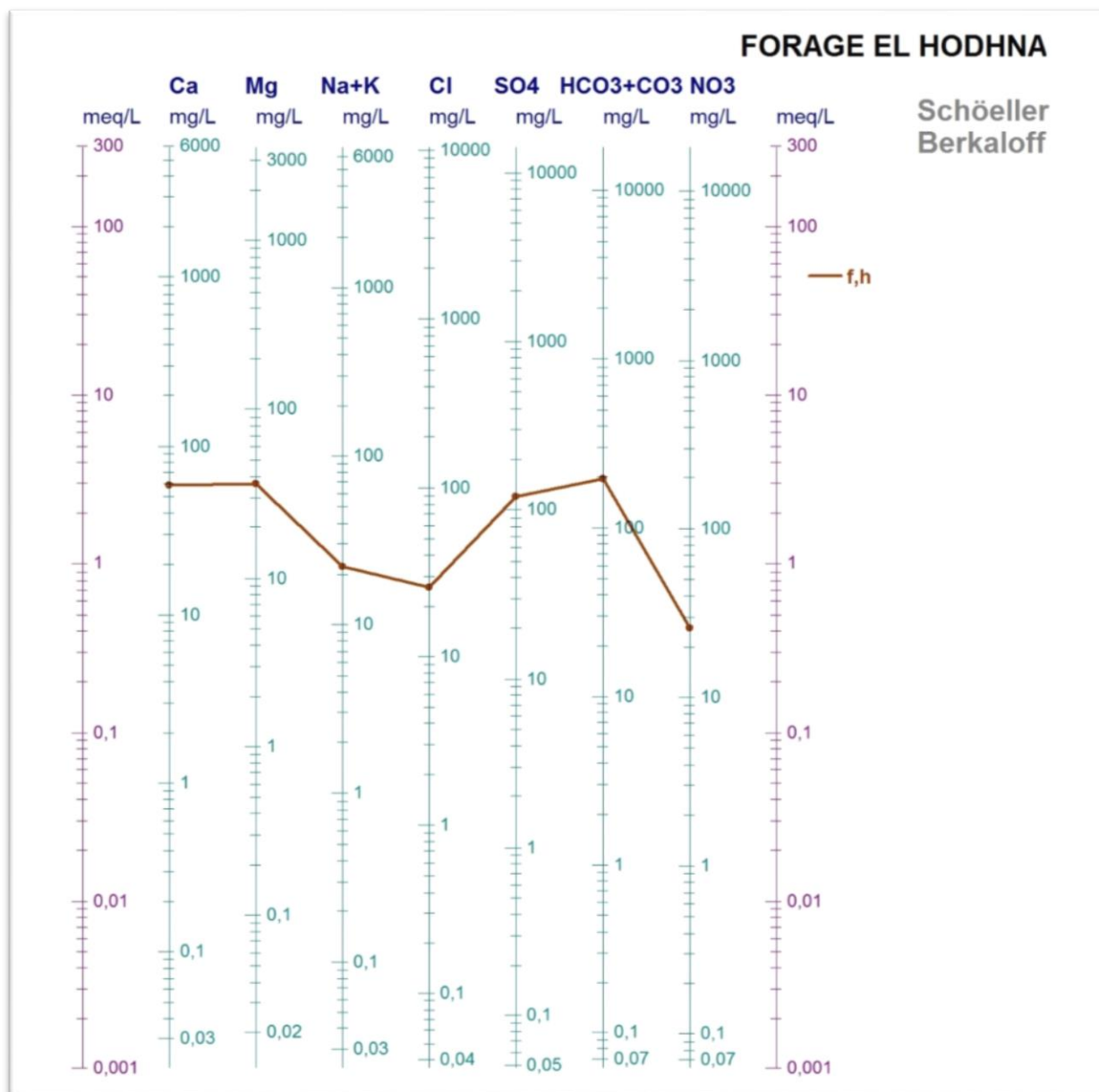


Fig.n° 29: Représentation graphique des faciès chimiques du forage el Hodhna sur le diagramme de Schöeller Berkaloff

### 3. Forage Bendjerad

#### 3.1 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Au cours du pompage de longue durée, nous avons échantillonné deux (2) litres d'eau aux dernières phases de pompage, pour analyse physico-chimique, auprès du laboratoire de l'ANRH, d'Oran. (Tableau.n°11)

# Caractérisation hydrogéologique des quatre sites de forages

nom	Teneurs (meq/l)								
	Ph	Ca	Mg	Na	K	Cl	So4	Hco3	No3
F,R	7,31	5,04	3,32	3,9	0,1	2,8	5,79	4,07	0,08

*Tableau.n°11: analyses des cations et des anions*

## 1. Vérification des résultats

Dans une analyse fondamentale le nombre des quantités en réaction des cations doit être égal à celui des anions. Le pourcentage d'erreur dû à une inexactitude de l'analyse à la non détermination de certains éléments est donné par la relation en pourcentage :

Pourcentage d'erreur

$$e\% = \frac{\sum r_{\text{catione}} - \sum r_{\text{anions}}}{\sum r_{\text{catione}} + \sum r_{\text{anions}}} \times 100$$

