

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté des sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement Hydro-Agricole

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences
Agronomiques

Thème :

*Contribution à l'étude hydrogéologique des horizons
aquifères de la vallée de l'Oued Guebli, Wilaya de
Skikda.*

Présenté par :

- ALLALOU Raouia
- BRAHIMI Douniazed
- GOUIEZ Rayane
- KANTAR Chahinez

Membre de Jury:

SADOUNE Abdelaziz	(MAA)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
BOUCENNA Nawal	(MAA)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
KHELFAOUI Hakim	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2023-2024

Résumé

L'Oued Guebli qui draine une superficie de 993km² de son bassin versant constitue le long de son étendue par leur important débit et leur transport solide un agent crucial de la formation et de l'alimentation des horizons aquifère de sa vallée et ses terrasses alluviales. Les anciennes études géophysiques dans la région montraient l'existence de deux types de nappe ; la première représentée par la nappe superficielle et profonde de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden au sud, alors que la deuxième consiste à la nappe superficielle de la plaine de Collo au nord. La présente étude contribue effectivement à l'étude des aquifères superficielles uniquement de la plaine de Tamalous et du Collo suite aux données recueillies. Basée sur les colonnes stratigraphiques de six forages implantés dans la vallée de cet Oued depuis les agglomérations de Souk Tleta, Tamalous, Kerker, PK13 et Teleza on a pu tracer quatre profils hydrogéologiques ; dont deux dans la nappe superficielle de la plaine de Tamalous qui avaient montré l'existence d'un horizon aquifère de sable et gravier de 7 à 12m d'épaisseur pour une nappe semi-libre qui a un toit limoneux et un mur marno-argileux, en plus de deux autres coupes dans la nappe de la plaine de Collo, qui avaient montré que l'horizon aquifère est toujours la nappe du sable et gravier de 15 à 18m d'épaisseur du Quaternaire, mais à cet endroit elle devient captive suite à son toit argileux et son mur marneux. Ces deux nappes de superficie limitée sont alimentées principalement par les eaux infiltrées de ruissellements. L'étude hydrochimique des eaux de la nappe superficielle du sable et gravier de Tamalous et du Collo, montre que ses eaux sont de bonne qualité physicochimique pour l'utilisation en irrigation et en eau potable.

Mots-clés : *Vallée, Nappe, Tamalous, Collo, Oued Guebli, Qualité des eaux.*

Abstract

The Oued Guebli which drains an area of 993km² of its watershed constitutes along its extent by their significant flow and their solid transport a crucial agent in the formation and feeding of the aquifer horizons of its valley and its alluvial terraces. Old geophysical studies in the region showed the existence of two types of water table; the first represented by the superficial and deep aquifer of the Tamalous-Bin El Ouiden plain to the south, while the second consists of the superficial aquifer of the Collo plain to the north. This study effectively contributes to the study of superficial aquifers only in the Tamalous and Collo plains following the data collected. Based on the stratigraphic columns of six boreholes located in the valley of this Oued from the agglomerations of Souk Tleta, Tamalous, Kerker, PK13 and Teleza, four hydrogeological profiles were drawn; including two in the surface aquifer of the Tamalous plain which had shown the existence of an aquifer horizon of sand and gravel with 7 to 12m thick for a semi-unconfined aquifer which has a silty roof and a marl-clay substratum, in addition to two other profiles in the aquifer of the Collo plain, which showed that the aquifer horizon is still the sand and gravel aquifer with 15 to 18m thick from the Quaternary, but at this location it becomes confined aquifer following its clay roof and marly walls. These two aquifers of limited surface area are fed mainly by water infiltrated by runoff. The hydrochemical study of the surface water table of sand and gravel of Tamalous and Collo shows that its waters are of good physicochemical quality for use in irrigation and drinking water.

Keywords: Valley, Water table, Tamalous, Collo, Oued Guebli, Water quality.

ملخص

يشكل وادي قبلي، الذي يصرف مساحة 993 كيلومترا مربعا من مستجمعاته المائية، على طول امتداده، من خلال تدفقه الكبير ونقله للمواد الصلبة عاملا حاسما في تكوين وتغذية آفاق الخزان الجوفي لهذا الوادي ومدرجاته الغربية. أظهرت الدراسات الجيوفيزيائية القديمة في المنطقة وجود نوعين من طبقات المياه الجوفية؛ الأولى تتمثل في الطبقة الجوفية العلوية والعميقة لسهل تمالوس بن الويدان جنوبا، بينما تتكون الثانية من الطبقة الجوفية العلوية فقط لسهل القل شمالا. تساهم هذه الدراسة بشكل فعال في دراسة المياه الجوفية للطبقات العلوية فقط في سهول تمالوس والقل حسب البيانات التي تم جمعها. استنادا إلى الأعمدة الطبقيّة لستة آبار تقع في مجرى هذا الوادي انطلاقا من تجمعات سوق الثلاثاء، تمالوس، PK13 , كركرة، وتلزة، يمكن تتبع أربعة ملامح هيدروجيولوجية؛ منها مقطعان هيدروجيولوجيان في الطبقة الجوفية العلوية لسهل تمالوس والذين أظهرنا وجود طبقة جوفية من الرمل والحصى بسماكة 7 إلى 12 متر لطبقة مياه جوفية شبه حرة لها سقف غريني وجدار من الطين المارلي، بالإضافة إلى مقطعين آخرين في طبقة المياه الجوفية العلوية لسهل القل، والتي أظهرت أن أفق طبقة المياه الجوفية هو نفسه من الرمل والحصى بسماك 15 إلى 18 متراً من الزمن الجيولوجي الرابع، ولكنها في هذا الموقع تصبح طبقة مياه مغلقة ذات سطح طيني وجدار مارلي. يتم تغذية هاذين الخزائين ذوا المساحة السطحية المحدودة بشكل رئيسي بمياه الأمطار النافذة عبر طبقات الأرض انطلاقا من السيول السطحية. أظهرت الدراسة الهيدروكيميائية لمياه طبقة الرمل والحصى الجوفية في سهل تمالوس والقل أن مياههما ذات نوعية فيزيائية وكيميائية جيدة للاستخدام في الري و الشرب.

الكلمات المفتاحية: مجرى الوادي، المياه الجوفية، تمالوس، القل، وادي قبلي، نوعية المياه.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons tout d'abord à remercier Allah pour nous avoir donné la force et le courage pour pouvoir réaliser ce travail.

Nous tenons à adresser nos plus sincères, nos vifs remerciements, notre respect et notre reconnaissance à notre encadreur docteur **KHELFAOUI Hakim**, qui a accepté de diriger ce travail grâce à ses idées, ses corrections, son soutien, ses conseils et ses critiques tout au long de la réalisation de ce travail.

Nos s'sincères remerciements aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner et évaluer au bien notre travail monsieur **SADOUNE Abdelaziz** président de jury et Mme. **BOUCENNA Nawal** notre examinatrice.

Nous tenons également à exprimer notre remerciement à tous nos enseignants du Département des Sciences Agronomiques, université 20 Aout 1955, Skikda, et à tous nos amies et nos collègues pour leurs soutiens et leurs conseils.

Nos vifs remerciements, à tous ceux qui nous a aidé de près ou de loin à faire cetravail.

MERCI

DÉDICACE

Je remercie en premier Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la force et le courage de mener à terme ce travail .je présente fièrement et joyeusement cet humble travail :

Je décide ce travail a :

Mon père ABD ELMADJID et ma trop chère mère FATIMA pour leurs sacrifices et encouragements durant toute la période de mes études.

**Mes sœurs Kaoula, Rokia, Chaima et Kawter et mes frères fares et Abdelmomen et mes chères petites Mohamed Djoud et Siredj Eddine.*

Comme je le dédié à mes meilleur amis Houyam, Samar, Chamsse.

A tous ceux qui ont eu un impact sur Viet tous ceux que mon cœur a aimés et oubliés par Ma plume.

RAOUIA

Dédicace

En premier lieu nous remercions ALLAH de m'avoir donné la force, le courage et la patience afin de pouvoir terminer ce modeste travail, qui est le fruit des années d'étude. Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à mon père AHMED.

A la source de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon cœur maman NEDJMA pour son amour, et qu'elle m'a toujours accordé en témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance ses sacrifices et sa tendresse.

A mon soutien moral et source de joie et de bonheur mon mari HOCINE pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.

A ma petite et a ma fille bien-aimée ILINE.

A mes frères MOUAD et HAITEM pour l'amour qu'ils me réservent.

Comme je le dédie à mes meilleur amis IMANE et AYA.

RAYANE

اهداء

اتقدم بالشكر لكل من ساندني من أساتذة خلال مسيرتي الدراسية وكل
التهانبي والاماني لكل العائلة من ابي وام وأخوة وبانص الاحترام والتقدير
لسندي ورفيقي وروحي في حياتي خطيبي م.م.

دنبا زاد

اهداء

لم تكن الرحلة قصيرة ولا .بسم الله خالقي وميسر اموري لك الحمد والامتنان
الطريق كان مدفوناً بالتسميلات لكنني فعلتها، اهدي هذا النجاح الى نفسي
الطموحة اولاً الى من وهبوني طموحي في الحياة والامل احساناً ووفاء لهما والدي
(مصطفى) ووالدتي (سمام) وامي الثانية جدتي (ماما نوارة) وجدتي (بابا علي)
الحمد لله على نعمة وجودهم في حياتي، ولا أنسى مصدر قوتي خطيبي محسن
والى لؤلؤي الصغيرين عبد الواجد وعبد الماجد وكل من كان عوناً وسنداً لي
واخيراً:

تعلموا اكتشفوا فالعالم مليء بالفرض.

شهادت

SOMMAIRE

	<i>Page</i>
Résumé.....	I
Abstract.....	II
ملخص.....	III
Remerciements	IV
Dédicace	V
Sommaire	
Liste des figures	XI
Liste des tableaux	XIII
Liste des abréviations	XIV
Introduction générale	1

Partie I : Synthèse bibliographique et présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique.....	3
2. La couvertures végétale.....	3
3. Le climat.....	5
4. réseaux hydrographique du bassin versant de l'Oued Guebli.....	5
5. Géologie regional.....	7
5.1.Le socle kabyle.....	7
5.2.La dorsale kabyle.....	7
5.3.Le domaine des flyschs.....	7
5.4. Les séries telliennes.....	7
5.5. L'Oligomiocène Kabyle.....	8
5.6. Les roches éruptives.....	8
5.7.Le Quaternaire.....	8
6. Aspect socioéconomiques de la zone d'étude.....	9

Partie II : Pratique

Chapitre 01 : Matériels et Méthodes

1. Méthodologie générale.....	11
1.1. Etude hydrogéologique.....	11
1.2. Etude hydrochimique.....	11
1.2.1. Echantillonnage.....	13
1.2.2. Méthodes d'analyse	13
1.2.2.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).....	13
1.2.2.2. Détermination de la conductivité électrique (CE).....	14
1.2.2.3. Détermination de turbidité.....	14
1.2.2.4. Détermination du TA et TAC.....	15
1.2.2.5. Détermination du chlorure (Cl ⁻).....	16
1.2.2.6. Détermination de la dureté totale (THt).....	16
1.2.2.7. Déterminations du nitrite (NO ₂ ⁻).....	17
1.2.2.8. Détermination des sulfates (SO ₄ ²⁻).....	18
1.2.2.9. Détermination du calcium (Ca ²⁺).....	18
1.2.2.10. Détermination du fer total.....	19
1.2.2.11. Détermination de magnésium (Mg ²⁺).....	20
1.2.2.12. Détermination du sodium (Na ⁺).....	20
1.2.2.13. Détermination du potassium (K ⁺).....	21
1.2.2.14. Détermination des nitrates (NO ₃ ⁻).....	21

Chapitre 02 : Résultat et Discussion

1. Introduction.....	23
2. Considérations théoriques, types des aquifères.....	24
2.1. Aquifères à nappe libre.....	24
2.2. Aquifères à nappe captive.....	24
2.3. Aquifères à nappe semi-captive.....	24
2.4. Aquifères à nappe semi-libre.....	24
3. Délimitation des aquifères, étude hydrogéologique.....	24
3.1. Délimitation de la nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.....	25
3.2. Délimitation de la nappe de la plaine de Collo.....	28
3.3. Alimentation de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden et de la nappe de la plaine de Collo.....	30
4. Etude hydrochimique.....	31
4.1. Interprétation des analyses physico-chimiques.....	32
4.1.1. Le pH.....	32
4.1.2. La conductivité électrique.....	32
4.1.3. La turbidité.....	34
4.1.4. La dureté (THt).....	34
4.1.5. Le calcium et le magnésium.....	34
4.1.6. Le sodium.....	35
4.1.7. Le potassium.....	36
4.1.8. Le fer total.....	37
4.1.9. Les sulfates.....	37
4.1.10. Les chlorures.....	38
4.1.11. Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC).....	39
4.1.12. Le titre alcalimétrique (TA).....	40
4.1.13. Les nitrates.....	40
4.1.14. Le nitrite.....	41
4.2. Faciès chimiques des eaux de la nappe du sable et gravier.....	41
4.3. Qualité des eaux la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et du Collo pour l'utilisation en irrigation.....	44
4.3.1. Les facteurs déterminant l'usage agricole de l'eau.....	44
4.3.1.1. Le Rapport D'adsorption du Sodium (SAR).....	45
4.3.1.2. Aptitude des eaux à l'irrigation.....	46
4.3.1.2.1. La méthode de Richards (Riverside).....	46
4.3.1.2.2. La méthode de Wilcox.....	48
Conclusion Générale	49
Références Bibliographiques	51

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Fig. 1- Situation géographique de la zone étudiée dans le sous bassin versant de l'Oued Gueblidu bassin versant Côtiers Constantinois Centre	4
Fig. 2- Bilan d'eau de la station de Guenitra	5
Fig. 3- Réseau hydrographiques du sous bassin versant de l'Oued Guebli	6
Fig. 4- Carte géologique et structurale avec localisation des gisements et indices minéralisés du massif de la petite Kabylie.....	9
Fig. 5- Inventaire des profils des coupes hydrogéologiques et des puits utilisés pour les analyses physicochimiques.....	12
Fig. 6- Multimètre.....	14
Fig. 7- Turbidimètre.....	14
Fig.-8. Dosage du TAC.....	15
Fig.9- Dosage de chlorure.....	16
Fig.10- Dosage de THt.....	17
Fig. 11- Spectrophotomètre ODYSEY HACH	17
Fig. 12- Réactifs coloré.....	18
Fig. 13- Hydroxyde de sodium NaOH.....	19
Fig. -14. Spectrophotomètre JENWAY PFP7.....	20
Fig. 15- Spectrophotomètre DR2800.....	22
Fig. 16- Carte schématique d'extension des nappes dans la wilaya de Skikda.....	23
Fig. 17- Coupe hydrogéologique Souk Tleta-Tamalous 4, dans la nappe superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.....	25
Fig. 18- Coupe hydrogéologique Tamalous 4-Tamalous 3-Rebahia, dans la nappe superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.....	27
Fig. 19- Coupe hydrogéologique Rebahia-SAFOR, dans la nappe de la plaine de Collo.....	29
Fig. 20- Coupe hydrogéologique SAFOR-Teleza 1, dans la nappe de la plaine de Collo.....	29
Fig. 21- Carte des perméabilités de la nappe de Collo (Mecibah, 2016).....	30
Fig. 22- Variation du Ph.....	32
Fig. 23- Variation de la conductivité électrique.....	33
Fig. 24- Variation de la turbidité.....	33
Fig. 25- Variation de la dureté de l'eau.....	34
Fig. 26- Variation de la teneur en calcium.....	35
Fig. 27- Variation de la teneur en magnésium.....	35
Fig. 28- Variation de la teneur en sodium.....	36
Fig. 29- Variation de la teneur en potassium.....	36
Fig. 30- Variation de la teneur en fer total.....	37
Fig. 31- Variation de la teneur en sulfate.....	38
Fig. 32- Variation de la teneur en chlorures.....	39
Fig. 33- Variation spatio-temporelle du titre alcalimétrique complet (TAC).....	39
Fig. 34- Variation du titre alcalimétrique (TA).....	40
Fig. 35- Variation de la teneur en nitrate.....	40
Fig. 36- Variation de la teneur en nitrite.....	41
Fig. 37- Faciès chimiques des eaux de la 1 ^{ère} campagne d'après le diagramme de Piper.....	42
Fig. 38- Faciès chimiques des eaux de la 2 ^{ème} campagne d'après le diagramme de Piper.....	42
Fig. 39- Faciès chimiques des eaux de la 1 ^{ère} campagne d'après le diagramme de Schoeller-Berkaloff.....	43

Fig. 40- <i>Faciès chimiques des eaux de la 2^{ème} campagne d'après le diagramme de Schoeller-Berkaloff.....</i>	44
Fig. 41- <i>Classification des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo par la méthode de Richards (Riverside).....</i>	47
Fig. 42- <i>Classification des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo par la méthode de Wilcox.....</i>	48

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
Tableau 1	Caractéristique Morpho métriques du bassin versant d'Oued Geubli	6
Tableau 2	Nombre habitants des communes de la zoned'étude.....	10
Tableau 3	Caractéristiques des forages utilisés pour la réalisation des coupes hydrogéologiques.....	11
Tableau 4	Normes Algériennes (2011) et de l'OMS (2022) des eaux potables.....	31
Tableau 5	Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation.....	45
Tableau 6	Résultats du SAR des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo pour la 2ème campagne.....	45
Tableau 7	Classification par le diagramme de Richards.....	46

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Synonyme
A.N.R.H.	Agence Nationale des Ressources hydriques
pH	Potentielle Hydrogène
ADE	Algérienne Des Eaux
ms/m	Mili siémens par centimètre
µS/cm	Micro siemens par centimètre
EDTA	Ethylène diamine tétra acétique
V	Volume
TH	La dureté totale
Mg/l	Milligramme par litre
E	Est
N	Nord
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrie
THT	Titre hydrotimétrique total
TA	Titre alcalimétrique simples
TAC	Titre alcalimétrique complet
Camp.	Campagne
PE	Prise d'échantillon
MES	Les matières en suspension
mm³	Millimètre cube
g/L	Gramme par litre
ml	Millilitre
OMS	Organisation Mondial de la Santé
CE	Conductivité Électrique
EDTA	Ethylène Diaminetetracetraacétique
PK 13	Point kilométrique 13

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants (Gerard, 1999). La bonne qualité de l'eau ne cesse pas de se détériorer partout dans le monde en raison surtout des activités anthropiques de l'homme ; l'explosion démographique, l'urbanisation rapide, le rejet de produits chimiques provenant des industries et d'espèces invasives sont les principaux facteurs qui contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau (Boealin, 1999). La pollution des eaux souterraines est l'un des aspects les plus inquiétants et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé. Les eaux souterraines ne sont pratiquement jamais potables du fait de diverses substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution (Khaldi et *al.*, 2018).

L'Algérie compte 17 bassins versants, les ressources en eaux proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables (Kadi, 1997). L'qualité de l'eau superficielle connaît une grande dégradation dans les bassins vitaux, et renferme généralement des plusieurs polluants microbiologiques qui sont la principale cause des maladies. Les dernières décennies, l'Algérie a été soumise à une sécheresse intense qui touche le nord d'une manière générale et donc l'utilisation des eaux de surfaces s'avère une nécessité incontournable.

80 % de l'eau potable en Algérie est d'origine souterraine. L'irrigation a constitué une voie privilégiée du développement agricole et a bénéficié d'une attention particulière des pouvoirs publics. Ainsi, de grands aménagements hydrauliques et hydroagricoles ont été mis en œuvre durant les trois dernières décennies (Mezzar, 2015).

