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

Université 20 Août 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 II en Sciences Agronomiques

Thème

Évaluation Globale du Système d'Alimentation en Eau d'Irrigation à Partir du Barrage Kenitra Wilaya de Skikda : Description du Schéma Globale de Distribution et Suivi de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement

Présenté par :

- **Boursas Meriem**
- **Boukhannane Roumaissa**
- **Debbah Rania**

Membres de Jury :

Dr. : **Chekroud Hassina**	(MCA)	**Présidente**	Université du 20 Août 1955- Skikda
Dr. : **Daif Noureddine**	(MAB)	**Examinateur**	Université du 20 Août 1955 - Skikda
Pr. : **Heddam Salim**	(Pr)	**Promoteur**	Université du 20 Août 1955 - Skikda

Année universitaire : 2025-2026

Remerciements

Ce travail est le fruit d'un effort continu pendant de longues années dans le domaine de l'Aménagement Hydro-Agricole, et il n'aurait pu voir le jour sans la grâce d'Allah puis le soutien et le dévouement de tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Nous avons le plaisir d'adresser nos plus sincères expressions de remerciements, d'estime et de gratitude à notre encadreur ***Monsieur le Professeur Heddam Salim*** *de l'Université de Skikda, qui fut un modèle d'enseignant dévoué et consciencieux, et qui a dépassé par son dévouement les limites du devoir, en étant un guide, un soutien et une source d'inspiration tout au long de ce travail. Il ne nous a jamais refusé ses précieux conseils, ses orientations sincères et son soutien scientifique et moral. Nous ne serions pas parvenus à ce résultat sans la grâce d'Allah puis grâce à son encadrement et à la qualité de ses orientations. Nous lui témoignons notre profond respect et notre reconnaissance, car les mots ne suffisent pas à exprimer tout ce qu'il nous a apporté.*

Nous adressons également nos plus profonds remerciements aux membres du jury :
Madame Chekroud Hassina *de l'Université de Skikda, qui nous a honorées en acceptant de présider le jury de notre soutenance.*
Monsieur Daif Noureddine *de l'Université de Skikda, qui nous a honorées en acceptant d'examiner notre mémoire et de l'enrichir de ses remarques précieuses.*
Nous remercions particulièrement ***Monsieur Boulahlouba Moussa****, directeur de la station de traitement 400 l/s du barrage guenitra, pour les informations de terrain et techniques qu'il nous a fournies et qui ont été indispensables à la réalisation de ce travail. Ainsi que* ***le laborantin Ismail****, pour le soutien scientifique et pratique qu'il nous a apporté dans le domaine des analyses de laboratoire et de l'utilisation des appareils, ce qui a contribué de manière réelle à la réalisation de cette étude. Nous remercions également l'ensemble du personnel des stations de traitement 100 l/s, 400 l/s et la station principale du barrage guenitra pour leur précieuse collaboration.*
Nous adressons nos sincères remerciements à Monsieur ***le directeur du barrage Guénitra****, pour nous avoir permis d'effectuer une visite de terrain des installations du barrage et de comprendre son fonctionnement, ainsi que pour les données qu'il nous a fournies et qui ont eu un impact considérable dans notre mémoire. Et à* ***Madame l'ingénieure Boudjefal Fatima*** *de l'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID), pour les données et informations techniques dont elle nous a pourvues et qui ont enrichi ce travail.*
Enfin, nous adressons nos chaleureux remerciements à tous ***les enseignants de notre département****, ainsi qu'à tous* ***nos amis et collègues*** *de la Faculté des Sciences Agronomiques, pour tout le soutien et l'aide qu'ils nous ont apportés tout au long de notre parcours universitaire.*

Dédicace

Louange à Dieu... et au terme de ce parcours universitaire...