**Donc e%=1,5 c'est un bon résultat**

## 2. Formule caractéristique

$R_{\text{So4}} > r_{\text{Hco}} > 3r_{\text{CL}} > r_{\text{No3}}$  Avec  $r_{\text{Ca}} > r_{\text{Na}} > r_{\text{Mg}} > r_{\text{K}}$

Le rapport des quantités sur le diagramme logarithmique de Barcaloff, montre que :

*C'est une eau à faciès chimique sulfatée Calcique*

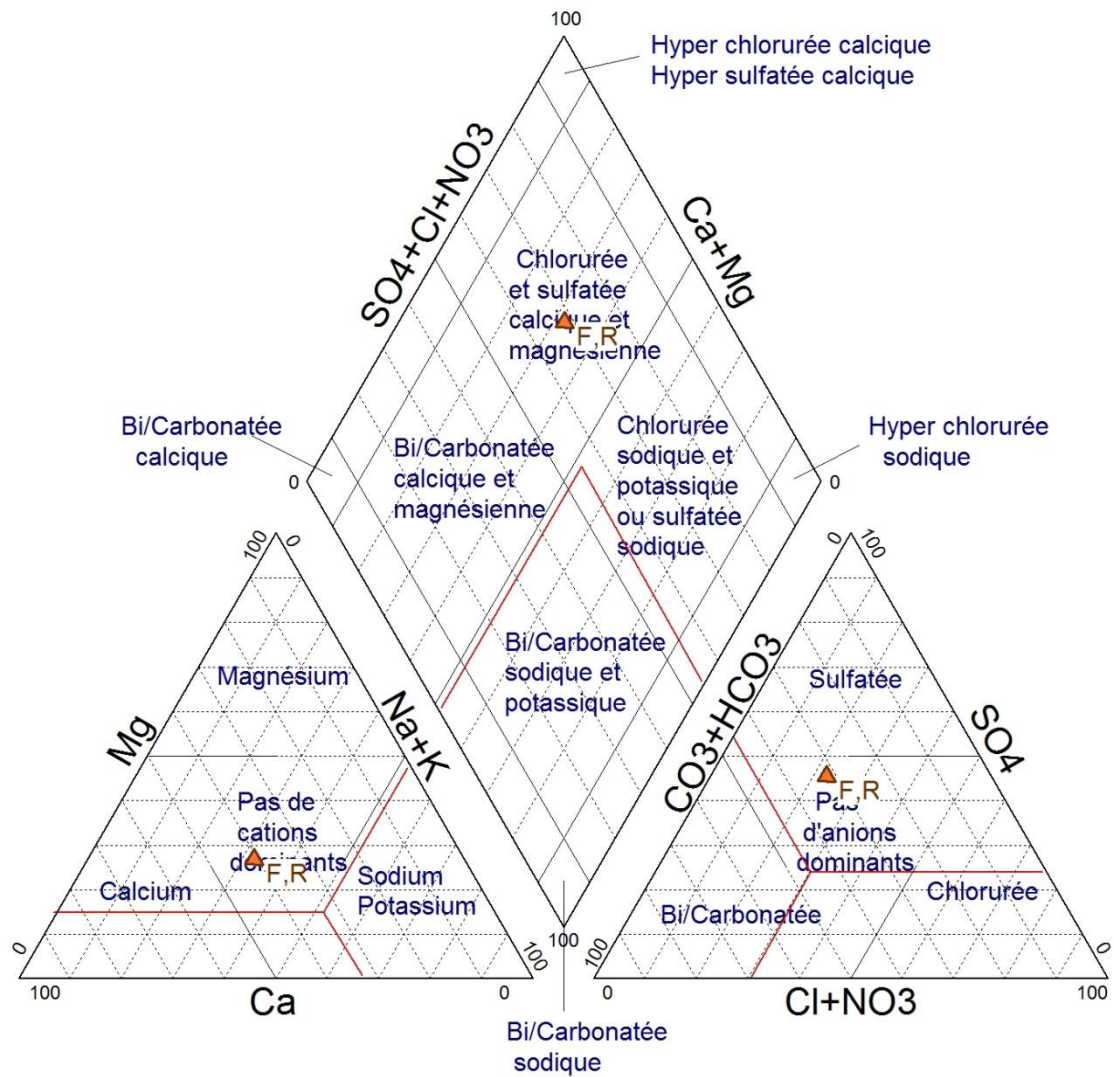
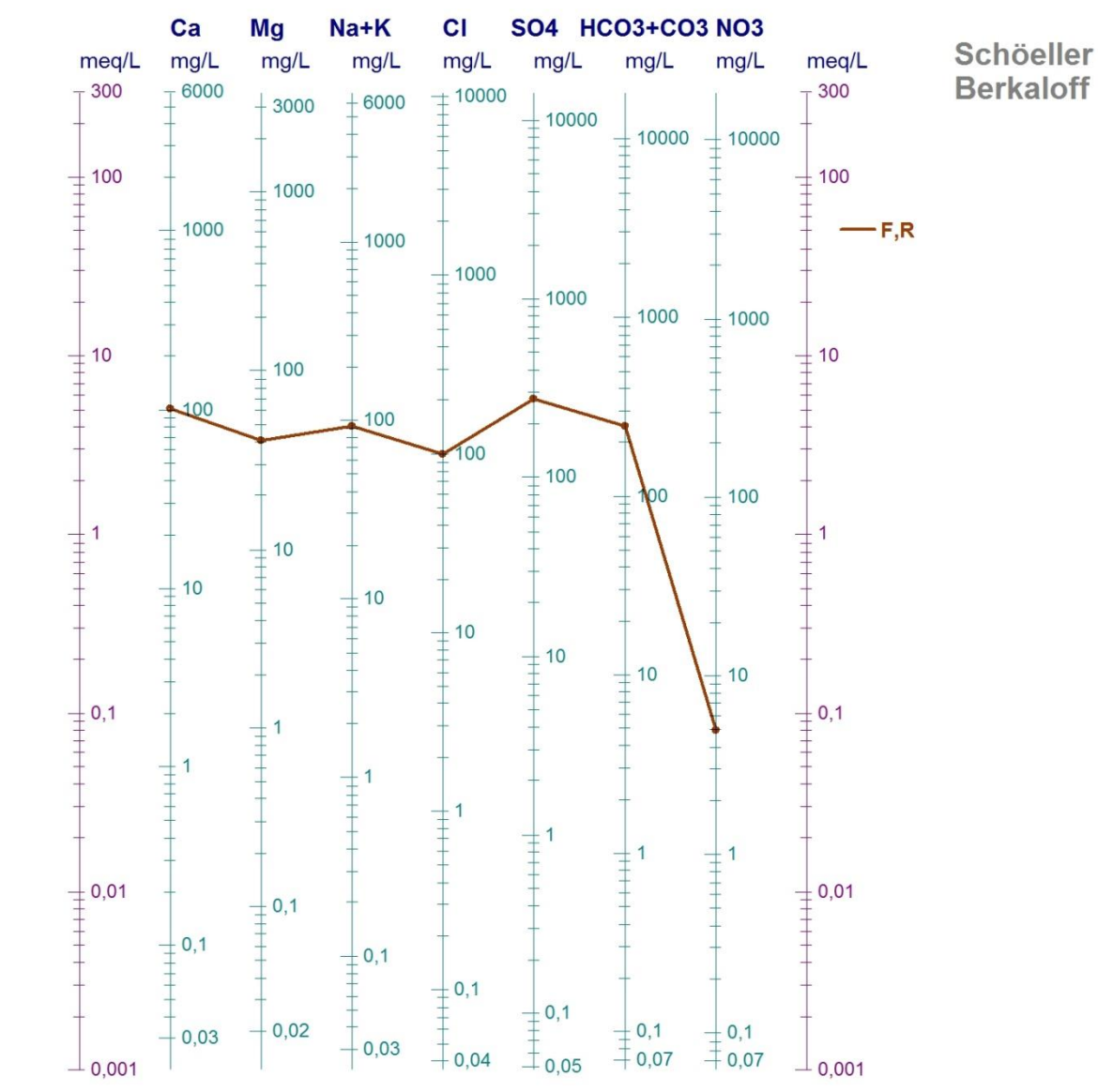