La région de Skikda se trouvant dans le nord-est algérien, a toujours connue des problèmes liés à la qualité des eaux de surface, les eaux souterraines étant très limitées en raison de l'extension relativement court de la plus part des aquifères (Ben Rabah, 2006). Les ressources en eaux souterraines (forages et puits) se localisent principalement dans les nappes alluviales des Oueds de la Wilaya à savoir, Oued El Kébir, Oued Saf-Saf, Oued Guebli, etc.

L'Oued Guebli qui draine le bassin versant qui porte son nom prend sa naissance au sud-ouest de la Wilaya de Skikda à la commune d'Oum Toub, de direction Sud-Nord, il passe par la plaine de Tamalous puis celle de Collo pour enfin rejoindre la mer Méditerranée. Ce grand cours d'eau contribue effectivement à la constitution de la nappe alluviale par les apports du matériel solide qu'il transport chaque année sous forme de terre fine et grossière, les dépôts

sur les terrasses alluviales de cet Oued favorise l'extension progressive des nappes aux alentours de son lit. Ainsi, il contribue massivement par infiltration à l'alimentation de différentes nappes qui les surmonte suite à son débit d'eau considérable.

Le but de la présente étude de faire distinguer et ressortir les différents horizons aquifères dans la vallée de l'Oued Guebli, de délimiter ces nappes, déterminer ces natures lithologiques, leur extension et interaction avec l'Oued et les horizons sous et sus-jacentes, leur importance socio-economique, et enfin de déterminer la qualité des eaux souterraines de ces nappes du point de vue potabilité et utilisation en irrigation en plus de leurs faciès chimiques.

Pour ce fait, notre travail a été structuré comme suite :

- Partie I : Présentation de la zone d'étude/Synthèse bibliographique ; consacré pour les caractéristiques hydrologiques, topographiques et géologiques du bassin versant de la vallée de l'Oued Guebli, ainsi qu'à l'aspect socioéconomique des commune qu'il inclut.
- Partie II : Pratique ; divisée en :
 - Chapitre 1 : Matériels et méthodes, on a décrit toutes les méthodes de traitement des données, procédures expérimentales d'échantillonnage et d'analyses.
 - Chapitre 2 : Résultats et discussion, les résultats obtenus sont représentés sous formes de coupes, d'histogrammes et diagrammes, ainsi interprétés.
 - Conclusion générale : récapitulant l'essentiel des résultats de ce travail de mémoire.

Partie I

Présentation de la zone d'étude/Synthèse bibliographique

1. Situation géographique

Les horizons aquifères de la vallée de l'Oued Guebli comprend la quasi-totalité des quatre communes de notre zone d'étude ; Sidi Mezghiche, Tamalous, Kerkera et Collo, draine le cours d'eau qui portent son nom. Cette vallée est localisée elle-même dans le sous bassin versant de l'Oued Guebli (code 03 07), (Fig. 1), il est situé à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Skikda. Ce sous bassin s'étend du 6° 23'E au 6° 47'E de longitude et du 36° 35'N au 36° 58' N de latitude, presque totalement inclus dans le territoire administratif de la wilaya de Skikda. Il est limité :

- Au Nord, par la mer Méditerranée.
- Au Sud et Sud-Ouest par le sous bassin versant d'Oued Rhumel.
- A l'Est par le sous bassin versant de L'Oued Saf-Saf et le sous bassin versant de l'Oued Bibi.
- Au Nord-Ouest par le sous bassin versant de Cap Bougaroun.

Le sous bassin versant de l'Oued Guebli appartient lui-même au bassin Côtier Constantinois Centre.

2. La couverture végétale

La couverture végétale et en particulier les forêts et les cultures. Il en ressort que les forêts occupent une partie considérable du bassin. Elle est importante pour sa production en bois, en liège et en résine. De plus, son maintien permet de sauvegarder la biodiversité.

Les plaines et la vallée du Guebli sont occupées pour la plupart par des plantations. En amont la couverture végétale du bassin versant est constituée par la broussaille et le maquis. Cette plaine marquée par sa fertilité élevée, en raison des apports et dépôts fluviaux aux deux rives de cet Oued, ainsi qu'au lessivage du relief accidenté et minéralisé du bassin est considérée parmi les plus importantes terres agricoles cultivées dans toute la région Ouest de la Wilaya de Skikda.

3. Le climat

Le climat de toute la région de Skikda est de type méditerranéen. D'après les analyses des données climatiques réalisées par Boubellouta et Guernane (2023) pour une période de 21 (2001-2002/2021-2022) de la station de Guenitra, la période sèche débute de la fin du mois de mai et s'étend jusqu'au début du mois d'octobre (04 mois). Alors que la période humide commence du mois d'octobre jusqu'au début de mai (08 mois).

L'étude du bilan hydrique (Boubellouta et Guernane, 2023) montre que l'évapotranspiration réelle (ETR) atteint son maximum au mois de Mai avec 74,83 mm et 87,45 mm respectivement, ce qui provoque un déficit agricole nécessitant une irrigation. A partir du mois d'octobre on assiste à une reconstitution du stock qui devient important entraînant une RFU maximale (SE), et ceci jusqu'au mois d'avril où l'épuisement du stock commence (Fig. 2).

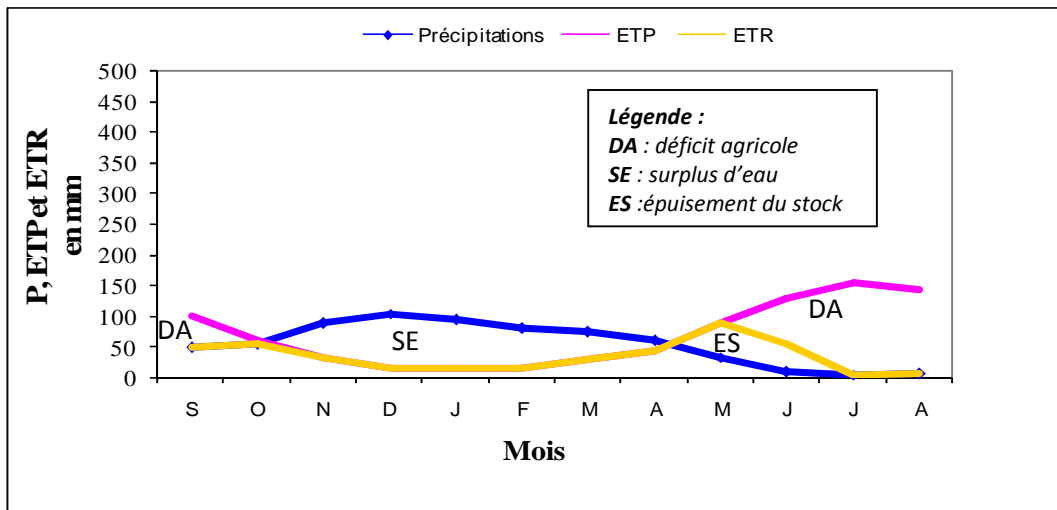


Fig. 2- Bilan d'eau de la station de Guenitra 2001-2002/2021-2022, (Boubellouta et Guernane, 2023).

4. Réseaux hydrographique du bassin versant de l'Oued Guebli

Il est caractérisé par un réseau hydrographique important avec une densité de drainage (4.15 km/km²) et reçoit en moyenne une lame d'eau de l'ordre de 729.25 mm/an. L'Oued Fessa, Oued Charfa, Oued Essouket Oued Mellouh sont les principaux cours d'eau alimentant le barrage de Guenitra, alors que le barrage de Beni Zid est alimenté essentiellement par Oued Zadra et Oued Beni Zid (Fig. 3), (Mecibah, 2017).

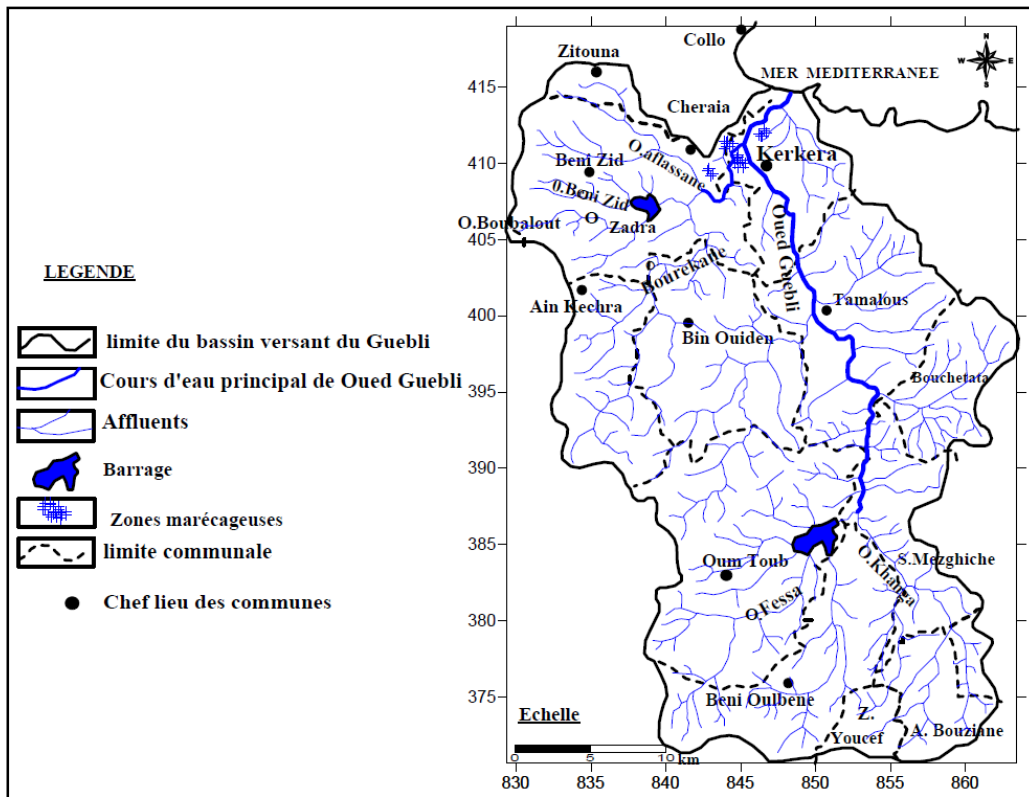


Fig. 3- Réseau hydrographiques du sous bassin versant de l'Oued Guebli (Mecibah,2017).

Le Tableau 1, récapitule les principales caractéristiques du bassin versant d'Oued Guebli.

Tableau 1- Caractéristique Morphométriques du bassin versant d'Oued Guebli (In Mesibah, 2017).

Paramètre	Valeur
Superficie (km ²)	993.3
Périmètre (Km)	163.3
Dénivelé spécifique (m)	329.64
Vitesse d'écoulement (m/s)	0.97
Indice de compacité de Gravelus	1.45
Longueur du rectangle équivalent (Km)	65.9
La vitesse d'écoulement de l'eau (m/s)	0.85
Altitude moyenne (m)	320
Altitude médiane (m)	380
Densité de drainage (Km/ Km ²)	4.15
Indice de pente globale (m/km)	10.45
L'altitude médiane (m)	380
Largeur du rectangle équivalent (km)	15
L'altitude moyenne (m)	320
Temps de concentration (h)	13.88

Les montagnes occupent pratiquement la grande majorité du territoire du bassin (Mecibah, 2017). Elles s'étendent sous forme de chaînes de direction générale SW-NE (Dj. Sidi Driss 1364 m), les collines forment le prolongement des montagnes du Nord vers le Sud du bassin.

5. Géologie regional

La région de Skikda se trouve dans le massif de la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrebides. Il s'étend entre le massif des Babors à l'ouest et le massif de l'Edough à l'Est sur plus de 150 kilomètres le long du littoral.

D'après Villa (1980), on distingue du nord vers le sud les quatre grandes unités structurales suivantes (Fig. 4) :

5.1. Le socle kabyle

Substratum surtout en roches métamorphiques et en degré moindre sédimentaires.

5.2. La dorsale kabyle

Chaîne calcaire constitue la couverture. Étudiée surtout par Raoult (1974) et Vila (1980), elle comporte trois sous zones et marque par sa physionomie et ces reliefs la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes plus externes au Sud.

5.3. Le domaine des flyschs

Les flyschs sont caractérisés par des formations abyssales mises en place par des courants de turbidités. On reconnaît trois types principaux : flysch :

- ***Flysch Mauritanien*** : observable sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss. La série est caractérisée par l'alternance des bancs argileux, calcaires et gréseux.
- ***Flysch Massilien*** : elle présente une part importante de marnes et d'argiles ce qui favorise le développement de toutes les formes de glissement et de ravinement.
- ***Flysch numidien*** : il existe à Sidi Mezghich, nous rencontrons des alternances des roches dures et roches tendres.

5.4. Les séries telliennes

Du Nord au Sud, on distingue :

- ❖ **Séries ultra telliennes** : se caractérisent par un faciès essentiellement marneux clair avec quelques bancs de calcaire (Delgua 1969).
- ❖ **Les séries telliennes (sens strict)** : ces séries présentent des variations de faciès dans le temps. Jurassique plus marneux et Crétacé détritique devient marneux à argilo-calcaire. L'Eocène se caractérise par des marnes.
- ❖ **Les séries péni-telliennes** : affleurent toujours au sud du Tell oriental Algérien. Leur faciès très carbonaté.

5.5.L'Oligomiocène Kabyle

C'est une série sédimentaire qui affleure dans toute la Kabylie de Collo et la région de Skikda.

5.6.Les roches éruptives

La partie orientale de la petite Kabylie est caractérisée par un important magmatisme Miocène qui a engendré d'importantes masses de granite (granite Bougaroun, de Beni Touffout et de Fil fila) et microgranite (environ de Collo) ainsi que des coulées et injections de laves acides (région de Collo). Les roches éruptives microgrenues sont visibles essentiellement dans les environs du petit port de Collo et à l'Ouest du bassin de Tamalous se sont en général des microgranites monzonitiques et des microgranodiorites, elles sont donc plus récentes que les terrains sédimentaires marins.

5.7.Le Quaternaire

Dans la zone d'étude le quaternaire est représenté par les alluvions et les dunes anciennes. Les alluvions se composent de trois types différents : des alluvions actuelles représentées par des sables, des limons, alluvions moyennes constituées de limons et de galets et enfin des alluvions anciennes d'âge pléistocène ce sont des terrasses de limons et de cailloux roulés à des épaisseurs de 20 m.

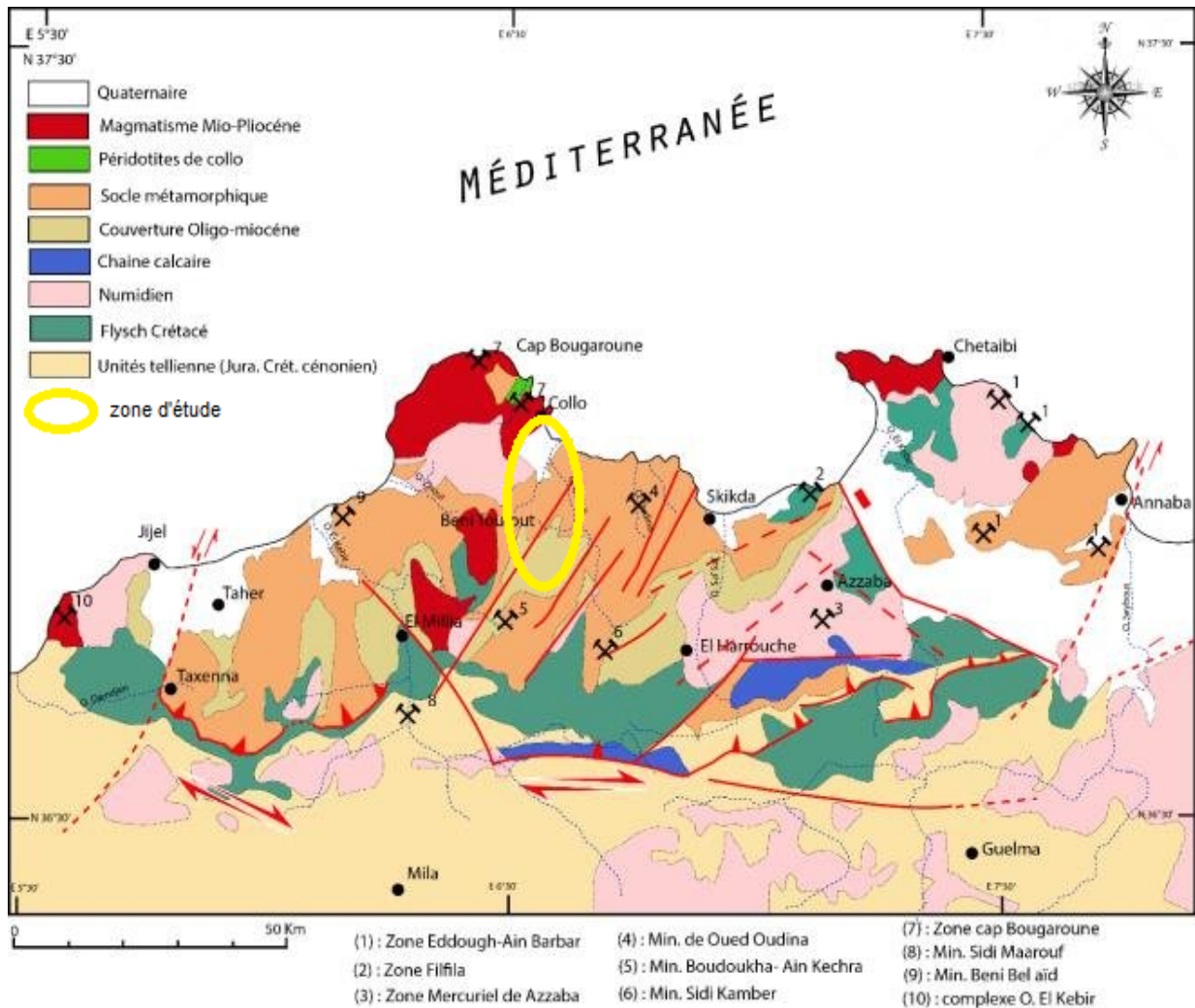


Fig. 4- Carte géologique et structurale avec localisation des gisements et indices minéralisés du massif de la petite Kabylie (Bouillin et Kornprobst, 1974).

6. Aspect socioéconomiques de la zone d'étude

Les quatre communes qui font partie de notre zone d'étude ; Sidi Mezghiche, Tamalous, Kekera et Collo ont un aspect majoritairement rural, avec une activité agricole et pastorale dominante, d'où la nécessité de l'utilisation d'importantes quantités d'eau pour l'irrigation et l'alimentation du bétail, les parcelles agraires sont considérées comme un atout pour ces communes et indicateur de durabilité concernant ses richesses de l'espace agricole, elles assurent le maintien de l'espace rural et l'étalement urbain avec absence totale de l'industrialisation.

Tableau 2- Nombre habitants des communes de la zone d'étude (ANIREF, 2020).

Communes	Sidi Mezghiche	Tamalous	Kekera	Collo
N^{bre} d'habitants	31 686	63 467	33 648	44 178
Densité habitant/km²	334	357	391	1841
Superficie (km²)	95	178	86	24

Partie II

PARTIE PRATIQUE

An orange speech bubble with a white outline and a drop shadow, containing the text 'Chapitre 1'.