À ceux qui m'ont appris la persévérance avant le savoir,
à ***mon père*** *mon soutien, et à* ***ma chère mère*** *...*

À mes frères, ma fierté et mon appui ...
Abd el kader, djamal eddin, abd el salam et khalil

À celles qui ont rempli notre maison de chaleur et de joie ...
Samah et Zineb

Au prince des cœurs, le petit ***Adam***

À celles qui ont gardé en moi la mémoire de l'enfance ...
Kawtar, Meriem et Najwa

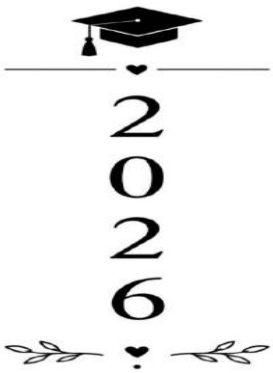
À mes compagnes de route et du parcours universitaire ...
Rania et Meriem

À celui qui n'a pas ménagé son savoir, et qui a été le meilleur guide à chaque étape ...
Mon cher professeur ***Heddam Salim***

À vous tous, je dédie le fruit de ce modeste travail.

Ma réussite n'est due qu'à Allah, et louange à Dieu en premier et en dernier.

Boukhnnane.roumaissa



Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيم

Praise be to Allah, by ***whose grace good deeds are completed, and by whose favor wishes are fulfilled. Had it not been for His guidance and support, this work would never have seen the light. To Him be all praise, first and last.***

To my beloved grandmother DJEMAA BOUCHEMAA, may Allah have mercy on her, my second mother, who left us in body but never left our hearts for a single day, and whom I wished with all my heart could have been present on this day to share its joy with me and see the fruit of what she always wished for me.

To my dear mother LAIB NADIA, who was, after Allah's grace, the reason I reached where I am today, and who was my support and aid throughout the various stages of my life. I dedicate this achievement to her with all pride and love, and I take even greater pride in having been able to share with her the joy of this day and in her witnessing the fruit of years of effort and hard work. O Allah, protect her for me and bless her for me.

To my dear father AHMED who remains deserving of undeniable credit and a place forever preserved in the heart, I offer him all my appreciation and gratitude.
To the man who embraced me, supported me, and was an aid to me, I offer him all my appreciation and gratitude (uncle mekhtar)

To my dear grandfather LAIB HOUSSIE, the tender and cheerful one, who always reminded me that knowledge is the best thing I possess, and who never withheld from me his sincere advice and constant encouragement, for he was an unwavering support and a source of love and reassurance in my life.

To my two sisters Khouloud and Nourhan, companions of my journey, who shared with me moments of joy and hardship, your presence was among the most beautiful things that accompanied this journey.

To my dear uncle Kamal, who whenever I needed himI found him, and to my dear aunt Malika, from whom I always found love, care, and reassurance, and to my uncle Rabeh for his sincere support. To you all I offer my thanks and love.

To my uncles and aunts Omar, Noura, and Fatima, and to the dear cousins of my uncles and aunts, and to Mariam, Chaima, and Abdou, and to every member of my large family who surrounded me with love, prayers, and encouragement.

To my two friends Rania and Mayssa, partners of this journey, who made the university years more beautiful days and unforgettable memories. Thank you for the friendship above all else.

To my honorable professor Haddam Salim, who exceeded the limits of duty in his giving, for he was a guide, a supporter, and a source of inspiration. To him I offer my sincere respect and appreciation.

And finally, to myself, who fought battles no one saw, and persevered despite all the difficulties and stumbles, and believed that after hardship comes a fruit and after patience comes relief. I dedicate to her this achievement and today I take pride in what I have reached, and praise be to Allah who honored me with the attainment of this moment.

BOURSAS MERIEM

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

﴿وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ﴾

[التوبة: 105]

إلى كل من تركوا أثراً في دربي، ولم يكونوا مجرد شهودٍ على مسيرتي:

إلى أمي لامية بوشحيط ملجئي الأبدي، والنسمة التي تهدي خطواتي نحو النور.

إلى أبي العزيز دباح رشيد ركيزتي التي أستند إليها، والقوة التي تمدني بالثبات.