Fig.n° 30: Représentation graphique des faciès chimiques du forage bendjerad sur le diagramme de piper.



*Fig.n° 31: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Bendjerad sur le diagramme de Schöeller Berkaloff*



## 4. Forage Rehab

### 4.1 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Au cours du pompage de longue durée, nous avons échantillonné deux (2) litres d'eau aux dernières phases de pompage, pour analyse physico-chimique, auprès du laboratoire de l'ANRH, d'Oran

#### ➤ Représentation et vérification des résultats

		Teneur en (meq/l)							
Nom	Ph	Ca	Mg	Na	K	Cl	So4	Hco3	No3
F,R	7,31	5,04	3,32	3,9	0,1	2,8	5,79	4,07	0,08

*Tableau.n°12: analyses des cations et des anions.*

Dans une analyse fondamentale le nombre des quantités en réaction des cations doit être égal à celui des anions. Le pourcentage d'erreur dû à une inexactitude de l'analyse ou à la non détermination de certains éléments est donné par la relation en pourcentage :

$$\text{pourcentage d'erreur \%} = \frac{\sum r \text{ cations} - \sum r \text{ anions}}{\sum r \text{ cations} + \sum r \text{ anions}} \times 100$$

**Donc e% =1,5 c'est un bon résultat**

### 4.2 formule caractéristique

**r So<sub>4</sub> > r Hco<sub>3</sub> > r Cl > r No<sub>3</sub> avec r Ca > r Mg > r Na > r K**

Le rapport de quantités sur le diagramme logarithmique de Barcaloff E. montre que C'est une eau à