Chapitre 1

Matériels et méthodes

1. Méthodologie générale

1.1. Etude hydrogéologique

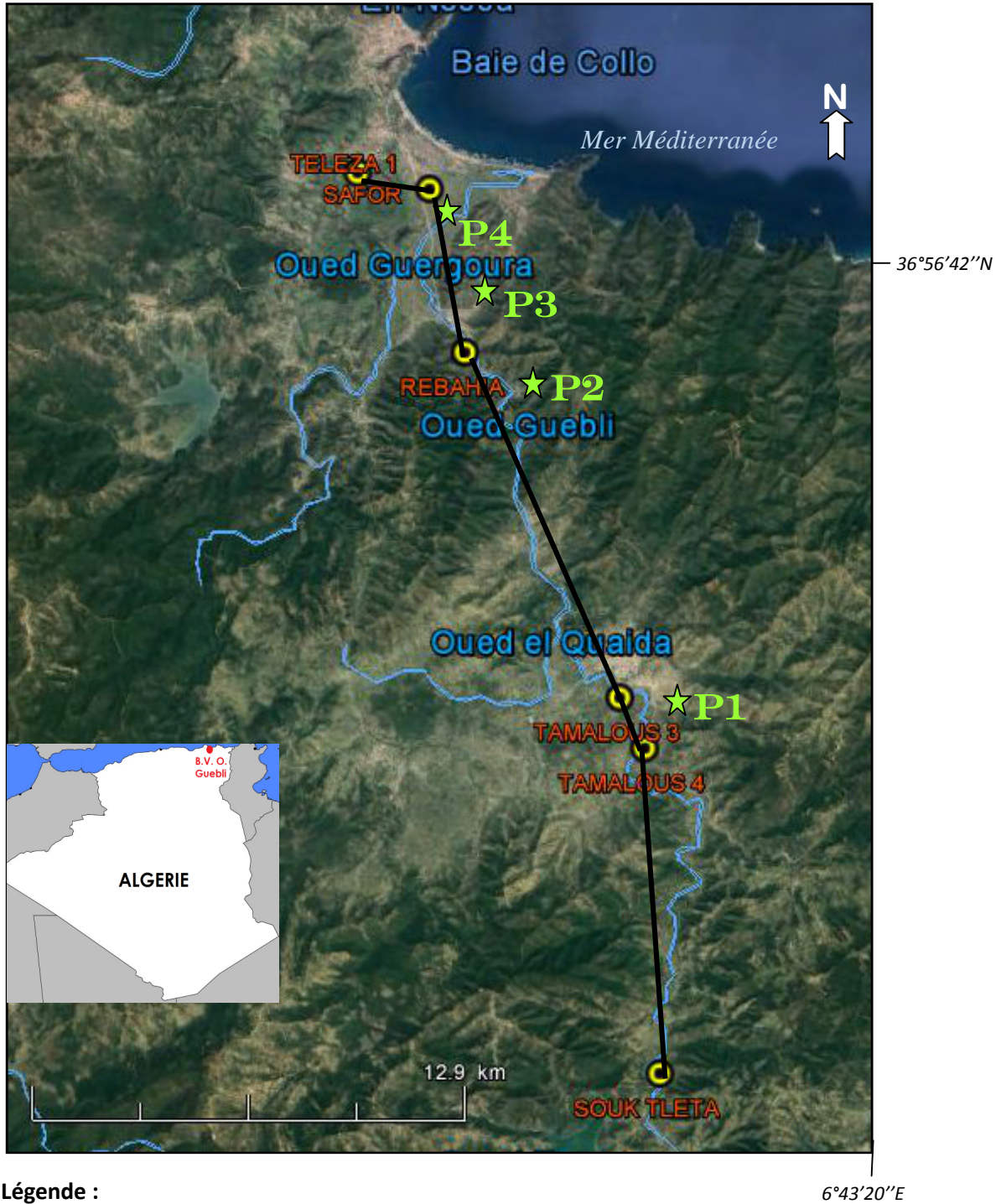
Pour la détermination et la délimitation des horizons aquifères de la vallée de l'Oued Guebli depuis l'agglomération de Souk Tleta (commune de Sidi Mezghiche) au Sud jusqu'à l'agglomération de Teleza au Nord, passant par les communes de Tamalous et Kerker, on se sert des colonnes stratigraphiques de Six forages implantés à travers la nappe alluviale de l'Oued Guebli, recueillis depuis la direction des Ressources en Eau (DRE) de la Wilaya de Skikda (Tableau 3), qui sont le forage de Souk Tleta, Forage de Tamalous 4, forage de Tamalous 3, Forage de Rebahia, Forage de SAFOR et forage de Teleza 1 respectivement pour tracer ensuite des coupes hydrogéologiques suivant Quatre profils de différentes directions, afin de bien montrer la structure géologique des terrains traversés, déterminer le toit et le mur des horizons aquifères, ces épaisseurs, ces profondeurs le long de cette vallée, (Fig. 5).

Tableau 3- Caractéristiques des forages utilisés pour la réalisation des coupes hydrogéologiques.

Forage	Coordonnées Lambert (m)		Débit exploitable (L/s)	Niveau statique (m)	Profondeur (m)
	X	Y			
Souk Tleta	853180	387900	4.17	4	20
Tamalous 4	852325	397525	8	4	25
Tamalous 3	851500	399000	6	6	25
Rebahia	846400	409200	4	4	30
SAFOR	845100	414100	11	3.3	35
Teleza 1	842900	414500	12	4.4	35

1.2. Etude hydrochimique

Pour donner une bonne appréciation de la nappe de la vallée de l'Oued Guebli, l'étude hydrogéologique a été complétée par une étude hydrochimique qui démontre la qualité des eaux souterraines de cette nappe de point de vue de leur potabilité et de leur utilisation en irrigation, ainsi que leur faciès chimique, la procédure de ce suivi est comme suite :



Légende :





-  Forages utilisés pour les coupes hydrogéologiques
-  Profil hydrogéologique
-  Puits utilisés pour les analyses physicochimiques
-  Oued

Fig. 5- Inventaire des profils des coupes hydrogéologiques et des puits utilisés pour les analyses physicochimiques.

1.2.1. Echantillonnage

Deux campagnes de prélèvement pour les analyses physicochimiques ont été réalisées ; la première effectuée le 31 mars 2024 et la deuxième effectuée le 30 avril 2024, dans quatre puits de la nappe alluviale de l'Oued Guebli ; P1, P2, P3 et P4 suivant le sens d'écoulement des eaux de cet Oued depuis la commune de Tamalous jusqu'à Teleza comme suite (Fig. 5) :

- **P1** : puits dans la commune Tamalous en amont ;
- **P2** : puits dans l'agglomération du Point kilométrique 13;
- **P3** : puits dans la commune de Kerkera ;
- **P4** : puits dans l'agglomération de Teleza à l'aval.

Les échantillons en été prélevés dans des flacons en polyéthylène rincé avec de l'eau distillé et l'eau à échantillonner, ensuite remplis jusqu'à débordement sous l'eau et mis immédiatement dans une glacière, puis transporter directement vers le laboratoire de la raffinerie Sonatrach et le laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Skikda.

Les analyses sont portées sur les éléments suivants :

Le pH, la conductivité (CE), la turbidité, le titre alcalimétrique simple (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), chlorure (Cl^-), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), calcium (Ca^{++}), sulfate (SO_4^{2-}), phosphate (PO_4^{3-}), fer total, magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^+) et potassium (K^+).

Les résultats sont représentés sous forme d'histogrammes tracés par Excel, et diagrammes des faciès chimiques et qualité des eaux en irrigation tracés par l'application DIAGRAMMES (2023).

1.2.2. Méthodes d'analyse

1.2.2.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Effectuée à l'aide d'un multimètre (Fig. 6).

Mode opératoire : établir les connexions électriques nécessaire de pH mètre, on lave l'électrode avec l'eau distillée, et on verse l'échantillon d'eau dans le bêcher et puis y prolonger les électrodes et lire la valeur du PH indiquée sur l'écran de l'appareille

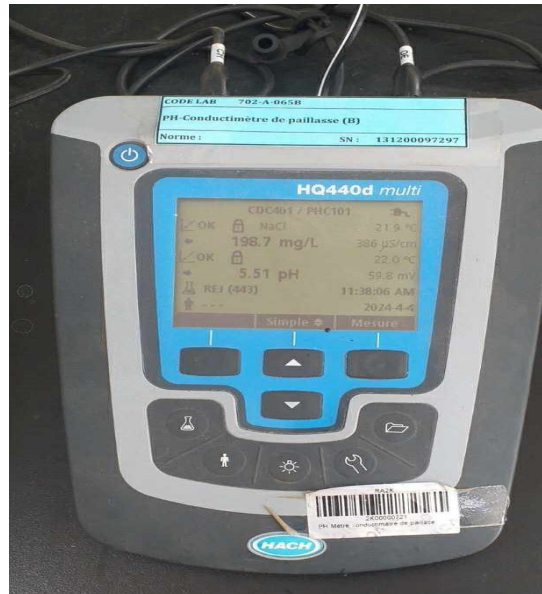


Fig. 6- Multimètre.

1.2.2.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

Mode opératoire : on suit les mêmes étapes que pour la mesure du pH.

Appareil : multimètre (Fig. 6).

1.2.2.3. Détermination de la turbidité

Appareil : turbidimètre (Fig. 7).



Fig. 7- Turbidimètre.

Mode opératoire :

- Allumer l'appareil de turbidimètre.

- Remplir les cuves en verre bien nettoyées et bien séchées de l'eau à analyser.
- Mettre ces cuves en verre dans le turbidimètre.
- Puis noter le résultat directement

1.2.2.4. Détermination du TA et TAC

Principe : c'est pour déterminer les bicarbonates HCO_3^- Hydroxydes OH^- par le titrage

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}] \quad \text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

100 ml prise à essai

Réactif :

- phénolphtaléine ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)
- Méthylorange ($\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$)
- Acide sulfurique (H_2SO_4)



Fig. -8. Dosage du TAC.

Mode opératoire :

100 ml d'eau à analyser

- 03 gouttes de phénolphtaléine ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)
- S'il Ya un changement vers couleur rose pâle présence du TA
- Si la couleur reste transparent TA = 0
- On ajoute sur la solution précédente 02 gouttes de Méthylorange.
- titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à virage du couleur orange brique
- Noter le volume V.

• Calcul :

$$\text{TA} = V * 10 \text{ en mg/l}, \quad \text{TAC} = (\text{VTA} + \text{VTAC}) 10 \text{ en mg/l}$$

$$(\text{TA} \leq 10 \text{ mg/l}) \quad (\text{TAC} \leq 120 \text{ mg/l})$$

1.2.2.5. Détermination du chlorure (Cl⁻)

Principe : méthode volumétrique, titrage des chlorures aux nitrates d'argent en présence de chlorure de potassium

Réactif :

-Chromate de potassium K

Mode opératoire :

- 05 ml prise à essai

- 02 gouttes de chromate de potassium (K₂CrO₄)

- Titration avec nitrate d'argent (AgNO₃) jusqu'à virage du couleur rouge brique (Fig. 9).



Fig. 9- Dosage de chlorure.

Calcul :

$Cl^- = V \cdot 71$ en mg/lV : volume titré ($Cl \leq 500$ mg/l)

1.2.2.6. Détermination de la dureté totale (THt)

C'est le titre hydrotimétrique

Réactif :

-Solution tampon k10 (pH de K= 10)

-Mordant noir 11 (indicateur net)

-L'EDTA Na₂(C₁₀H₁₄N₂O₈Na₂ : 2H₂O)

Mode opératoire

-50 ml prise à essai

- 04 ml de solution tampon k 10

-03 gouttes de mordant noire (indicateur net

-titrage avec l'EDTA Na₂ qui est un sel disodique (acide éthylène diamine tetracétique) jusqu'au virage du couleur bleu, (Fig. 8).

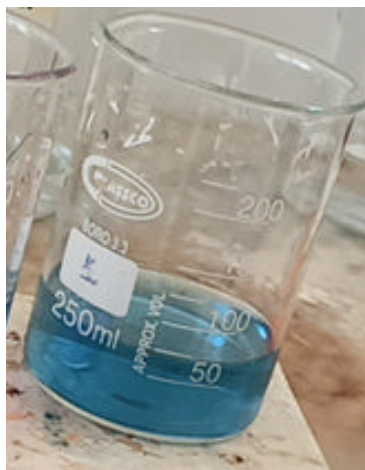


Fig. 10- Dosage de THT.

Calcul

THT = $V \cdot 2 \cdot 10$ en mg/L (THT \leq 500 mg/l)

1.2.2.7. Déterminations du nitrite (NO_2^-)

Appareil : spectrophotomètre ODYSEY HACH, (Fig. 11).



Fig. 11- Spectrophotomètre ODYSEY HACH.

Réactif :

-Réactif coloré (NO_2^-)



Fig. 12- Réactifs coloré.

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analysé
- Ajouter 01 ml réactifs coloré
- Compléter avec de l'eau distillé jusqu'à 50 ml
- Temps de repos 20 min
- Longueur d'onde 540 nm

Calcul :

- Après 20 min, le couleur devient rose
- On met ces solutions des échantillons dans les petites cuvettes en verre de spectrophotométrie
- premièrement, on met le blanc pour régler à 0. Après on met les autres.
- on noter les résultats directement.

1.2.2.8. Détermination des sulfates (SO_4^{2-})

Appareil : spectrophotomètre ODYSEY HACH, (Fig. 11).

Mode opératoire :

- Prendre une PE de 100ml
- Ajouter ensuite 5 ml de réactif stabilisant. - 0,3g chlorure de baryum.
- Agiter pendant 01mn puis effectuer les mesures au spectrophotomètre.

1.2.2.9. Détermination du calcium (Ca^{2+})

Principe : le titre hydrométrique calcique indique le teneur en sel de calcium

Réactif :

- Hydroxyde de sodium NaOH
- Murexide HSN indicateur
- EDTA Na₂ -disodique

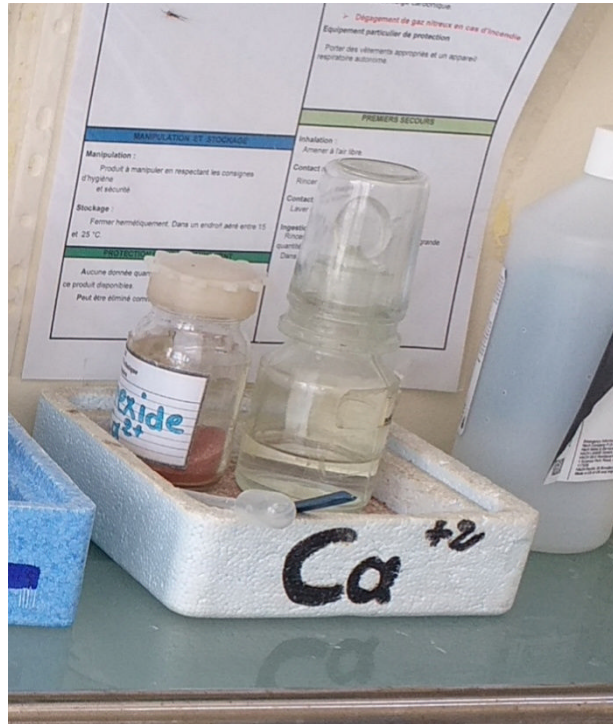


Fig. 13- Hydroxyde de sodium NaOH.

Mode opératoire :

- 50 ml prise à essai
- 02 ml de solution hydroxyde de sodium NaOH
- Petite quantité de murexide HSN indicateur
- Titration avec l'EDTA $\text{Na}_2(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2 ; 2\text{H}_2\text{O})$
- Disodique (acide éthylène diaminetitracétique) jusqu'à virage du couleur mauve foncé.

Calcul :- $\text{Ca}^{2+} = V \cdot 10$ en mg/l ($\text{Ca}^{2+} < 200$ mg/l, v : le volume titrer)

1.2.2.10. Détermination du fer total

Dosé par un spectrophotomètre ODYSEY HACH (Fig. 11).

Mode opératoire

- Prendre un PE de 50 ml
- Ajuster le pH entre 3.5 et 4 en utilisant HNO_3 ou NH_4OH
- Ajouter ensuite : - 4ml d'hydroxylamine chlorhydrate.
- 4ml d'ortho-phénantroline.

Laisser reposer 10mn puis effectuer la mesure à une longueur d'onde de 510 mn.

1.2.2.11. Détermination de magnésium (Mg^{2+})

Détermination de Mg Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part Méthode par calcul le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés :

Calcul: Mg en ppm de $CaCO_3 = TH - Ca^{2+}$

1.2.2.12. Détermination du sodium (Na^+)

Effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre JENWAY PFP7 Flame Photometer, (Fig. 14)

Réactifs:

Peser 2.54 g de chlorure de sodium, ayant séché pendant une heure, dans une étuve à $105^{\circ}C$.

Dissoudre cette même quantité dans de l'eau distillée et compléter à 11. Cette solution a une concentration de 1.000 mg/l de sodium,

Conserver cette solution dans une bouteille en plastique.

Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l en prélevant 1 ml de la solution Précédente dans 100 ml d'eau distillée.



Fig. -14. Spectrophotomètre JENWAY PFP7.

Mesure:

Faire passer au photomètre à flamme la solution d'étalonnage de 10 mg/l, trois fois.

Faire passer les échantillons. Si la concentration en Na est supérieure à 10 mg/l;

Procéder à La dilution de l'échantillon.

Les concentrations correspondent aux extinctions x Facteur de dilution.

1.2.2.13. Détermination du potassium (K⁺)**Réactifs:**

Dissoudre 1.907 g de KCl (ayant été séché à 105°C pendant une heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution a, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/l de potassium (K).

Soit C, =1000 mg/l. La solution doit être stockée dans une bouteille en plastique.

A partir de C, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l, en prélevant 1 ml q.s.p. 100ml.

Mesure :

Faire passer la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher 10 Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l, Procéder à la dilution de l'échantillon.

Les concentrations correspondent aux extinctions x Facteur de dilution.

1.2.2.14. Détermination des nitrates (NO₃⁻)

Doser par Spectrophotomètre DR2800 (Fig. 15).

Réactifs

Eau bromée, 30 mg/l.

Solution de phénol, 30 mg/L

Solution étalon d'hydroxyde de sodium, 5.0 N

Acide sulfurique, concentré

Méthode des solutions Nitrate (0,01-0,50 mg/L NO₃-N) 1.

Préparer une solution étalon à 0,40 mg/L en NO₃-N en pipettant 4,00 mL d'étalon en NO₃-N à 10 mg/L dans une fiole jaugée de 100 mL.

Diluer en comp jusqu'au trait de jauge avec de l'eau déionisée.

Boucher et retourner pour homo Effectuer l'analyse suivant la procédure décrite plus haut 2.

Pour ajuster la courbe d'étalonnage à partir de la lecture de la solution étalon à 400m/L en NO-N appuyer sur Options>Autres... dans le menu actif des programmes.

Appuyer sur Ajuster l'étalon: 3.

Appuyer sur Activer. Appuyer sur Ajuster pour accepter la concentration affichée.

En cas d'utilisation d'une concentration différente, appuyer sur le nombre adéquat dans la zone pour introduire la concentration réelle.

Appuyer sur OK.

Appuyer sur Ajuster.

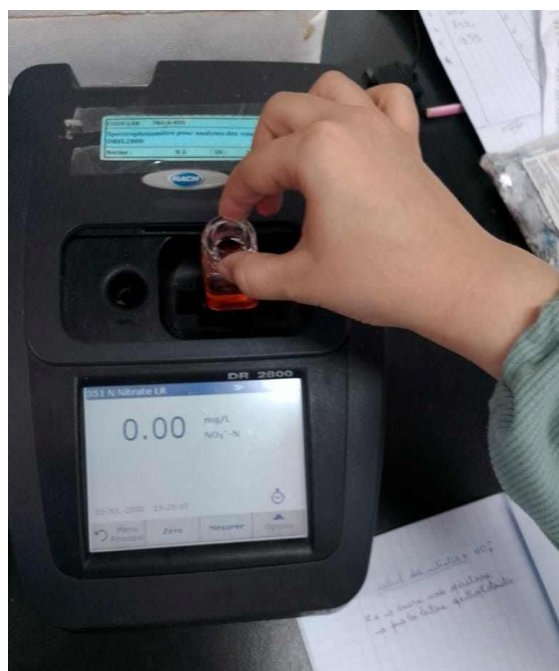


Fig. 15- Spectrophotomètre DR2800.