**Faciès chimique sulfaté Calcique**

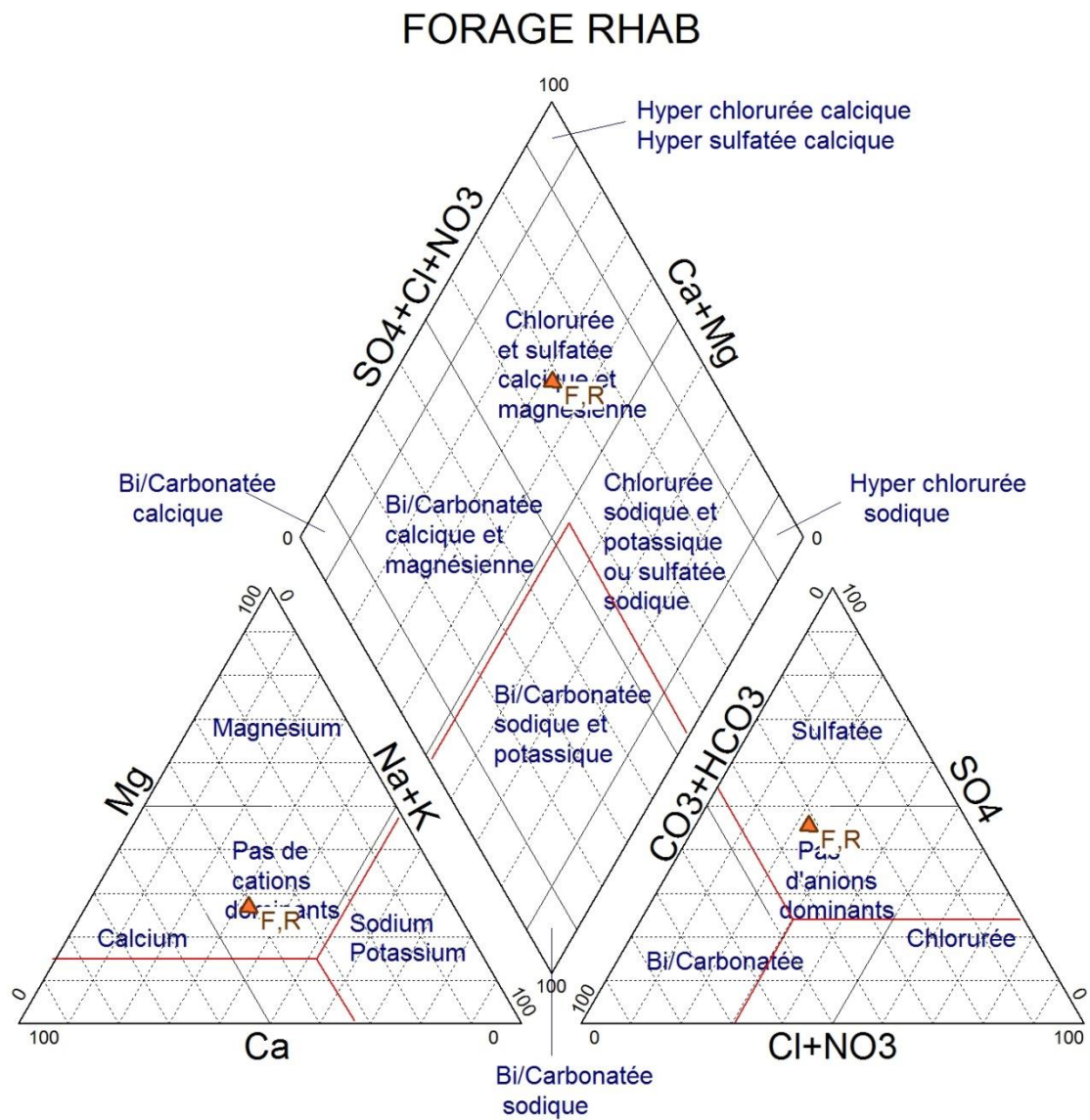
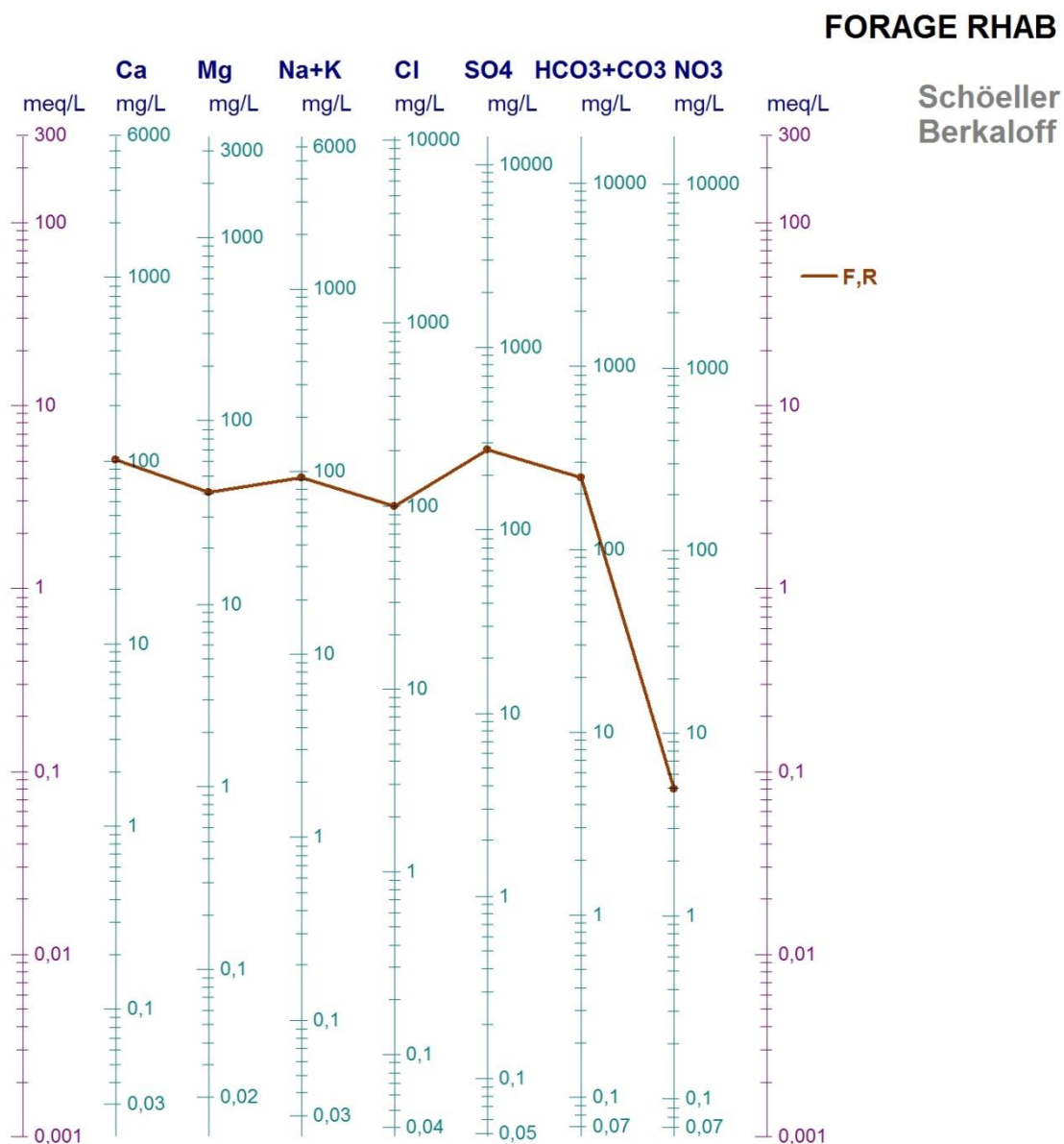