Chapitre 2

Résultats et discussion

1. Introduction

L'Oued Guebli a une longueur de plus de 45 km, qui draine une superficie de 993 km² et apporte un volume annuel de 49 Mm³ (ANRH, 2000), il est alimenté par les eaux provenant de ses affluents et des massifs montagneux qui alimentent à son tour les nappes de la vallée de cet Oued. Il y a une interaction réciproque entre les eaux de cet Oued et la nappe phréatique de son vallée ; dont parfois l'Oued alimente la nappe pendant les périodes humides en hiver et contrairement, l'Oued draine la nappe en périodes sèches, d'où l'importance de déterminer l'extension et la lithologie des horizons aquifères de la vallée de l'Oued Guebli.

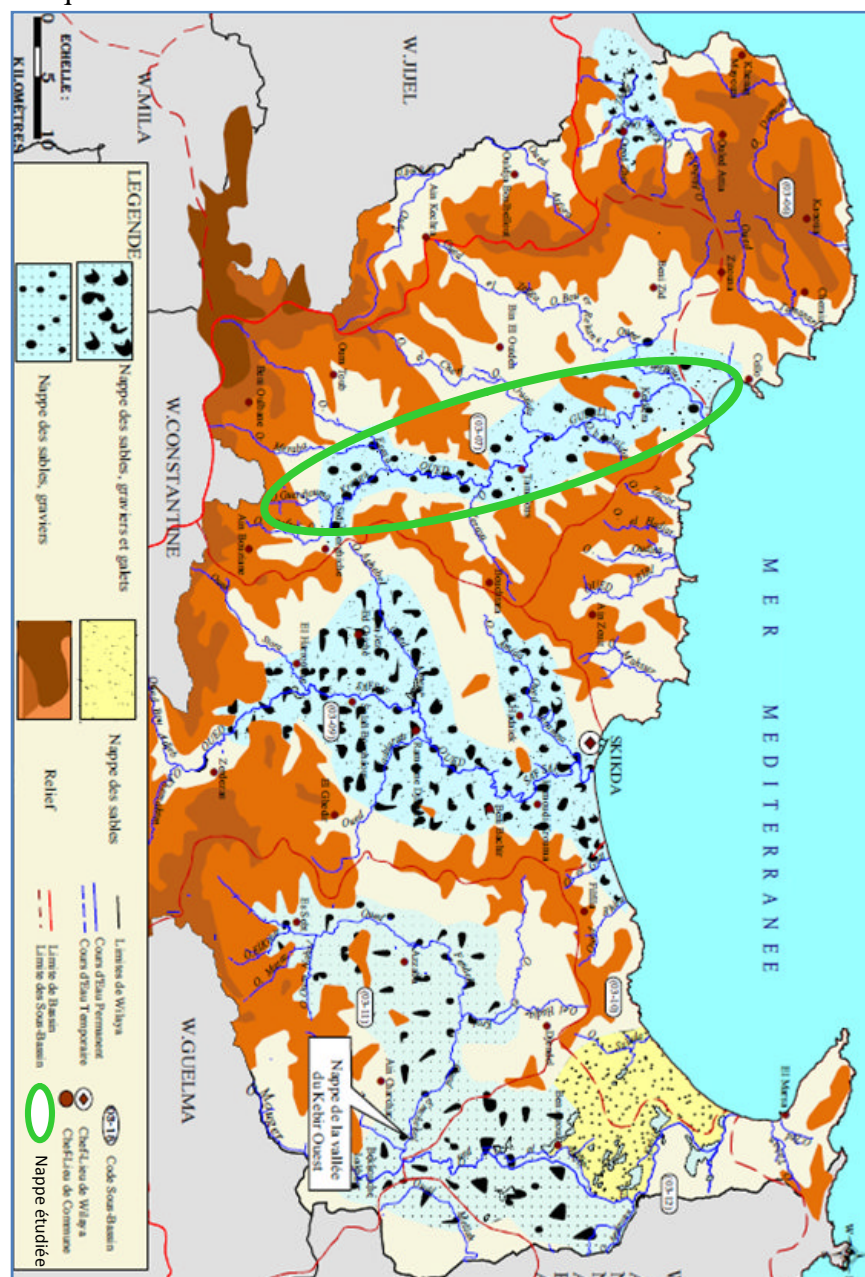


Fig. 16- Carte schématique d'extension des nappes dans la wilaya de Skikda.

2. Considérations théoriques, types des aquifères

On peut déterminer les types d'aquifères suivantes, (Kruseman et De Ridder, 1973).

2.1. Aquifères à nappe libre

Un aquifère à nappe libre, est formé d'une couche perméable partiellement remplie d'eau et surmontant une couche relativement imperméable. La limite supérieure s'appelle surface libre (ou niveau phréatique); elle est à la pression atmosphérique.

2.2. Aquifères à nappe captive

Un aquifère à nappe captive est une couche complètement saturée dont les limites supérieures (le toit) et inférieures (le mur) sont étanches. Naturellement, les couches parfaitement étanches sont rares dans la réalité; aussi, de tels aquifères sont ils moins répandus qu'on ne le croit généralement.

2.3. Aquifères à nappe semi-captive

Un aquifère à nappe semi-captive ou à drainance est une couche complètement saturée, mais dont la limite supérieure est semi-perméable et la limite inférieure est soit étanche, soit semi-perméable. On appelle ici couche semi-perméable une couche ayant un coefficient de perméabilité faible mais mesurable.

Cet écoulement est vertical car étant donné que le coefficient de perméabilité du toit est très faible, on peut y négliger la composante horizontale de l'écoulement.

2.4. Aquifères à nappe semi-libre

Si la couche à granulométrie fine d'un aquifère à nappe semi-captive a une perméabilité assez grande pour qu'on ne soit plus en droit de négliger la composante horizontale de l'écoulement, la nappe a un comportement intermédiaire entre celui de la nappe semi-captive et celui de la nappe libre. On l'appelle alors nappe semi-libre.

3. Délimitation des aquifères, étude hydrogéologique

Pour une meilleure maîtrise de la ressource en eau souterraine dans le bassin versant de l'Oued Guebli, il est nécessaire d'identifier les différents systèmes aquifères rencontrés (Fig. 16). Les nappes aquifères identifiées dans la vallée de l'Oued Guebli du

Sud vers le Nord d'après les études de prospection électrique réalisées par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG, 1965) sont les suivantes:

- ❖ La nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous- Bin El Ouiden.
- ❖ La nappe phréatique de la plaine de Collo.

D'après les colonnes stratigraphiques des logs des forages réalisés dans la vallée de l'Oued Guebli recueillies depuis la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Skikda pour Six forages on a aboutit à la délimitation et la description de la nappe de la plaine de Collo et *la nappe superficielle* de Tamalous- Bin El Ouiden uniquement, suite à la profondeur limitée des forages implantés dans la zone d'étude et donc la nappe profonde de Tamalous n'est pas concernée par cette étude.

L'importance d'une étude hydrogéologique de ces systèmes aquifères s'impose, afin de nous bien rendre compte des principaux processus, définissant le comportement de l'ensemble du système d'écoulement souterrain dans toutes ses dimensions, et par conséquent parcourir les aquifères, délimiter leurs géométrie et leurs modes d'alimentation.

3.1. Délimitation de la nappe profonde et superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.

La plaine de Tamalous -Bin El Ouiden se situe au centre du bassin versant de l'Oued Guebli, D'une superficie d'environ 37 km², elle est limitée au Nord par le village de Demnia, au Sud par le village de Guinguita, à l'Est par l'Oued Guebli et la ville de Tamalous, à l'Ouest par la commune d'AinKechra.

Les études géologiques, géophysiques et hydrogéologiques effectuées dans la plaine de Tamalous -Bin El Ouiden ont montré l'existence des nappes suivantes ; la première nappe se localise dans les formations Quaternaires, la deuxième se trouve dans les formations d'âge Tertiaire et la troisième est représentée par les formations d'âge Secondaire (CGG, 1965).

Seulement la nappe superficielle des sables et graviers du Quaternaire qui nous s'intéresse à délimiter par cette étude, suite à la profondeur limitée qui ne dépasse guère 42m des forages implantés dans le secteur étudié et par conséquent une colonne stratigraphique qui ne capte que cette nappe.

Cette nappe de Quaternaire est constituée par des alluvions, avec une épaisseur qui ne dépasse pas 50m, elle occupe la partie méridionale de la vallée de l'Oued Guebli. Dans notre zone d'étude, son épaisseur varie entre 7m et 15m. Elle se situe le long et en bordure des Oueds, et s'étale du village de Guinguita au Sud jusqu'au Sud de la commune de Kerkeria. Elle est largement exploitée par les habitants de la région pour l'alimentation en eau potable et en irrigation.

Selon les coupes hydrogéologiques réalisées suivant les deux profils ci-dessous, on peut déterminer les caractéristiques suivantes de la nappe de la plaine de Tamalous :

- Coupe hydrogéologique du profil (Souk Tleta-Tamalous 4) : réalisée suivant une direction S-N, sur une longueur de 7.1 km, à partir de ce profil on peut conclure que le toit de la nappe est recouvert par une couche de limon de 2 à 6m d'épaisseur, ce qui rend le toit semi-perméable, alors que le substratum imperméable (mur) est marno-argileux, il se trouve à une profondeur de 9m au forage de Souk-Tleta et de 18m au forage de Tamalous-4 (Fig. 17). l'horizon aquifère du sable et gravier a une épaisseur allant de 7m à 12 m pour les deux forages de Souk-Tleta et de Tamalous-4 respectivement. La nappe est semi-libre pour ce profil.

- Coupe hydrogéologique du profil (Tamalous 4-Tamalous 3- Rebahia) : suivant une direction SSO-NNE, d'une longueur de 13.3 km, la colonne stratigraphique de ces trois forages est identique à celle du profil précédent, on peut déterminer l'existence d'une nappe semi-libre suivant ce profil, c'est la nappe du sable et gravier d'une épaisseur qui varie entre 12m, 11m et 15m le long des forages Tamalous 4, Tamalous 3 et Rebahia respectivement. Le toit est limoneux de 6m d'épaisseur, alors que le substratum imperméable est marno-argileux, vers une profondeur de 18m et 17m dans les forages de Tamalous 4 et Tamalous 3, et de 22m dans le forage de Rebahia, (Fig. 18).

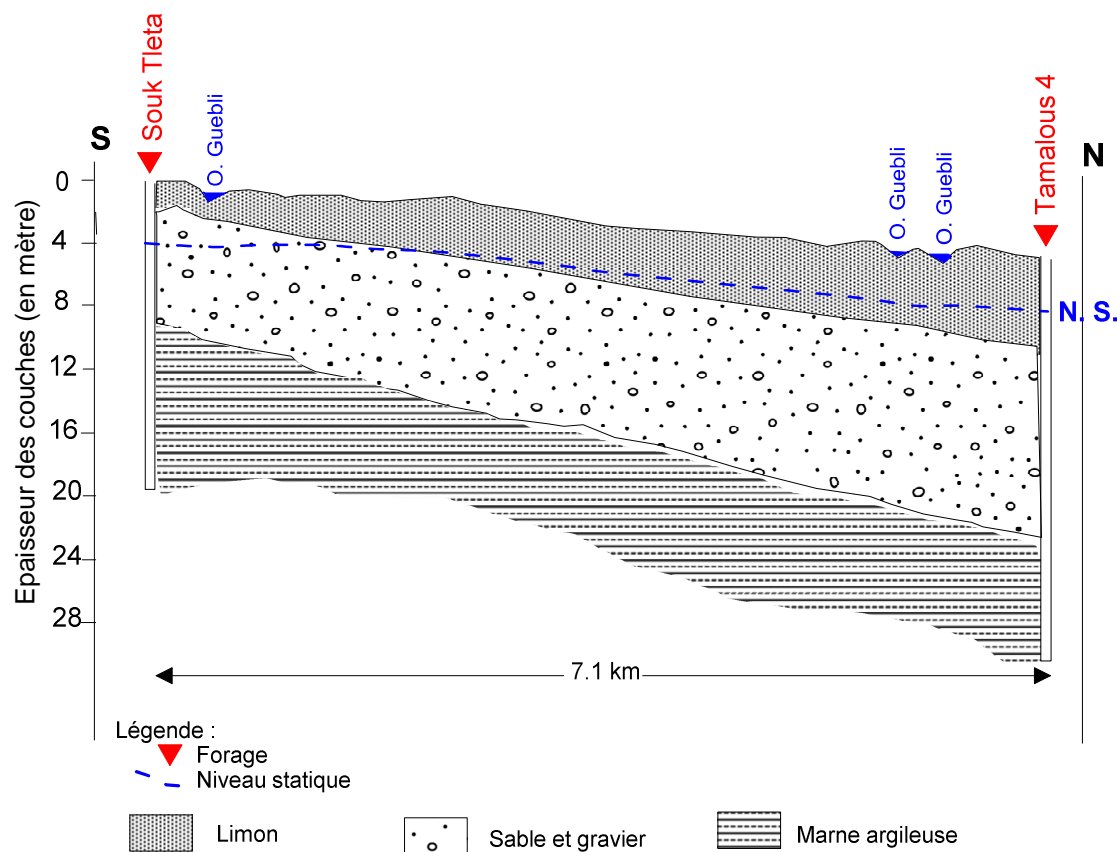


Fig. 17- Coupe hydrogéologique Souk Tleta-Tamalous 4, dans la nappe superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.

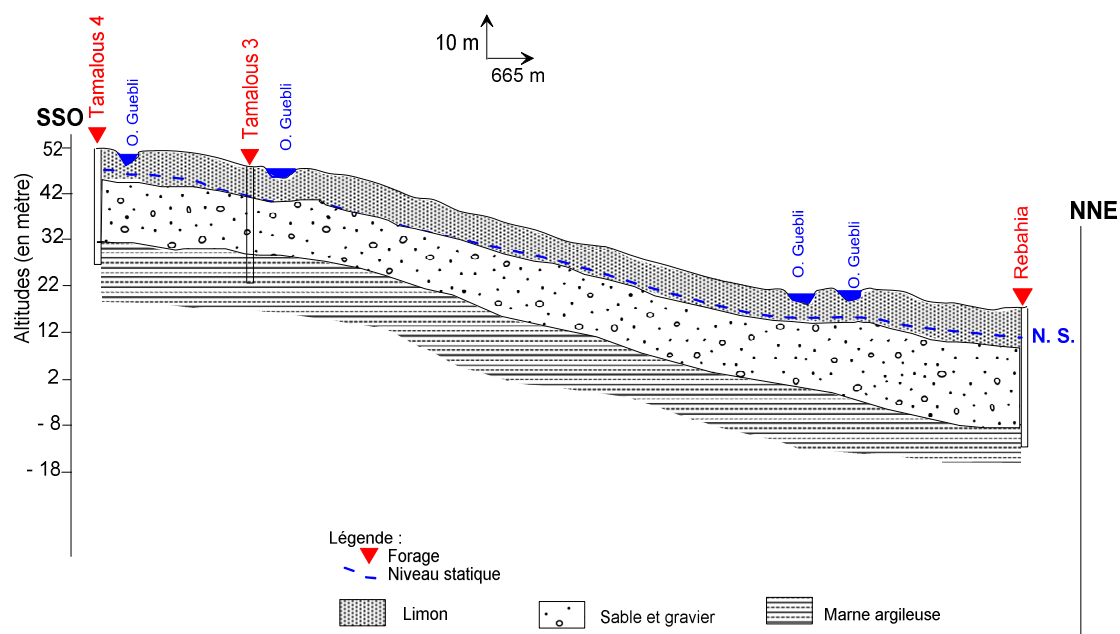


Fig. 18- Coupe hydrogéologique Tamalous 4-Tamalous 3-Rebahia, dans la nappe superficielle de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden.

3.2. Délimitation de la nappe de la plaine de Collo

La plaine de Collo a une forme quadrilatérale allongée, d'une longueur de 8km et d'une largeur de 5km le long de la mer, avec une superficie voisinant les 18 Km². Cette nappe est largement exploitée par les agriculteurs de la région pour l'irrigation de leurs vastes champs agricoles, ainsi qu'à l'alimentation en eau potable pour les habitants des banlieues.

Son aspect varie entre une nappe libre sur les deux côtés du lit de l'Oued Guebli et un autre caractérisant une nappe captive en s'éloignant de ces deux rives, où son toit est recouvert partiellement par une faible couche d'argile comme le montre les coupes hydrogéologiques (Rebahia-SAFOR) et (SAFOR-Teleza 1), (Fig. 19 et 20). Cette nappe occupe la partie septentrionale de la vallée de l'Oued Guebli sur toute sa partie Nord depuis la commune de Kerkera jusqu'à l'embouchure avec la mer Méditerranée (Fig. 13).

L'aquifère de la plaine de Collo est d'âge Quaternaire d'alternance de sable, graviers. Son épaisseur varie entre 5 à 25m. Dans notre secteur étudié, d'après les coupes hydrogéologiques réalisées suivant deux profils, on peut déterminer les horizons suivants :

- Coupe hydrogéologique du profil (Rebahia-SAFOR) : réalisée suivant la direction S-N (Fig. 19) sur une longueur de 4.94 km, le toit de la nappe du sable et gravier est formé par une faible couche de limon (7m) dans la partie Sud et d'argile de 6 m d'épaisseur au Nord, le substratum imperméable qui constitue le mur est une formation de marne d'âge Pliocène (1.8-5.3 millions d'années), il est localisé à une profondeur de 23m pour les forages de SAFOR plus au nord et de 22 m au forage de Rebahia au Sud ; où il est marno-argileux à ce niveau. Suite à cette structure géologique, la nappe est semi-libre dans la partie sud et centrale de ce profil, elle devient complètement captive en allant vers la plaine de Teleza (forage de SAFOR), elle a une épaisseur qui varie entre 15 m à 18 m en allant vers le Nord, (Fig. 19).
- Coupe hydrogéologique suivant le profil (SAFOR-Teleza 1) de direction E-O et d'une longueur de 2.15 km, toujours le toit est recouvert par une faible couche d'argile de 6m, le substratum imperméable ici est complètement marneux, il est localisé entre 23m et 24m en allant du forage SAFOR vers Teleza-1 respectivement ; la nappe du sable et gravier de la plaine de Collo a

un aspect de nappe captive suivant ce profil suite à leur toit argileux, elle a une épaisseur de 18m pour le forage de SAFOR à l'Est et de 17m au forage de Teleza-1 à l'Ouest (Fig. 20).

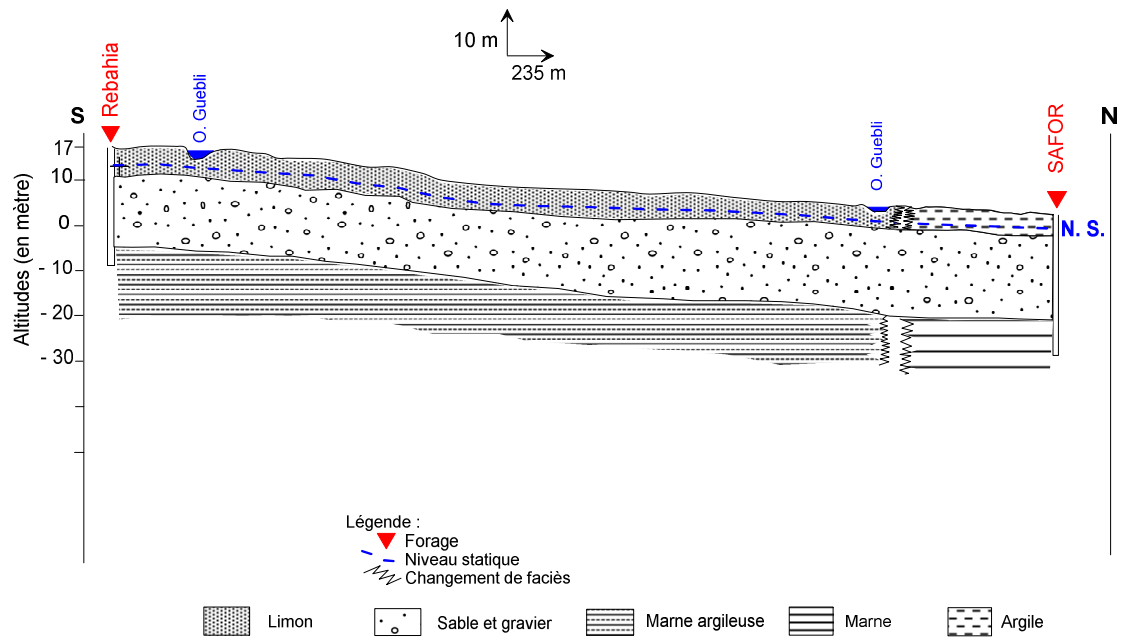


Fig. 19- Coupe hydrogéologique Rebahia-SAFOR, dans la nappe de la plaine de Collo.

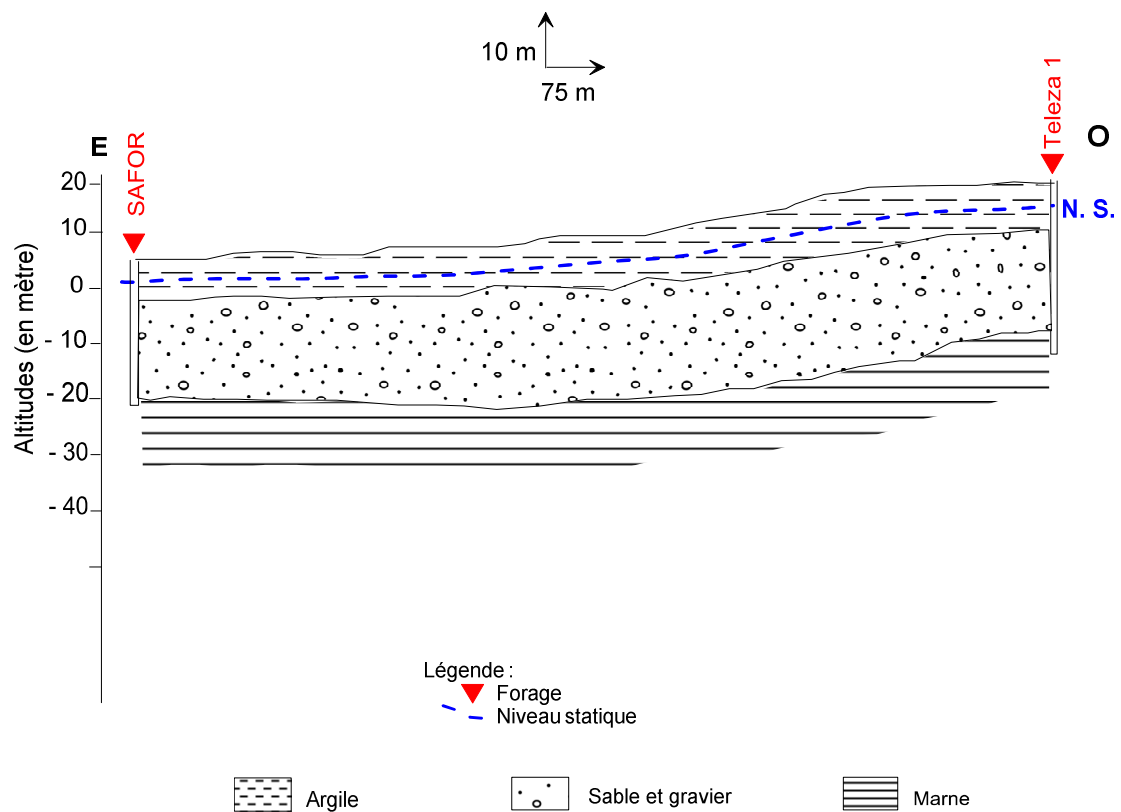


Fig. 20- Coupe hydrogéologique SAFOR-Teleza 1, dans la nappe de la plaine de Collo.

D'après Mecibah (2016) la réserve totale (WT) de cette nappe pour une porosité efficace moyenne de 20 % est de : $WT = 226.106\text{m}^3$. Ainsi, sa carte de perméabilité montre que la partie septentrionale dans la plaine de Teleza est la plus perméable, avec une vitesse de circulation des eaux souterraines qui varie entre $1.2 \times 10^{-3}\text{m/s}$ et $2.6 \times 10^{-3}\text{m/s}$, (Fig. 21) et une transmissivité de 5.3×10^{-2} à 10^{-2} m²/s (CGG, 1965). L'écoulement des ces eaux se fait généralement du Sud au Nord vers la mer, (Ben Rabah, 2006).

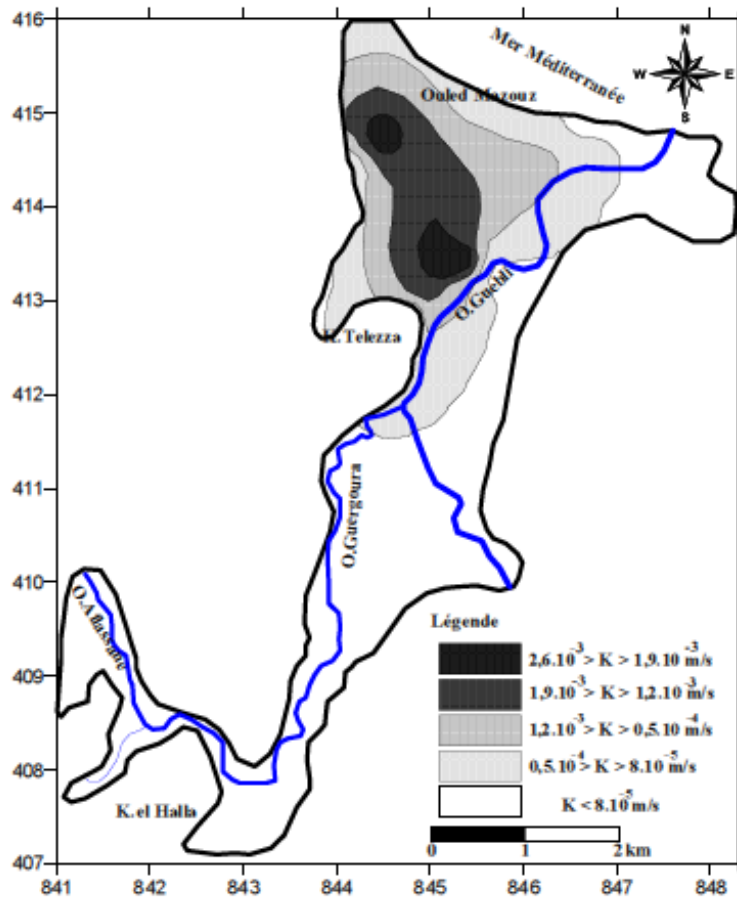


Fig. 21- Carte des perméabilités de la nappe de la plaine de Collo (Mecibah, 2016).

3.3. Alimentation de la plaine de Tamalous-Bin El Ouidenet de la nappe de la plaine de Collo

Alimentée principalement par les eaux de ruissellement pluviales issues de drainage du massif montagneux très accidenté qui caractérise la région. La recharge se fait, en grande partie, directement sur la nappe par les précipitations. Ainsi, une très importante alimentation provient des massifs situés à l'Ouest et au Sud-Ouest. Ces bordures Ouest et Sud-Ouest sont formées de terrasses fluviales et de dépôts de

cônes de déjection surplombant la plaine (Chabour, 2004). La nappe reçoit, en outre, une alimentation latérale à partir de la nappe en gouttière et son affluent l'Oued Guergoura, oued Ouaida, Oued Baroun, Oued Meraya, Oued Khanga, Oued Fessa, Oued Meraba, etc.

4. Etude hydrochimique

Les résultats obtenus des analyses physicochimiques des eaux souterraines de la nappe alluviale du sable et gravier de la vallée de l'Oued Guebli (nappe de la plaine de Tamalous et de la plaine de Collo) pour les Quatre puits localisés dans la commune de Tamalous, point kilométrique 13, la commune de Kerkera et la plaine de Teleza (Fig. 5) et qui captent cette nappe sont comparés aux normes Algériennes de potabilité des eaux superficielles, décrites dans le journal officiel de la république Algérienne N°34 du 19 juin 2011 (Tableau 4). Les normes manquantes sont ensuite complétées à partir des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2022).

Remarque :

- ❖ la norme de potabilité dans les histogrammes est tracée par la ligne rouge.
- ❖ Parmi les Quatre puits, ceux qui appartiennent à la nappe superficielle de la plaine de Tamalous sont les puits **P1** et **P2** (puits de Tamalous et du Point km13). Ainsi, les puits qui appartiennent à la nappe de la plaine de Collo sont les puits **P3** et **P4** (puits de Kerkera et Teleza).

Tableau 4- Normes Algériennes (2011) et de l'OMS (2022) des eaux potables.

Paramètre	Normes de l'eau potable
pH	6.5 < pH < 9
Conductivité électrique (CE)	2800 μ S/cm
Turbidité	2 NTU *
Calcium	200 mg/L *
Dureté (THt)	500 mg/L de CaCO ₃ *
Phosphate (PO ₄ ³⁻)	5 mg/L
Nitrates (NO ₃ ⁻)	50 mg/L
Sulfate (SO ₄ ²⁻ mg/L)	400 mg/L
Chlorure (Cl ⁻)	500mg/L
DBO ₅	>3
Magnésium (Mg ²⁺)	50 mg/L *
TAC	500 mg/L *
Nitrite (NO ₂ ⁻ mg/L)	0.2 mg/L *
Sodium (Na ⁺)	>200 mg/L *
Fer total	0.3 mg/L

(*) Normes OMS (2022).

4.1. Interprétation des analyses physico-chimiques

4.1.1. LepH

Les valeurs de pH dans les quatre puits sont acceptables et ne dépassent pas la norme, les eaux souterraines de la nappe alluviale du sable et gravier de la plaine de Tamalous et de Collo sont de bonne qualité de pH, elles sont légèrement acides pour les eaux de la 2^{ème} campagne, (Fig. 22). Le pH le plus acide est celui du P3 (puits de Kerker) de la 2^{ème} campagne (6.44), le plus alcalin P2 avec ph de 7.38 de la 1^{ère} campagne.

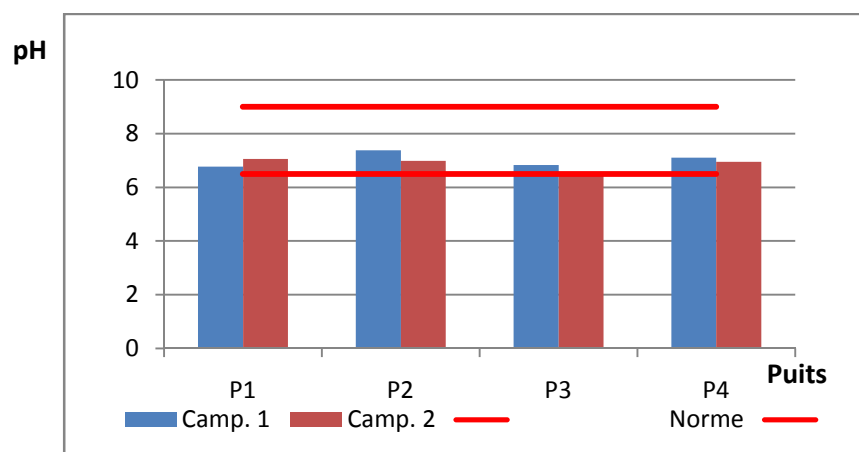


Fig. 22- Variation du pH.

4.1.2. La conductivité électrique

D'après la Figure 23, on constate que les eaux de la nappe du sable et gravier de la vallée de l'Oued Guebli (nappe de la plaine de Tamalous et de Collo) ont ainsi une très bonne conductivité, elles ne dépassent pas les normes dans tous les puits pour les deux campagnes. Les eaux de la 2^{ème} campagne sont plus conductrices que celles de la 1^{ère}, cela est dû au lessivage des formations du toit et du réservoir aquifère issues de l'infiltration d'une importante antécédente hauteur des eaux pluviales avec une dissolution remarquable de sels minéraux. Les eaux de la nappe de Tamalous (P1 et P2) sont légèrement conductrices que celles de la nappe de Collo (P3 et P4). Les eaux les plus conductrices sont celles du puits P1 (1102 μ S/cm) de la 2^{ème} campagne, alors que la conductivité la plus faible est de 654 μ S/cm au puits P3 de Kerker de la 1^{ère} campagne. Ainsi, la conductivité diminue on allant du Sud vers le Nord.

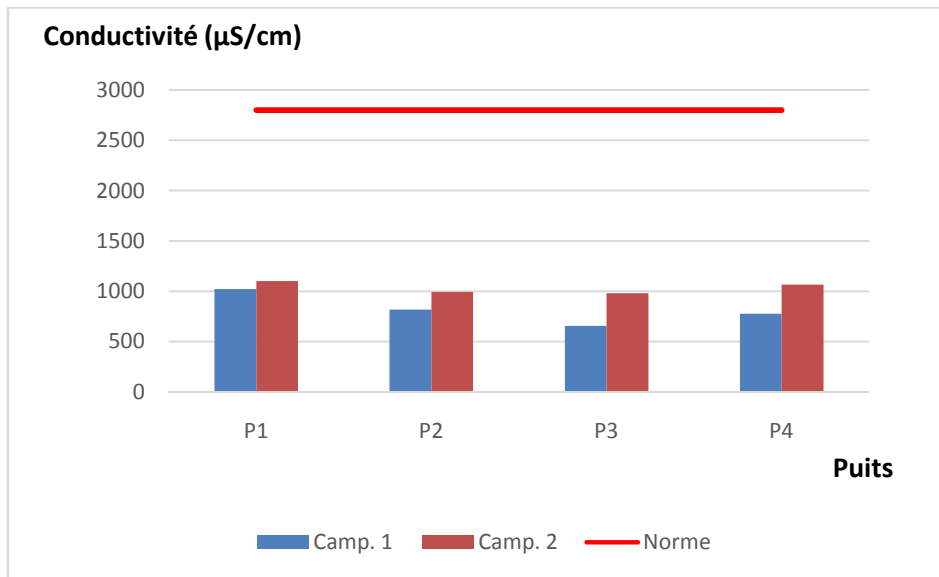


Fig. 23- Variation de la conductivité électrique.

4.1.3. La turbidité

Une turbidité acceptable est mesurée au niveau des eaux souterraines des puits P1 ,P2 et P3 (Tamalous et de Kerker et légèrement au Point km 13), alors que ces eaux deviennent très turbulentes à l'extrême Nord de la nappe au puitsP4 de Teleza (Fig. 24), cette turbidité élevée (maximale de 13.1NTU de la 2^{ème} campagne) est due aux variations brutales du gradient hydraulique d'où l'écoulement souterrain est plus rapide, en plus des pertes de charge quadratiques dues au pompage par les habitants de la région.

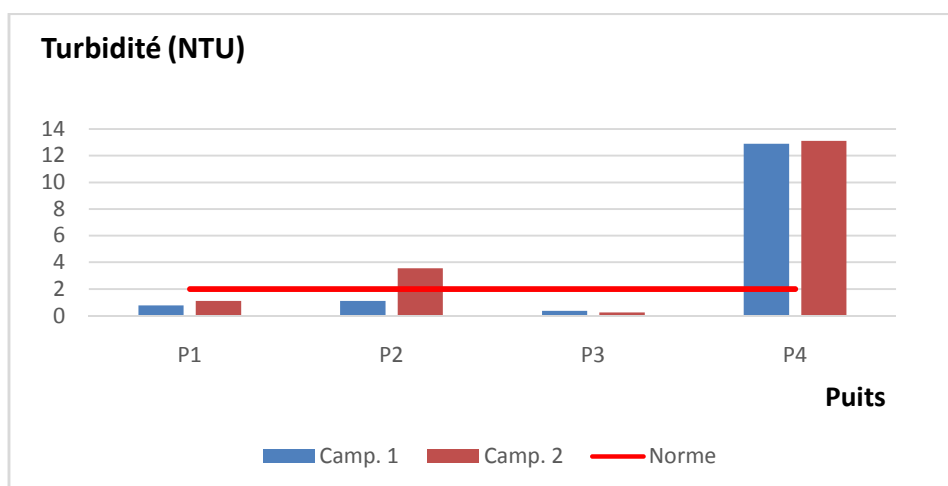


Fig. 24-Variation de la turbidité.

4.1.4. La dureté (THt)

Les eaux de la 2^{ème} campagne ont une bonne dureté avec teneur minimale de 260 mg/L de CaCO₃ (puits P1, P2 et P3), les eaux de la première campagne sont dures dans les puits de la nappe de la plaine de Tamalous (P1 et P2) (580mg/L de CaCO₃) (Fig. 25), la dissolution des roches carbonatées riches en calcium et magnésium (flysch) très fréquentes dans la partie méridionale du bassin versant de 'l'Oued Guebli (Fig. 4) elle a donc une grande influence sur la haute dureté à ces endroits.

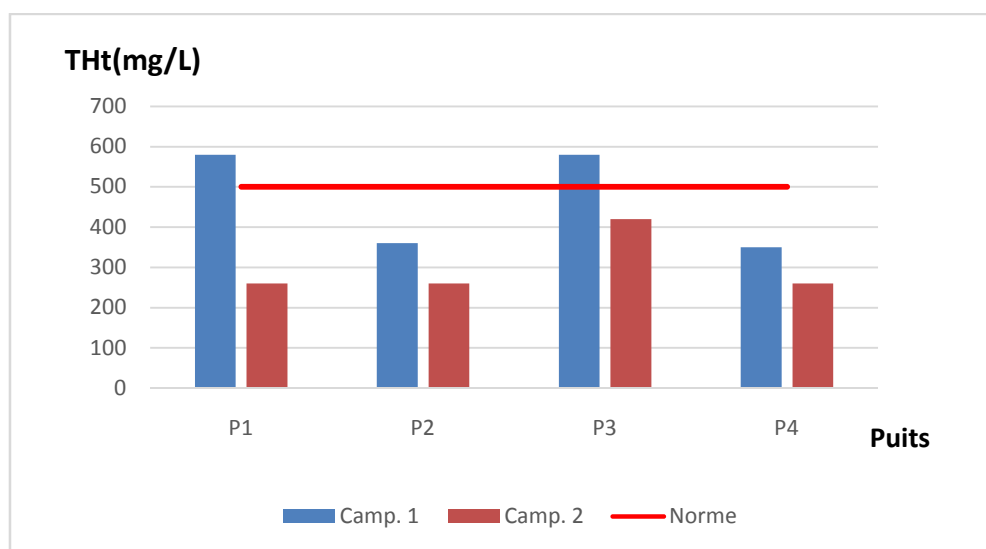


Fig. 25- Variation de la dureté de l'eau.