Fig.n° 32: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Rehab sur le diagramme de piper .



*Fig.n° 33: Représentation graphique des faciès chimiques du forage Rehab sur le diagramme de Schöeller Berkaloff*

# *Chapitre III*

---

Objectifs du Chapitre :

Présenter les caractéristiques géologiques des forages étudiés, en mettant en évidence les formations et les séries rencontrées.

Analyser les propriétés hydrogéologiques des aquifères, incluant la profondeur des forages, les débits obtenus et les programmes de tubage.

Évaluer les caractéristiques hydrodynamiques, telles que la transmissivité, la perméabilité et les niveaux dynamiques des aquifères.

Explorer les propriétés hydro chimiques, en se concentrant sur les faciès chimiques et les concentrations ioniques des eaux souterraines.

## 1. Cadre géologique

### 1.1 Forage Krekda

- Présence de séries gréseuses infra-Crétacé plus au moins complète allant du Valanginien jusqu'au Turonien.
- Les grès semblent être d'origine marine, avec une épaisseur de 500 à 600 m.
- Cette série du continental intercalaire, formée essentiellement de grès à sphéroïdes, se montre en plusieurs niveaux de nappes superposées constituant ainsi un système aquifère multicouche.

### 1.2 Forage El Hodhna

- Présence de formations triasiques, jurassiques, et crétacées.
- Cependant, particulièrement les niveaux gréseux de l'Albien semblent très prometteurs pour l'approvisionnement en eau souterraine, par rapport aux autres horizons aquifères qui offrent des débits manifestement faibles.

### 1.3 Forage Bendjerad:

- Les séries gréseuses infra-Crétacé se limitent essentiellement au Valanginien- Hauterivien.
- Cependant, on constate globalement des similarités avec le forage Krekda en termes de stratigraphie.

### 1.4 Forage Rehab:

- Les séries gréseuses infra-Crétacé, débutent du Valanginien jusqu'à l'Albien.
- Néanmoins, on peut admettre dans l'ensemble, certaines parentées avec les forages Krekda et Bendjerad.

### Comparativement:

- Les forages Krekda et Rehab partagent des similitudes géologiques dans les séries rencontrées.
- El Hodhna semble avoir une série géologique plus diversifiée, avec la présence en plus de formations triasiques.
- Les forages Krekda et Bendjerad présentent des contextes géologiques assez similaires, avec des séries gréseuses appartenant au Valanginien-Hauterivien.
- Enfin, distinctement, chaque forage présente ses caractéristiques géologiques singulières, mais il existe des similitudes particulièrement entre les forages Krekda, Bendjerad et Rehab ; tandis qu'El Hodhna semble avoir une disposition géologique légèrement différente.

## 2. Cadre hydrogéologique

### 2.1 Forage Krakda

- Aquifère : Nappe du continental intercalaire, aquifère multicouche, épais de plus de 1500 mètres.
- Méthode de forage : Méthode "rotary" avec circulation de boue bentonite.
- Test de nappe : Débit de 6 l/s à 240 m de profondeur avec une qualité d'eau médiocre (sulfatée).
- Programme de tubage : Utilisation d'un tubage 133/8 API pour barrer les eaux sulfatées.

### 2.2 Forage Hodhna

- Aquifère : Niveaux gréseux de l'Albien et dépôts alluvionnaires.
- Méthode de forage : Méthode rotary avec circulation de bentonite.
- Test de nappe : Débit de 1.6 l/s à 145 m de profondeur.
- Programme de tubage : Utilisation d'un tubage PVC, remplissage d'espace annulaire avec du gravier siliceux.