4.1.5. Le calcium et le magnésium

Même allure que l'histogramme de la variation de la dureté, puisque c'est le calcium et le magnésium qui constituent la dureté permanente de l'eau. Toujours les puits P1 de Tamalous (au Sud) et P3 de Kerkeria qui ont les plus hautes teneurs en calcium et magnésium à cause de lessivage des formations carbonatées du Sud du bassin versant de 'l'Oued Guebli (Fig. 26 et 27)

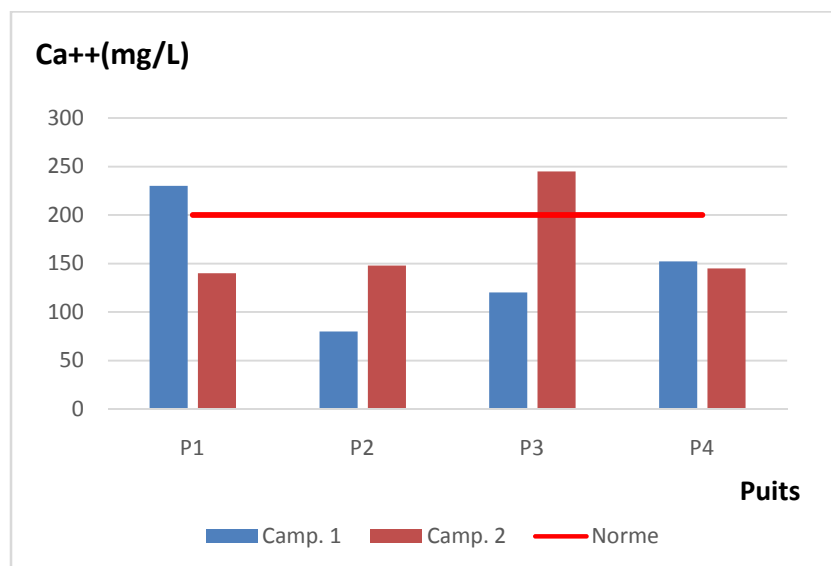


Fig. 26- Variation de la teneur en calcium.

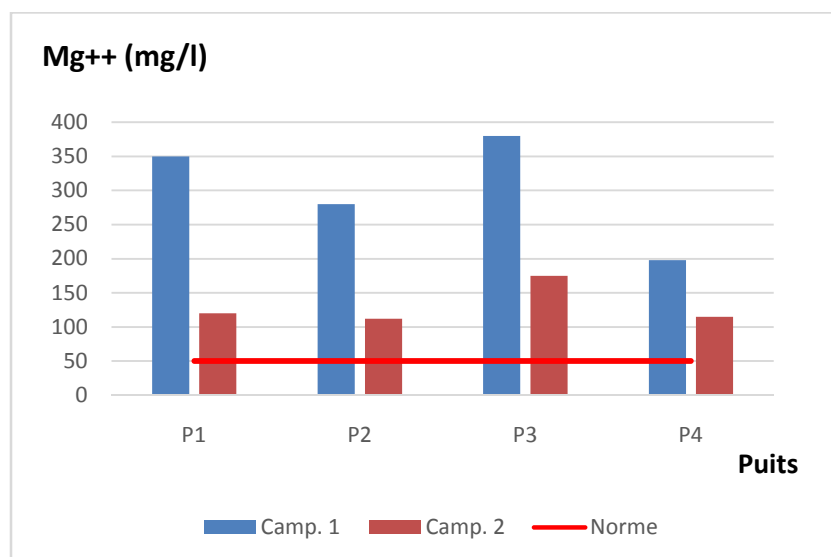


Fig. 27- Variation de la teneur en magnésium.

4.1.6. Le sodium

Les teneurs en sodium sont excellentes par rapport à leur potabilité dans tous les puits pour les deux campagnes des eaux souterraines de la nappe du sable et gravier de la vallée de l'Oued Guebli. Néanmoins, les puits de la partie septentrionale puits P2, P3 et P4 ont des teneurs supérieures au puits P1 de Tamalous au Sud (maximale de 49 mg/L au puits P2 de la 2^{ème} campagne et minimale de 28 mg/L au puits P1 de la 1^{ère} campagne), cette salinité est due à la fois à la dissolution du sodium des couches argileuses qui constituent soit le toit ou le mur de cette nappe de la plaine de Collo dans la partie Nord, (Fig. 28).

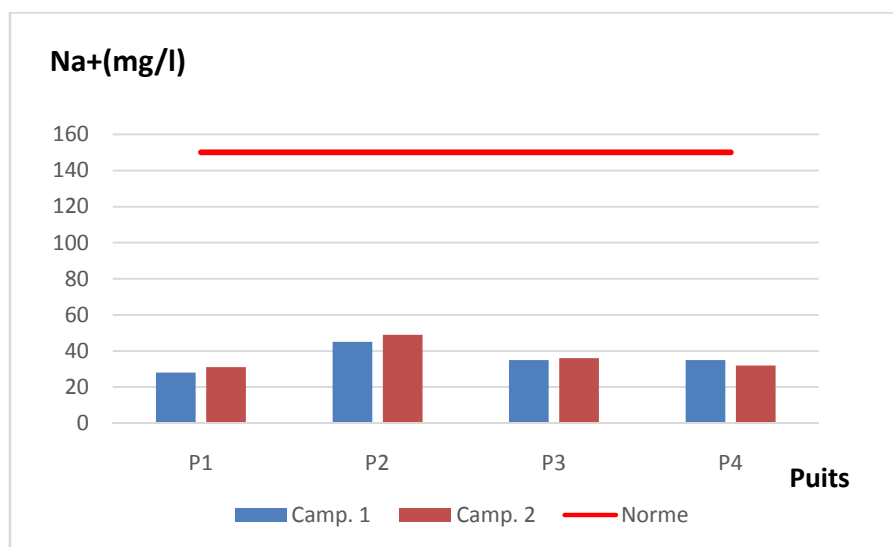


Fig. 28- Variation de la teneur en sodium.

4.1.7. Le potassium

Sa teneur ne dépasse pas la norme dans tous les puits des deux campagnes. Sa faible présence dans les eaux pourrait provenir de l'altération des biotites en chlorites. C'est toujours la partie Nord ; la nappe du sable et gravier de la plaine de Collo qui est la plus concentrée en cet élément (teneurs maximale de 12 mg/L aux puits P3 et P4) à cause de la nature lithologiques argileuse du toit ou du mur (substratum) à ces endroits contrairement du puits de la partie Sud au puits P1 (nappe superficielle de la plaine de Tamalous) où les argiles sont moins fréquentes avec teneur minimale de 1 mg/L de la 1^{ère} campagne (Fig. 29).

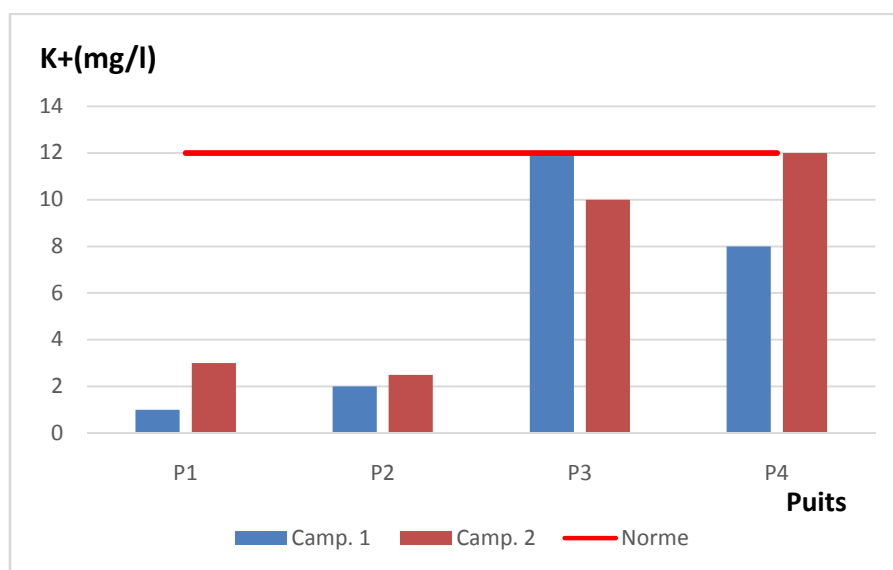


Fig. 29- Variation de la teneur en potassium.

4.1.8. Le fer total

Les teneurs en fer total sont acceptables dans tous les puits pour les deux campagnes (teneur minimale de 0.01 mg/L au puits P3 de la 1^{ère} campagne) à l'exception du dernier puits le plus au Nord P4; celui de la nappe de plaine de Collo à Teleza, où la norme fixée à moins de 0.3 mg/L est largement dépassée, elle atteint 1.02 et 1.5 mg/L pour la 1^{ère} et la deuxième campagne respectivement (Fig. 30). La présence de la pyrite (FeS_2) est fréquente dans des niveaux alluvionnaires, tourbeux et argileux (cas de notre nappe du sable et gravier), sont oxydation induit l'augmentation des teneurs en sulfates et en métaux traces dans les aquifères, à l'état naturel ce phénomène se rencontre fréquemment lors du passage en captivité de la nappe où initialement la nappe libre constitue un flux d'éléments oxydants vers le milieu captif réducteur (Mariotti, 1994). Notre nappe du sable est gravier de la plaine de Tamalous et de Collo présente cet aspect de variabilité entre nappe libre et captive à travers la zone d'étude. En plus, le pompage excessif dans cette dernière vocation agricole pour l'irrigation des parcelles cultivées et donc l'équipement en crépines rouillées contribue ainsi à l'augmentation des teneurs en fer à cet endroit, contrairement aux autres puits de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous.

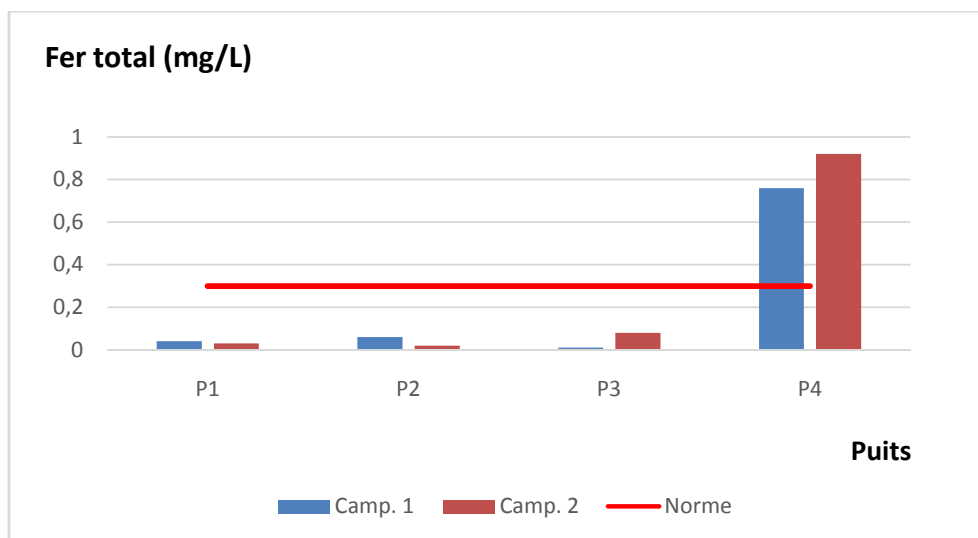


Fig. 30- Variation de la teneur en fer total.

4.1.9. Les sulfates

La présence de sulfate dans l'eau est due à cause du lessivage des roches gypseuses et de l'oxydation de la pyrite (FeS_2) et des autres sulfures métalliques (fer, nickel, cuivre, ...), ainsi qu'à l'utilisation excessive des engrais sulfatés en agriculture.

Les eaux souterraines de la nappe du sable et gravier de la plaine de Tamalous et du Collo ont une concentration qui ne dépassent pas les normes de potabilité (teneur minimale de 41 mg/L au puits P2 du point km13 de la 1^{ère} campagne), les teneurs sont inférieures à la concentration maximale admissible (maximale concentration au puits P3 de Kerkeria avec 150.6 mg/L pour la 2^{ème} campagne). Les eaux de la deuxième campagne sont plus sulfatées que celles de la première (Fig. 31).

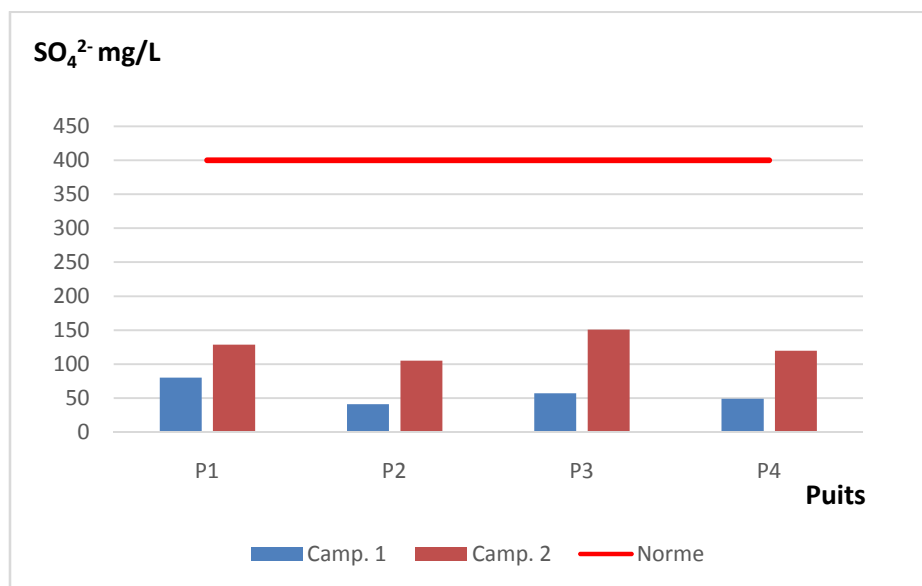


Fig. 31-Variation de la teneur en sulfate.

4.1.10. Les chlorures

La teneur en ion chlore des eaux naturelles est essentiellement associée à celle du sodium. Les eaux trop riches en chlorure sont laxatives et corrosives. La concentration des chlorures dans l'eau, dépend aussi de terrain traversé. Les eaux de la nappe du sable et gravier de la vallée de l'Oued Guebli (nappes de la plaine de Collo et nappe superficielle de la plaine de Tamalous) ont une teneur acceptable en chlorures, la teneur minimale est de 142 mg/L au puits P4 de Teleza de la 1^{ère} campagne, alors la teneur maximale est dosée au niveau du puits P2 du point km13 de la 2^{ème} campagne avec 266 mg/L. les eaux des puits de la partie Sud P1 et P2 (nappe superficielle de la plaine de Tamalous) sont plus chlorurées par rapport à celles de la nappe de la plaine de Collo, ce qui signifie l'impact des eaux usées largement évacuées riches en cet élément à ce niveau et qui infiltrent dans la nappe le long de l'Oued (Fig. 32).

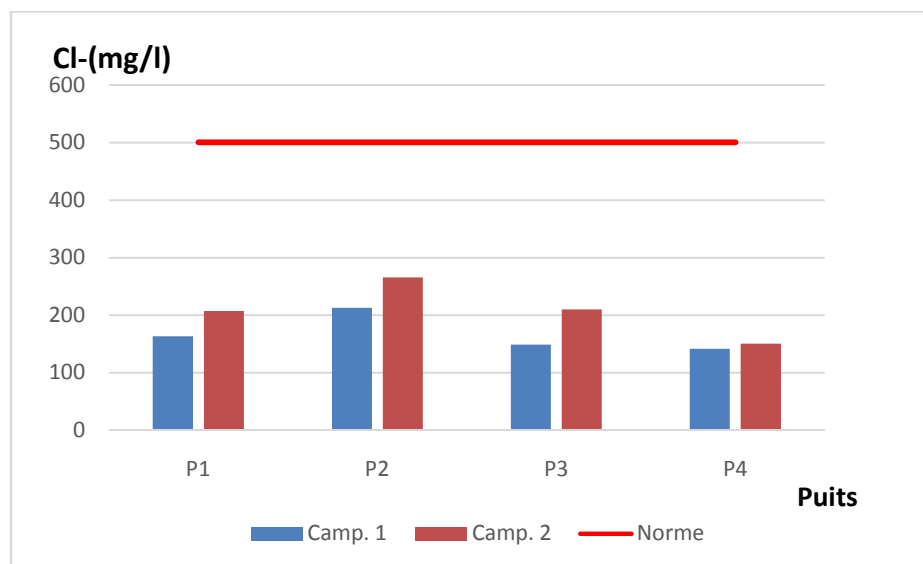


Fig. 32- Variation de la teneur en chlorures.

4.1.11. Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Si le pH est compris entre 4.5 et 8.3, ce qui est le cas des eaux naturelles et les eaux souterraines de la nappe de sable et gravier de notre région, les seules espèces alcalines présentes en quantité mesurable par titrage sont les bicarbonates HCO_3^- .

Les eaux de la 2^{ème} campagne sont les plus bicarbonatées avec teneur maximale de 616 mg/L au puits P4 ; ce qui traduit leurs caractères basiques, alors que les puits de la 1^{ère} campagne sont moins alcalines (teneur minimale de 200 mg/L à P1), (Fig. 33). Les eaux de la nappe de la plaine de Collo sont plus bicarbonatées que celles de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous

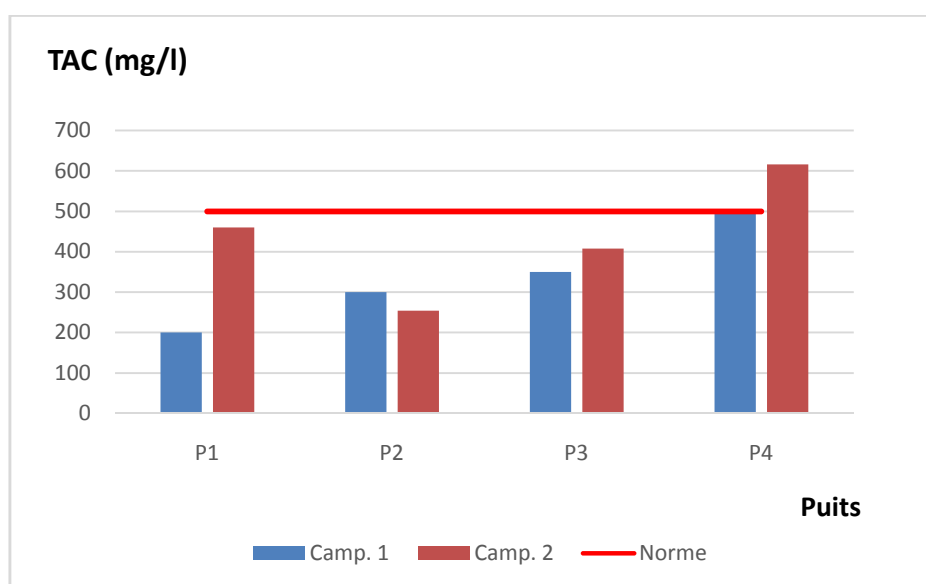


Fig. 33- Variation des Titre Alcalimétrique Complet (TAC).

4.1.12. Le titre alcalimétrique (TA)

Le TA d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{2-}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité. Le TA est principalement influencé par la présence de bicarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}) et d'hydroxydes (OH^-).

Il a de très faibles teneurs dans tous les puits avec 0.5 mg/L (2^{ème} campagne), les eaux de la 1^{ère} campagne possèdent de nulles valeurs, (Fig. 34).

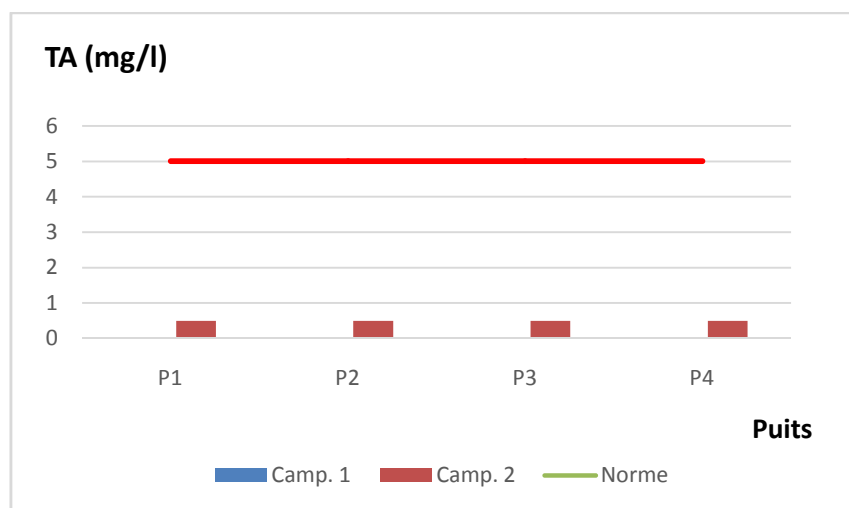


Fig. 34-Variation du titre alcalimétrique (TA).

3.1.13. Les nitrates

Les sources naturelles de nitrate sont principalement la pluie et les interactions avec le sol et la végétation, l'origine artificielle des nitrates est la contamination par des engrais et les rejets domestiques. La teneur en nitrate est plus faible dans tous les puits, elle est de 0.008 mg/L à Tamalous (P1) de la 1^{ère} campagne, la concentration maximale est de 1.5 mg/L au puits P4 de Teleza de la 2^{ème} campagne, (Fig. 35).

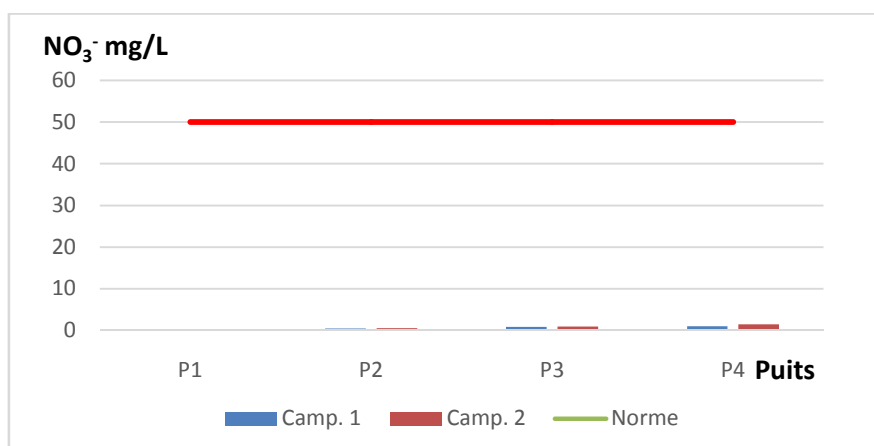


Fig. 35-Variation de la teneur en nitrate.

Les eaux de la nappe de la plaine de Collo sont légèrement riches en nitrate que celles de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous, ce qui confirme l'impact des engrais largement utilisés dans la partie Nord.

4.1.14. Le nitrite

Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels, provient soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction de nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Les eaux de la nappe du sable et gravier possèdent des teneurs faibles en ce paramètre dans sa partie de la nappe superficielle de Tamalous à l'exception du puits P4 la nappe de la plaine de Collo à Teleza plus au Nord, où les teneurs dépassent la norme de potabilité pour les deux campagnes avec une concentration maximale de 0.63 mg/L à la 2^{ème} campagne (Fig. 36). Cette augmentation confirme l'impact de l'utilisation excessive des engrais largement utilisés par les agriculteurs dans la nappe de la plaine de Collo.

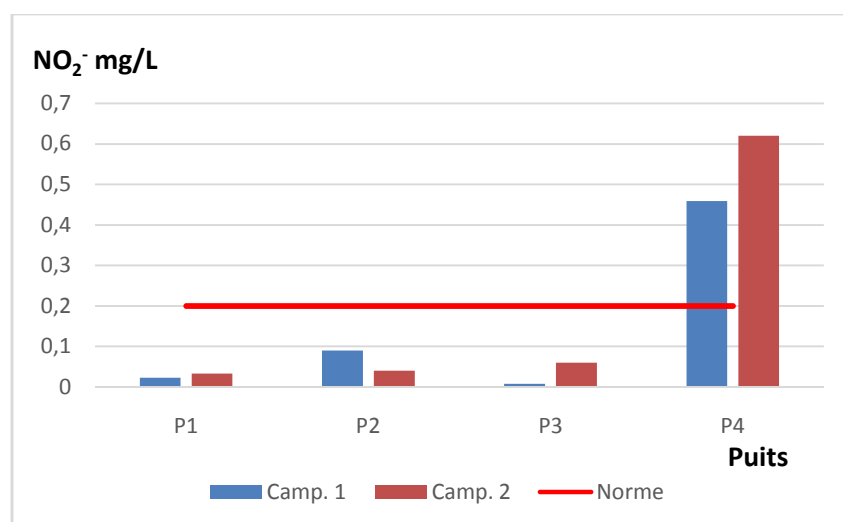


Fig. 36-Variation de la teneur en nitrite.

4.2. Faciès chimiques des eaux de la nappe du sable et gravier

A l'aide du digramme de Piper (1944) ont a pu montrer les différents faciès des eaux souterraines qui se résument comme suit :

- Les eaux de la nappe superficielle du sable et gravier de la plaine de Tamalous possèdent un faciès chloruré, sulfato-calcique et magnésien (puits P1 de Tamalous et P2 du Point km13) pour les deux campagnes. Celles de la nappe

de la plaine de Collo ont un faciès bicarbonaté calcique et magnésien pour la 1^{ère} campagne et mélange des deux pour la 2^{ème} campagne (Fig. 37 et 38).

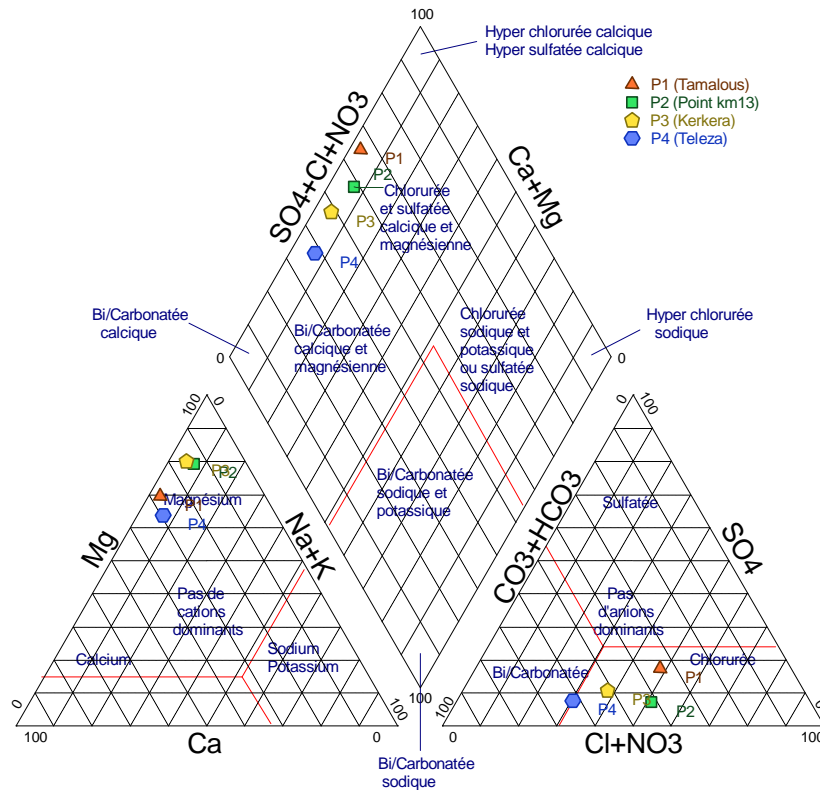


Fig. 37- Faciès chimiques des eaux de la 1^{ère} campagne d'après le diagramme de Piper.

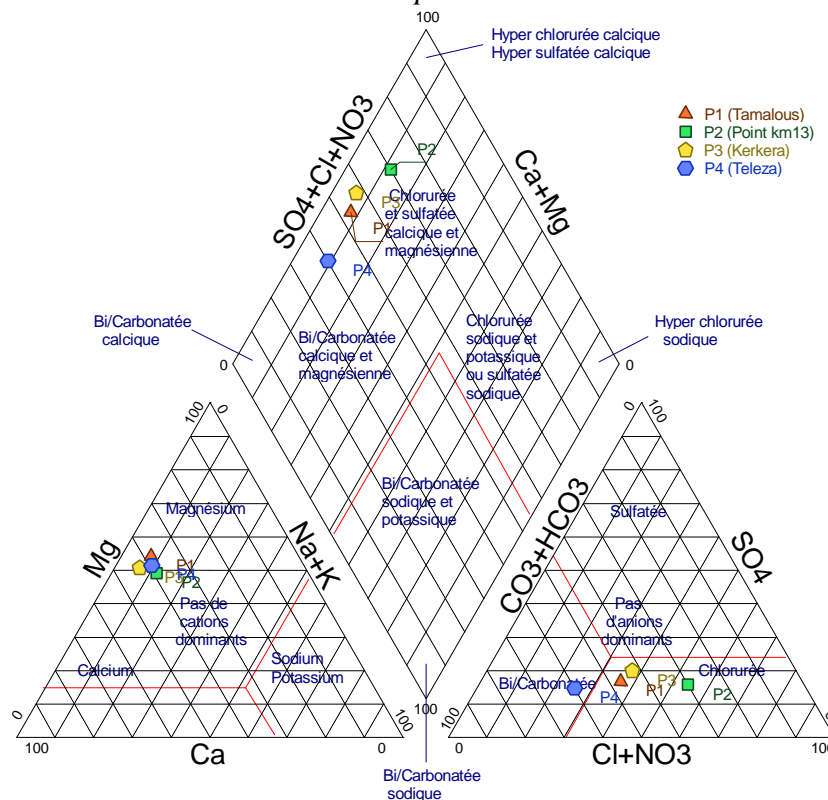


Fig. 38- Faciès chimiques des eaux de la 2^{ème} campagne d'après le diagramme de Piper.

Par le diagramme de **Schoeller-Berkaloff** ; on peu trouver les faciès suivant :

- **1^{ère} Campagne (Fig. 39) :**
 - Les eaux souterraines de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous sont : le puits P1 de Tamalous qui a un faciès chloruré magnésien et le puits P2 du Point km13 avec faciès chloruré magnésien.
 - Les eaux souterraines de la nappe de la plaine Collo sont : le puits P3 de Kerkeret le puits P4 de Teleza, qui possèdent un faciès bicarbonaté magnésien.
- **2^{ème} Campagne (Fig. 40) :**
 - Les eaux souterraines de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous : le puits P1 de Tamalous qui a un faciès bicarbonaté magnésien et le puits P2 du point km13 qui a un faciès chloruré magnésien;
 - Les eaux souterraines de la nappe de la plaine Collo: le puits P3 de Kerkeret et le puits P4 de Teleza possèdent un faciès bicarbonaté magnésien.

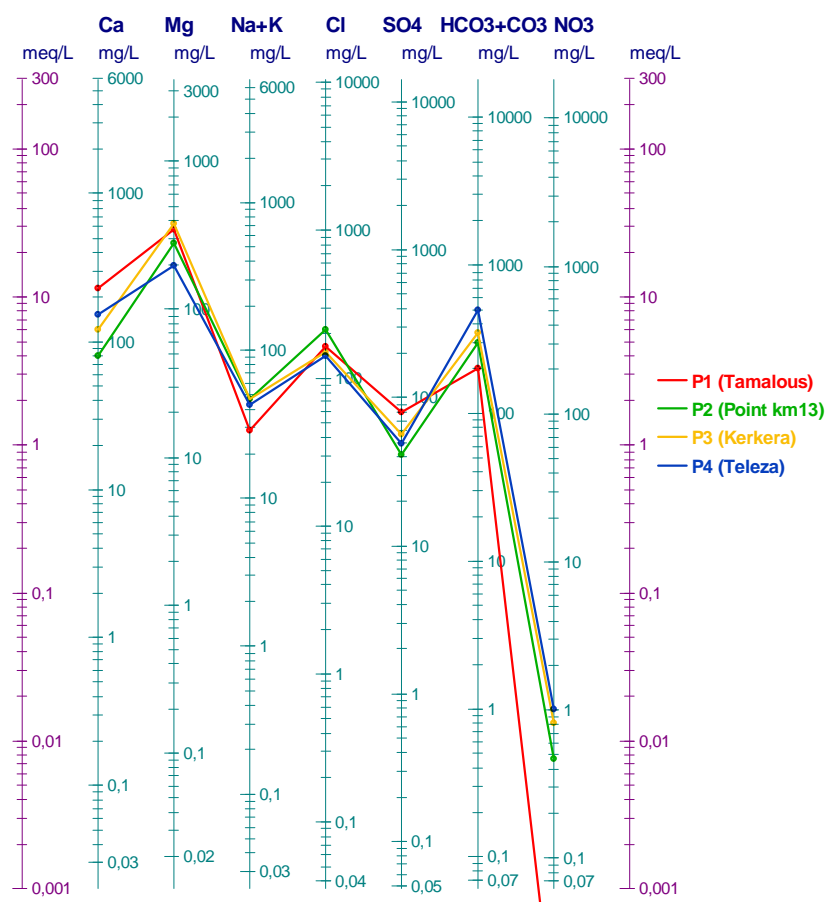


Fig. 39- *Faciès chimiques des eaux de la 1^{ère} campagne d'après le diagramme de Schoeller-Berkaloff.*

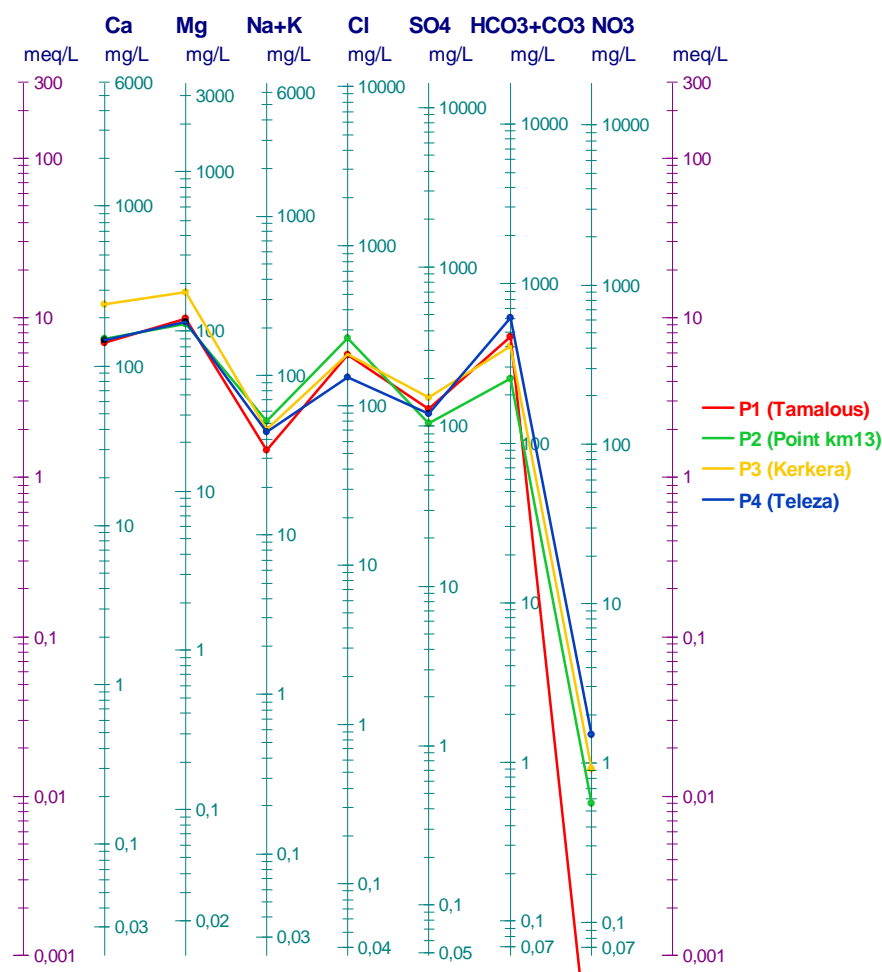


Fig. 40- *Faciès chimiques des eaux de la 2^{ème} campagne d'après le diagramme de Schoeller-Berkaloff.*

4.3. Qualité des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et du Collo pour l'utilisation en irrigation

Irriguer des cultures ou des espaces verts qui utilisent toute sorte d'eau n'est pas une opération négligeable. En effet, l'eau peut transporter une pollution qui peut engendrer tant de problèmes, notamment des menaces pour la santé publique, la conservation des sols, la protection de l'environnement et des écosystèmes, qu'il ne faut pas les sous-estimer ni exagérer (Boudjebieur, 2022).

4.3.1. Les facteurs déterminant l'usage agricole de l'eau

Pour classer l'eau destinée à l'irrigation, il faut combiner les éléments chimiques présents dans l'eau avec la conductivité. Nous allons donner un aperçu sur ces méthodes. Nous présenterons un aperçu de ces méthodes, en commençant par :

4.3.1.1. Le Rapport D'adsorption du Sodium (SAR)

Paramètre chimique important pour estimer la suffisance de l'eau pour l'irrigation à titre de teneur en sodium ou de risque alcalin pour les cultures, qui est exprimé en taux d'adsorption de sodium (SAR). Les ions calcium et magnésium sont importants étant donné qu'ils ont tendance à contrer l'effet du sodium.

Une concentration plus élevée de SAR entraîne une dégradation de la structure physique du sol (Tableau 5). Le sodium est adsorbé et s'attache aux particules de sol. Le sol devient alors dur et compact lorsqu'il est sec et imperméable à la pénétration de l'eau (Wilcox, 1948). Le SAR est calculé à partir du rapport sodium sur calcium et magnésium, il est défini par la relation suivante :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

Ca²⁺, Mg²⁺ et Na⁺ sont exprimés en meq/l. les résultats sont représentés dans le tableau 6.

Tableau 5- Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation.

SAR		Notes
Nul	< 3.0	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
Léger à modéré	3.0 - 9.0	Entre 3 et 6, une attention particulière doit être portée sur les récoltes sensibles. Entre 6 et 8 du gypse doit être utilisé. Récoltes non sensibles. Des échantillons de sol doivent être prélevés et examinés tous les 1 ou 2 jours pour déterminer S'il y a une augmentation des teneurs en Sodium.
Elevé	> 9.0	Domage sévère.

N.B. Seulement les analyses des eaux de la 2^{ème} campagne qui ont été utilisées pour la détermination de la qualité des ces eaux en irrigation en raison de la période où elles sont effectuées (31 avril) qui nécessite une irrigation après une bonne saison pluvieuse en hivers.

Tableau 6- Résultats du SAR des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo pour la 2^{ème} campagne.

Points	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	SAR	Résultats
P1	7,00	10,00	1,35	0.45	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
P2	7,40	9,33	2,13	0.73	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
P3	12,25	14,58	1,57	0.42	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
P4	0,98	1,03	0,65	0.65	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau

4.3.1.2. Aptitude des eaux à l'irrigation

Deux méthodes ont été adoptées pour la classification des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo, cités ci-dessous :

4.3.1.2.1. La méthode de Richards (Riverside)

Il met en évidence différentes classes d'eau qui ont été définies sur la base du taux d'absorption de sodium (S.A.R) et sur la concentration de l'eau sous la forme de la conductivité électrique. On peut trouver les classes suivantes :

Tableau 12- Classification par le diagramme de Richards.

Degré	Qualité	Classe	L'état d'utilisation
1	Excellente	C1-S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité.
3	Admissible	C3-S1 C3-S2 C2-S3	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

Les valeurs obtenues à partir des échantillons analysés ont été reportés sur le diagramme de Richards (Fig. 41).

Tous les échantillons des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo appartiennent à la classe C3S1, Admissible à l'irrigation.