### 2.3 Forage Bendjerad

- Aquifère : Grès de l'Infra crétacé, aquifère multicouche épais (500 à 600 mètres).
- Méthode de forage : Méthode "rotary" avec circulation de boue bentonite.
- Test de nappe : Débit de 81 l/s à 145 m de profondeur.
- Programme de tubage : Installation de colonnes de captage 13 3/8" et 9 5/8" (API).

### 2.4 Forage Rehab

- Aquifère : Grès du Continental Intercalaire, aquifère multicouche.
- Méthode de forage : Méthode "rotary" avec circulation de boue bentonite.
- Test de nappe : Débit de 6 l/s à 140 m de profondeur.
- Programme de tubage : Installation de colonnes de captage 13 3/8" (API), utilisation de gravier additionnel calibré.

En termes de profondeur des formations traversées, le forage Krakda atteint la plus grande profondeur avec plus de 1500 mètres, tandis que les autres forages ont des profondeurs comprises entre 140 et 240 mètres. En ce qui concerne les débits d'exhaure lors des tests de nappe, le forage Bendjerad enregistre le débit le plus élevé avec 81 l/s, suivi de près par le



forage Krakda avec 6 l/s. Les autres forages montrent des débits plus faibles, autour de 1.6 à 6 l/s.

L'équipement technique des forages consistant en programmes de tubage (tubes peins et crépines, graviers additionnels) varient en fonction de la disposition des formations identifiées avec les différents types et tailles de colonnes de captage appropriées. Ces conditions reflètent les variations des caractéristiques hydrogéologiques des systèmes aquifères rencontrés et les exigences spécifiques d'approvisionnement en eau de chaque captage.

### 3. Cadre hydrodynamique :

#### 3.1 Forage de Krakda

- Essais par paliers
  - Débit critique non atteint, débit spécifique de  $3.91 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - Paliers avec un débit de 6 l/s à 52 l/s.
- Essai de longue durée : Débit moyen de 52 l/s. Le niveau dynamique est stabilisé à 30,36 m après 72 heures de pompage.
- Caractéristiques hydrodynamiques
  - Transmissivité :  $3.8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
  - Perméabilité :  $8.1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

Ces résultats de transmissivité et de perméabilité traduisent des valeurs bonnes. Ainsi, le système aquifère multicouche dispose d'une fonction conduite optimale.

#### 3.2 Forage d'El Hodhna

- Essais par paliers :
  - Niveau statique : 67 m.
  - Niveau dynamique : 93,53 m à un débit de 19 l/s.
- Essai de longue durée à débit constant de 20 l/s pendant 72 heures.
- Caractéristiques hydrodynamiques
  - Transmissivité :  $9.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  (modérée).
  - Perméabilité :  $7.9 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  (présence d'horizons semi-perméables).

##### a. Forage Bendjerad

- Essais par paliers :
  - Niveau statique : 43 m.
  - Niveau dynamique : 67,26 m à un débit de 21 l/s.
  - Essai de longue durée à débit constant de 21 l/s sur 72 heures de pompage.

# Comparaison

- Caractéristiques hydrodynamiques

- Transmissivité :  $1.3 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (élevée).
- Coefficient d'emménagement :  $1,7 \times 10^{-2}$
- Perméabilité :  $9.28 \times 10^{-5}$  m/s (présence de niveaux semi-perméables).

L'aquifère formé par la série gréseuse dispose d'une fonction double conductrice et capacitive appréciable.

### 3.4. Forage de Rehab

- Essais par paliers :

- Débit spécifique non atteint, débit de 6 l/s à 52 l/s.
- Niveau statique et dynamique non spécifiés.

- Essai de longue durée : Débit moyen non spécifié, niveau dynamique stabilisé non spécifié.

- Caractéristiques hydrodynamiques

- Transmissivité :  $4,6 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s
- Coefficient d'emménagement :  $9,1 \times 10^{-3}$
- Perméabilité :  $2 \times 10^{-5}$  m/s

Ces résultats montrent une capacité de stockage modérée et une fonction conduite de l'aquifère moyenne.

Forage	Débit (l/s)	Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)	Perméabilité (m <sup>2</sup> /s)	Niveau Dynamique (m)	Qualité de l'eau
Krakda	52	$3.8 \times 10^{-2}$ (élevée)	$8.1 \times 10^{-4}$ (élevée)	30,36	Médiocre
El Hodhna	20	$9.5 \times 10^{-4}$ (modérée)	$7.9 \times 10^{-5}$ (semi-perméable)	93,53	Médiocre
Bendjerad	21	$1.3 \times 10^{-3}$ (élevée)	$9.28 \times 10^{-5}$ (semi-perméable)	67,26	Médiocre
Rehab	6	$4.6 \times 10^{-4}$ (modérée)	$2.04 \times 10^{-5}$ (semi-perméable)	28.83	Médiocre

**Tableau.n°13 : tableau comparative des paramètres hydrodynamique des quatre chapitre Observations**

- **Krakda** montre une excellente transmissivité et perméabilité, indiquant une capacité élevée à transmettre l'eau, bien que la qualité de l'eau soit médiocre. Le système aquifère multicouche dispose d'une fonction conduite optimale.
- **El Hodhna** a une transmissivité modérée et équilibrée malgré la présence de niveaux semi-perméables.
- **Bendjerad** affiche une transmissivité et une perméabilité élevées, similaire à Krakda, avec un débit modéré et des niveaux dynamiques raisonnables.
- **Rehab** a une qualité d'eau similaire à Krakda, mais les détails sur les caractéristiques hydrodynamiques sont insuffisants pour une comparaison approfondie.

Nous pouvons en conclure que les forages de Krakda et Bendjerad se distinguent par leur double fonction capacitive et conductrice de circulation des eaux souterraines, tandis qu'El Hodhna et Rehab montrent des caractéristiques hydrodynamiques plus modérées à faibles.

Dans le cadre hydrochimique :

Pour comparer le contexte hydrochimique des quatre forages, nous allons examiner et comparer les analyses physico-chimiques des cations et des anions ainsi que les faciès chimiques dominants. Tableau des analyses physico-chimiques

## 4.3 Analyse des résultats

- **Forage Krakda**
  - pH : 7.68
  - Faciès chimique : Sulfatée Calcique
  - Caractéristiques dominantes :
    - Les ions sulfate (SO<sub>4</sub>) et calcium (Ca) dominant.
    - Présence notable de bicarbonates (HCO<sub>3</sub>) et magnésium (Mg).
    - L'erreur sur l'analyse est de 1.5% ,ce qui est acceptable.
- **Forage El Hodhna**
  - Température : 20°C (indique potentiellement des conditions géothermales)
  - Faciès chimique : Bicarbonatée Magnésienne
  - Caractéristiques dominantes :
    - Les bicarbonates (HCO<sub>3</sub>) et le magnésium (Mg) dominant.
    - Présence notable de calcium (Ca) et sulfates (SO<sub>4</sub>).
    - L'erreur de 0.5% est acceptable.

➤ **Forage Bendjerad**

- pH : 7.31
- Faciès chimique : sulfatée Calcique
- Caractéristiques dominantes :
  - Les sulfates (SO<sub>4</sub>) et le calcium (Ca) dominant.
  - Présence notable de magnésium (Mg) et bicarbonates (HCO<sub>3</sub>).
  - L'erreur est de 1.5%, les résultats de l'analyse sont acceptables.

➤ **Forage Rehab**

- pH : 7.31
- Faciès chimique : sulfatée Calcique (identique à Bendjerad)
- Caractéristiques dominantes :
  - Les sulfates (SO<sub>4</sub>) et le calcium (Ca) dominant.
  - Présence notable de magnésium (Mg) et bicarbonates (HCO<sub>3</sub>).
  - L'erreur est de 1.5%, les résultats des analyses sont acceptables.

#### 4.4 Comparaison des forages

➤ **Faciès chimiques**

- Les eaux du forage El Hodhna présentent un faciès bicarbonaté magnésien et calcique, bien distinct des autres ouvrages.
- Les eaux des Forages : Krakda, Bendjerad et Rehab enregistrent des faciès chimiques de type sulfaté calcique.

➤ **Concentrations ioniques**

- Krakda montre des niveaux plus élevés de sulfates.
- El Hodhna montre des concentrations plus marquées en ions HCO<sub>3</sub> et Mg.
- Bendjerad et Rehab ont des compositions chimiques très similaires, indiquant une possible communication hydraulique à la faveur de transfert d'eau à partir des horizons semi perméable ou des conditions géologiques comparable.

➤ **pH**

Tous les forages ont un pH légèrement alcalin (autour de 7.3 à 7.68), ce qui est typique des eaux souterraines neutres à légèrement alcalines.

➤ **Erreurs analytiques**

Les résultats des analyses physico-chimiques admettent des valeurs de balance ionique acceptable, comprise entre 0.5% à 1.5%.

# Comparaison

## Conclusion général :

Nous avons résumé l'ensemble des caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des différents sites de forages étudiés à l'aide d'un tableau récapitulatif. Celui-ci permet de représenter les résultats de l'étude des différentes conditions du système aquifère du continentale intercalaire capté à partir des sites d'ouvrages de :Krekda, El Hodhna, Bendjerad et Rehab centré dans la région d' El Bayadh .les informations hydrogéologique ainsi recueillies permettront une compréhension plus efficace des potentialité en eau souterrain de la région étudiées en vue d'une gestion durable des ressource en eau.

	Forage krakda	Forage Hodhna	Forage Bendjerad	Forage rehab
Contexte	- Système multicouche	- Système multicouche	- Système multicouche	- Système multicouche
Géologique	- Séries gréseuse infra-crétacé, Valenginien, hauterivien, aptien, albien.	- formation triasique, jurassique, Crétacée.	- Séries gréseuse infra-crétacé, Valenginien, hauterivien.	- Séries gréseuse infra-crétacé, Valenginien, hauterivien, aptien, albien.
et hydro géologique	- Les grès infra-Crétacé semblent être d'origine marine.	- Les niveaux gréseux de l'Albien semblent prometteurs pour l'approvisionnement en eau.	- Les grès infra-Crétacé semblent être d'origine marine.	- Les grès infra-Crétacé semblent être d'origine marine.
	- Nappe intercalaire	- dépôts alluvionnaires.	- Méthode de forage Rotary avec circulation de bout bentonite.	-continentale intercalaire.
	- Méthode de forage Rotary avec circulation de bout bentonite.	- Méthode de forage Rotary avec circulation de bout bentonite.		- Méthode de forage Rotary avec circulation de bout bentonite.