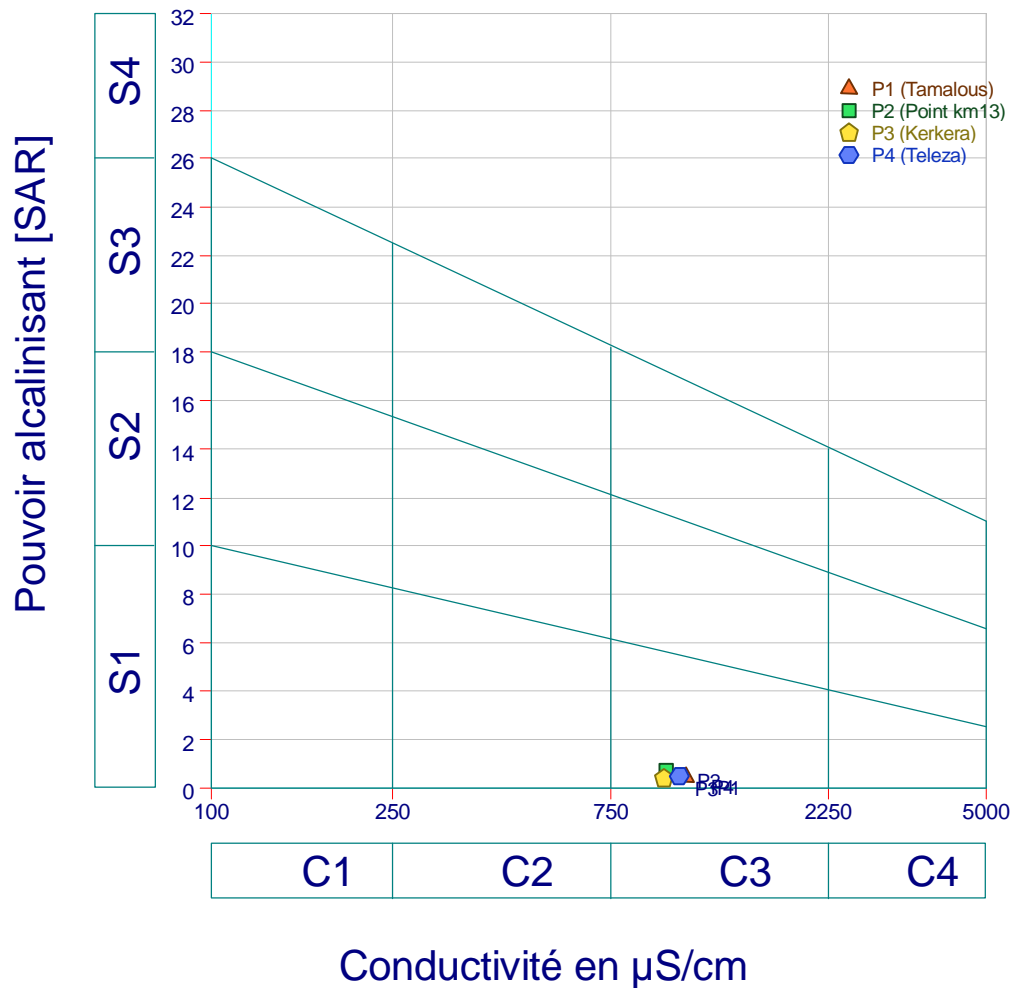


Fig. 41- Classification des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo de la 2^{ème} campagne par la méthode de Richards (Riverside).

4.3.1.2.2. La méthode de Wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau qui est exprimée en pourcentage, est définie par la relation :

$$\text{Na}\% = \frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} * 100$$

Cette classification définit cinq classes d'eau qui sont : Excellente – Bonne – Admissible - Médiocre – Mauvaise

Le diagramme de la classification de Wilcox (Fig. 42), montre que les eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo appartiennent à la classe : **Bonne**, ce qui confirme leur bonne utilisation comme eau d'irrigation.

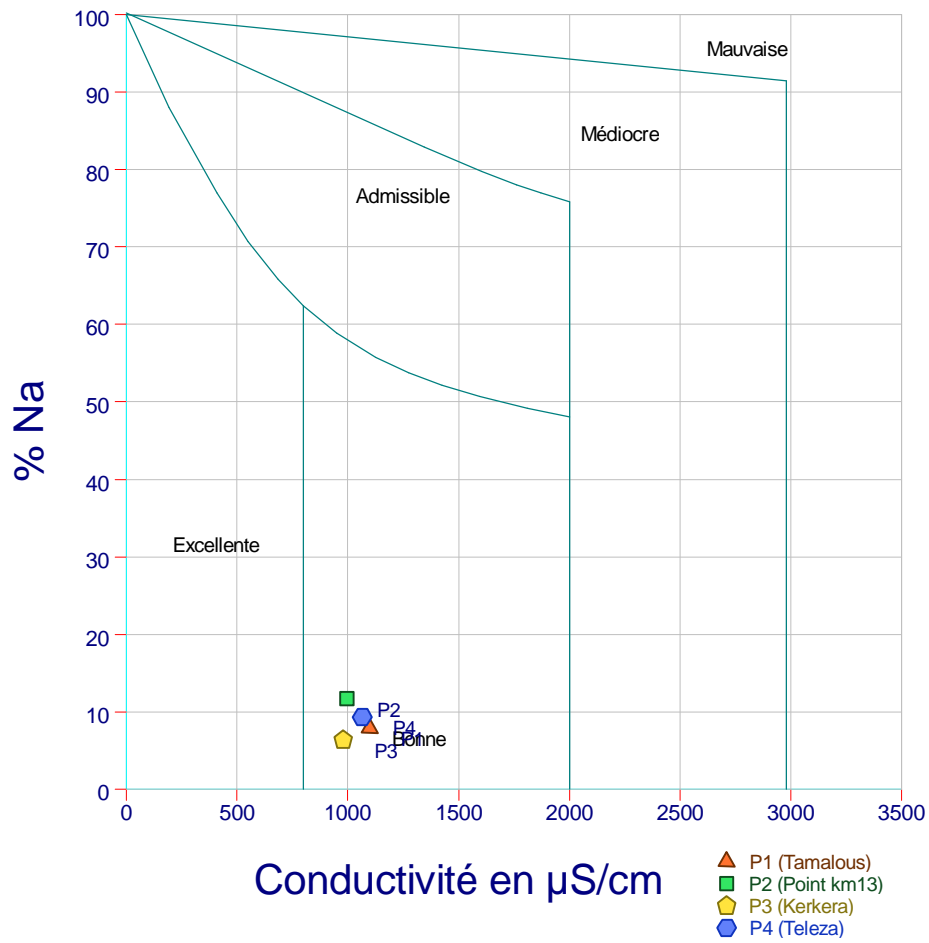


Fig. 42- Classification des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo de la 2^{ème} campagne par la méthode de Wilcox.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'Oued Guebli qui a une longueur de plus de 45 km, draine une superficie de 993 km² et apporte un volume annuel important, il est alimenté par les eaux pluviales précipitées et ruisselées à travers ses affluents et les massifs montagneux du bassin versant qui porte son nom.

Les caractérisation des aquifères de la vallée de l'Oued Guebli par les études géophysiques suivant la méthode de la prospection électrique depuis l'agglomération de Souk-Tleta (Commune de Sidi Mezghiche) au Sud jusqu'au Teleza (commune de Collo) au Nord, passant par les commune de Tamalous et de Kerkeria a montrée l'existence d'horizons aquifères très semblables, qui ont la même nappe superficielle constituée de sable et gravier qui fait l'objet de notre étude, en plus de nappes profondes qui marquent la distinction des horizons aquifères en deux types ; qui sont la nappe superficielle et souterraine de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden et la nappe superficielle de la plaine de Collo.

L'étude détaillée de la lithologie des ces nappes par l'analyse de données de Six forages implantés à travers ces horizons et qui captent totalement la nappe superficielle depuis le toit jusqu'au substratum du Sud vers le Nord, ainsi que le traçage de Quatre coupes hydrogéologiques ont montrés que :

- *Pour la nappe superficielle et souterraine de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden ;* uniquement la présente étude concerne la détermination de la nappe superficielle suite à la profondeur limitée des forages, ce sont des formations Quaternaires alluvionnaires de sable et gravier sur une superficie de 37 km² qui constituent la nappe dans cette région, l'étude des Deux coupes hydrogéologiques réalisées à partir des colonnes stratigraphiques des forages implantés du profil (Souk Tleta-Tamalous 4) et du profil (Tamalous 4-Tamalous 3- Rebahia) a montrée que cette nappe du sable et gravier a une épaisseur qui varie entre 7 à 12m, elle est de type semi-libre avec un toit semi-perméable de limon de 2 à 7m d'épaisseur et un substratum imperméable marno-argileux à argileux localisé à des profondeurs de 17 à 18m.
- *Pour la nappe de la plaine de Collo ;* les deux autres coupes hydrogéologiques des profils de Rebahia-SAFOR et SAFOR-Teleza-1, de direction S-N et E-O montrent que l'horizon aquifère est toujours la même nappe du sable et gravier du Quaternaire étendue sur plus de 18 Km²., mais à cet endroit elle devient complètement captive on allant vers la plaine de Teleza (forage de SAFOR et Teleza-1), elle a une épaisseur qui varie entre 15 m à 18 m, sont toit imperméable est constitué par une couche d'argile de

6m, alors que son substratum (mur) est marneux. Sa perméabilité (K) varie entre 1.2×10^{-3} m/s et 2.6×10^{-3} m/s, sa transmissivité (T) oscille entre 5.3×10^{-2} à 10^{-2} m²/s, alors que sa réserve totale (WT) est estimée à 226.106m^3 .

Ces deux nappes sont alimentées principalement par les eaux infiltrées de ruissellements pluviales issues de drainage du massif montagneux très accidenté qui caractérise le bassin versant de l'Oued Guebli.

Le suivi de la qualité physicochimique des eaux de la nappe du sable et gravier de la plaine de Tamalous et du Collo dans quelques puits qui les captent dans la vallée de l'Oued Guebli depuis la communes de Tamalous jusqu'à la plaine de Teleza du Sud vers le Nord montre que ces eaux souterraines sont de bonne qualité physicochimique du point de vue de leur potabilité à l'exception du puits P4 de Teleza où les teneurs en nitrites dépassent la norme de potabilité suite à l'utilisation excessive des engrais azotés dans cette région à vocation agricole. Les eaux de la nappe superficielle du sable et gravier de la plaine de Tamalous possèdent un faciès chloruré, sulfato-calcique et magnésien avec des eaux relativement dures, celles de la nappe de la plaine de Collo ont un faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

La détermination de la qualité des eaux de la nappe superficielle de la plaine de Tamalous et de la nappe de la plaine de Collo à l'irrigation par les méthodes du Rapport D'adsorption du Sodium (SAR), de Richards et de Wilcox, montre que ses eaux ont une bonne qualité et pas de restriction sur leur utilisation.

Il y a une interaction réciproque entre les eaux de cet Oued et la nappe phréatique de son vallée ; dont parfois l'Oued alimente la nappe pendant les périodes humides en hiver et contrairement, l'Oued draine la nappe en périodes sèches. Les eaux souterraines de la vallée de l'Oued Guebli ont un intérêt socioéconomique bien marqué suite aux importantes agglomérations urbaines implantées sur les étendues de cette région qui considère les eaux des puits comme une source vitale inévitable pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation des cultures dans une zone connue par leur vaste vocation agricole.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANIREF (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière). (2020). Monographie Wilaya de Skikda. Ministère de l'Industrie, 29p.

ANRH. (2000). Cahier de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques, n°04, septembre 2000, 75p.

Ben Rabah, S. (2006). Etat actuelle des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthèse) bilan – gestion – perspective. Mémoire de Magister: université badjimokhtar-Annaba, 150p.

Boealin J.C. (1999). Pollution industrielle de l'eau, caractérisation, mesure. In techniques de l'ingénieur. Environnement, vol. Usine et ateliers. A 9 n° G 1210 (1999/01).

Boubellouta F., et Guernane S., (2023).Caractérisation des propriétés climatiques et leur impact sur les ressources et les potentialités hydrauliques dans la Wilaya de Skikda. Mémoire de master, Université de Skikda, 70p.

Boudjebieur E., (2022). Modélisation de la gestion des eaux dans la région de Guelma (moyenne Seybouse). Thèse e Doctorat LMD, Université Badji Mokhtar –Annaba.

Chabour N., (2004). La surexploitation des eaux souterraines dans les plaines littorales: la nappe de télezza dans la plaine de Collo (nord-est algérien). *Sciences et technologie.* 22 :127-132p.

Chekroud H., (2007). Étude de la pollution des eaux de la plaine de Telezza due aux activités agricoles et commerciales. Mémoire de magister en chimie. Algérie: Université du 20 Août 1955-Skikda.

CGG, (Compagnie Générale de Géophysique). (1965). Rapport de l'étude géophysique dans la plaine de Collo (Suite à la demande du service du génie rural et de l'hydraulique agricole, arrondissement de Constantine), 20p.

Delga D., (1969). Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131. Alger.

DIAGRAMMES (2023). Version 6.77 (10-03-2023). Avignon université. Logiciels [en ligne]. Consulté le 25/05/2024. Disponible à l'adresse : <https://terre-et-eau.univ-avignon.fr/equipements-de-terrain-et-de-laboratoire/logiciels/>

Gerard G., (1999). L'eau milieu naturel et maitrise.Edition INRA. Volume1. 24P.

Kadi A., (1997). La gestion de l'eau en Algérie, Hydrological Sciences Journal,42 :2 ,191-197 ,DOI :10 .1080 /02626669709492019.

Khalidi F., Smati H., Grara N., Smati N., Maizi N., Boukehili K., Gheid A., (2018). Mesure et controle des propriétés es de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss, Algérie. Environ Risque Sante ; 17 : 253-261. doi : 10.1684/ers.2018.1157

Kruseman G. P., De Ridder N. A., (1973). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data; ILRI, 2nd edition. International Institute for Land Reclamation and Improvement, WAGENINGEN, THE NETHERLANDS.

Mariotti, A., (1994). Dénitrification in situ dans les eaux souterraines, processus naturelles ou provoqués. Hydrogéologie. 3:43-68.

Mecibah I., (2017). Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'Oued Guebli (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat, Univ. d'Annaba, 314p.

Mezzar L., (2015). État de la qualité chimique et bactériologique de la nappe alluviale de Guerrara. Mémoire de magister en écopedologie et environnement. Université KasdiMerbah Ouargla.

Piper A., (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions, American Geophysical Union. 25:914-23.

Raoult. J.F, (1974). Géologie de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mémoire de la société géologique de France. 161 pages.

RICHARDS L.A., (1954) - Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Édit. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook n° 60, Washington (USA), 160p.

Villa. J.M, (1980). La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins AlgeroTunisiens. Thèse de Docteur ES Science Paris 3T. 665p.

Wilcox L.V., (1948). The quality of water for agricultural use. Édit. US Department of Agriculture, Technical Bulletin, vol. 962, Washington (USA), 40p.

World Health Organization (WHO). (2022). Guidelines for drinking-water quality, Fourth edition incorporating the first and second addenda. ISBN 978-92-4-004506-4.[En ligne], consulté le 28/05/2024. Disponible sur l'URL : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

Nom et prénom : ALLALOU Raouia
Nom et prénom : BRAHIMI Douniazed
Nom et prénom : GOUIEZ Rayane
Nom et prénom : KANTAR Chahinez

Titre : Contribution à l'étude hydrogéologique des horizons aquifères de la vallée de l'Oued Guebli, Wilaya de Skikda.

Résumé : L'Oued Guebli qui draine une superficie de 993km² de son bassin versant constitue le long de son étendue par leur important débit et leur transport solide un agent crucial de la formation et de l'alimentation des horizons aquifère de sa vallée et ses terrasses alluviales. Les anciennes études géophysiques dans la région montraient l'existence de deux types de nappe ; la première représentée par la nappe superficielle et profonde de la plaine de Tamalous-Bin El Ouiden au sud, alors que la deuxième consiste à la nappe superficielle de la plaine de Collo au nord. La présente étude contribue effectivement à l'étude des aquifères superficielles uniquement de la plaine de Tamalous et du Collo suite aux données recueillis. Basée sur les colonnes stratigraphiques de six forages implantés dans la vallée de cet Oued depuis les agglomération de Souk Tleta, Tamalous, Kerkeria, PK13 et Teleza on a pu tracer quatre profils hydrogéologiques ; dont deux dans la nappe superficielle de la plaine de Tamalous qui avaient montré l'existence d'un horizon aquifère de sable et gravier de 7 à 12m d'épaisseur pour une nappe semi-libre qui a un toit limoneux et un mur marno-argileux, en plus de deux autres coupes dans la nappe de la plaine de Collo, qui avaient montré que l'horizon aquifère est toujours la nappe du sable et gravier de 15 à 18m d'épaisseur du Quaternaire, mais à cet endroit elle devient captive suite à son toit argileux et sont mur marneux. Ces deux nappes de superficie limitée sont alimentées principalement par les eaux infiltrées de ruissellements. L'étude hydrochimique des eaux de la nappe superficielle du sable et gravier de Tamalous et du Collo, montre que ses eaux sont de bonne qualité physicochimique pour l'utilisation en irrigation et en eau potable.

Mots clés : Vallée, Nappe, Tamalous, Collo, Oued Guebli, Qualité des eaux.

ملخص: يشكل وادي قبلي، الذي يصرف مساحة 993 كيلومترا مربعا من مستجمعاته المائية، على طول امتداده، من خلال تدفقه الكبير ونقله للمواد الصلبة عاملا حاسما في تكوين وتغذية آفاق الخزان الجوفي لهذا الوادي ومدرجاته الغرينية. أظهرت الدراسات الجيوفيزيائية القديمة في المنطقة وجود نوعين من طبقات المياه الجوفية؛ الأولى تتمثل في الطبقة الجوفية العلوية والعميقة لسهل تمالوس بن الويدان جنوبا، بينما تتكون الثانية من الطبقة الجوفية العلوية فقط لسهل القل شمالا. تساهم هذه الدراسة بشكل فعال في دراسة المياه الجوفية للطبقات العلوية فقط في سهول تمالوس والقل حسب البيانات التي تم جمعها. استنادا إلى الأعمدة الطبقيّة لسنة آبار تقع في مجرى هذا الوادي انطلاقا من تجمعات سوق الثلاثاء، تمالوس، PK13، كركرة، وتلزة، يمكن تتبع أربعة ملامح هيدروجيولوجية؛ منها مقطعان هيدروجيولوجيان في الطبقة الجوفية العلوية لسهل تمالوس والذين أظهرنا وجود طبقة جوفية من الرمل والحصى بسماكة 7 إلى 12 متر لطبقة مياه جوفية شبه حرة لها سقف غريني وجدار من الطين المارلي، بالإضافة إلى مقطعين آخرين في طبقة المياه الجوفية العلوية لسهل القل، والتي أظهرت أن أفق طبقة المياه الجوفية هو نفسه من الرمل والحصى بسماك 15 إلى 18 مترا من الزمن الجيولوجي الرابع، ولكنها في هذا الموقع تصبح طبقة مياه مغلقة ذات سطح طيني وجدار مارلي. يتم تغذية هاذين الخزائين ذوا المساحة السطحية المحدودة بشكل رئيسي بمياه الأمطار النافذة عبر طبقات الأرض انطلاقا من السيول السطحية. أظهرت الدراسة الهيدروكيميائية لمياه طبقة الرمل والحصى الجوفية في سهل تمالوس والقل أن مياههما ذات نوعية فيزيائية وكيميائية جيدة للاستخدام في الري و الشرب.

الكلمات المفتاحية: مجرى الوادي، المياه الجوفية، تمالوس، القل، وادي قبلي، نوعية المياه.

Année Universitaire : 2023/2024