## Comparaison

<p>Cotexte</p> <p>Hydro-</p> <p>Dynamique</p>	<p>- Débit : 6 l/s à 240 m de profondeur avec une qualité d'eau médiocre (sulfatée).</p> <p>- Débit critique non atteint.</p> <p>-débit spécifique de <math>3.91 \times 10^3</math> m<sup>3</sup>/s.</p> <p>-Paliers avec un débit de 6 l/s à 52 l/s.</p> <p>Débit moyen de 52 l/s, niveau dynamique stabilisé à 30,36 m après 72 heures.</p> <p>- transmissivité</p> <p><math>T=3.8.10^{-2}</math></p> <p>=transmissivité élevée</p> <p>-perméabilité</p> <p><math>K=8.1.10^{-4}</math></p> <p>=nappe semi perméable.</p>	<p>-Débit : 1.6 l/s après une heure et demie avec un compresseur de 27 bars.</p> <p>-Niveau statique : 67 m.</p> <p>-Niveau dynamique : 93,53 m à un débit de 19 l/s.</p> <p>-Débit constant de 20 l/s sur 72 heures</p> <p>- transmissivité</p> <p><math>T=9.9.10^{-4}</math></p> <p>=transmissivité modérée</p> <p>-perméabilité</p> <p><math>K=7.9.10^{-5}</math></p> <p>=nappe semi perméable.</p>	<p>-Débit : 81 l/s à 145 m de profondeur avec un compresseur de 16 bars.</p> <p>-Niveau statique : 43 m.</p> <p>-Niveau dynamique : 67,26 m à un débit de 21 l/s.</p> <p>- Débit moyen de 21 l/s sur 72 heures</p> <p>- transmissivité</p> <p><math>T=1.3.10^{-3}</math></p> <p>=transmissivité élevée</p> <p>-C= <math>1.17.10^{-2}</math></p> <p>-perméabilité</p> <p><math>K=9.28.10^{-5}</math></p> <p>=nappe semi perméable.</p>	<p>-Débit : 6 l/s à 240 m de profondeur avec une qualité d'eau médiocre (sulfatée).</p> <p>-Débit spécifique non atteint, débit de 6 l/s à 52 l/s.</p> <p>-Niveau statique et dynamique non spécifiés.</p> <p>- Débit moyen non spécifié, niveau dynamique stabilisé non spécifié.</p> <p>- transmissivité</p> <p><math>T=4.6.10^{-4}</math></p> <p>=transmissivité modérée</p> <p>-C=<math>9.1.10^{-3}</math></p> <p>-perméabilité</p> <p><math>K=2.04.10^{-5}</math></p> <p>=nappe semi perméable.</p>
<p>Contexte</p> <p>hydro-</p> <p>chimique</p>	<p>-facies chimique sulfaté calcique</p> <p>-Ph=7.68</p> <p>-les ions sulfatent et calcium dominant</p> <p>-erreur=1.5%</p> <p>=acceptable</p>	<p>Facies chimique bicarbonatée magnésienne</p> <p>- les bicarbonates et le magnésium dominant</p> <p>-erreur=0.5%</p> <p>=acceptable</p>	<p>Facies chimique sulfaté calcique</p> <p>-Ph=7.31</p> <p>-les ions sulfatent et calcium dominant</p> <p>-erreur=1.5%</p> <p>=acceptable</p>	<p>Facies chimique sulfaté calcique</p> <p>-Ph=7.31</p> <p>-les ions sulfatent et calcium dominant</p> <p>-erreur=1.5%</p> <p>=acceptable</p>



*Tableau.n°15: tableau comparative des contextes géologique, hydrogéologique, hydrodynamique et hydro chimique des quatre forages*

## Bibliographie

- 1/ Les passeport des forages étudiée qui nous ont été fournis par la d'érection d'hydraulique d'El Bayadh
- 2/ <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/10883/1/memoire.pdf>
- 3/ <https://journals.openedition.org/vertigo/8821?lang=pt>
- 4/ <https://ds.univ-oran2.dz:8443/jspui/bitstream/123456789/6610/1/etude%20hydrogeologique.pdf>
- 5/ <https://asal.dz/?p=604>
- 6/ <https://ds.univ-oran2.dz:8443/bitstream/123456789/6871/1/moussa%20ahmed.pdf.pdf>
- 7/ [http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/14953/1/saouli\\_abdallah.pdf](http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/14953/1/saouli_abdallah.pdf)
- 8/ <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/24549/1/Benaradj%20Abdelkrim.pdf>
- 9 /[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FCarte-geologique-de-lAlgerie-Dapres-la-carte-geologique-internationale-de-lAfrique\\_fig1\\_371851576&psig=AOvVaw1ueHXvUOtR05ylyNQo6mQY&ust=1720126331177000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKD-iI\\_gi4cDFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FCarte-geologique-de-lAlgerie-Dapres-la-carte-geologique-internationale-de-lAfrique_fig1_371851576&psig=AOvVaw1ueHXvUOtR05ylyNQo6mQY&ust=1720126331177000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCKD-iI_gi4cDFQAAAAAdAAAAABAE)