إلى إخوتي وأخواتي: فريال، ياسر، خير الدين، سيد علي، وريتاج؛ أنتم ضياء أيامي، وسندي في هذه الحياة.

إلى توأمَيَّ الغاليتين: فاطمة الزهراء ومريم بتول؛ رفيقات دربي الدائمات، وجزءٌ من كياني.

إلى خالاتي: نجوى ومنيرة، شكراً لوجودكن الدائم، ولنصائحكن الصادقة وقلوبكن الطاهرة.

إلى عائلتي الغالية، التي غمرتني بدعواتها ومحبتها، فكانت لي حصناً منيعاً.

إلى صديقاتي: خديجة، أمل، عبير، شهيناز، آية، وخولة؛ شكراً لأنكن جمّلتن مساري بحضوركن النقي.

إلى زميلتيَّ العزيزتين: روميساء ومريم؛ شريكتيَّ الكفاح والنجاحات المشتركة.

إلى أستاذي الفاضل "هدام"؛ على توجيهه الكريم ونصائحه الغالية التي أنارت لي الطريق طوال هذه المسيرة.

إلى كل من ساندني بكلمة، أو ابتسامة، أو دعوة صادقة.. أهدي إليكم هذا العمل من كل قلبي.

الحمد لله، فبفضله ونوره تتم الصالحات

DEBBAH RANIA

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم منظومة التمويل بمياه الري انطلاقًا من سد قنيطرة (البركة) بولاية سكيكدة، وذلك من خلال وصف المخطط العام لشبكة التوزيع ومتابعة جودة المياه على مستوى محطتي المعالجة. يتمتع سد قنيطرة بطاقة استيعابية إجمالية تبلغ مائة وخمسة وعشرين مليون متر مكعب، وحجم سنوي قابل للتنظيم يقدر بسبعة وأربعين هكتومترًا مكعبًا، موزعًا بين التزويد بالمياه الصالحة للشرب وري محيط صفصاف .تمت متابعة مجموعة من المعاملات الفيزيائية والكيميائية على مستوى محطتي المعالجة ذواتي الطاقة أربعمائة لتر في الثانية ومائة لتر في الثانية، شملت درجة حرارة المياه، والأس الهيدروجيني، والتوصيل الكهربائي، والعكارة، وتركيز الكالسيوم، وتركيز المغنيزيوم، وتركيز الكلوريدات، والقلوية الكلية، والصلابة الكلية.اعتمدت الدراسة على التحليل الإحصائي الوصفي وحساب مصفوفة الارتباط بين المعاملات المختلفة. وأظهرت النتائج أن مياه سد قنيطرة تتميز بطابع قلوي معتدل، حيث بلغ متوسط الأس الهيدروجيني 8.02، بينما بلغ متوسط التوصيل الكهربائي 636.58 ميكروسيمنس في السنتيمتر، وسجلت العكارة قيماً متغيرة تراوحت بين 22.10 و60.30 وحدة عكارة، وهو ما يعكس تأثير الظروف الهيدرولوجية للحوض المائي.كما أثبتت محطتا المعالجة فعاليتهما من خلال تحقيق تحسن ملحوظ في جودة المياه قبل توزيعها على سكان بلديات تمالوس وعين قشرة وأم الطوب وسيدي مزغيش

الكلمات المفتاحية: سد قنيطرة؛ شبكة توزيع مياه الري؛ محيط صفصاف؛ محطة معالجة المياه؛ جودة المياه؛ التحاليل الفيزيائية والكيميائية

Résumé :

Cette étude vise à évaluer le système d'alimentation en eau à partir du barrage de Guénitra (El Baraka), wilaya de Skikda, à travers la description du schéma global du réseau de distribution et le suivi de la qualité des eaux au niveau de deux stations de traitement. Le barrage de Guénitra dispose d'une capacité de stockage totale de 125 millions de m^3 et d'un volume annuel régularisable estimé à 47 hm^3, réparti entre l'alimentation en eau potable et l'irrigation du périmètre Saf-Saf. Les paramètres physico-chimiques suivis au niveau des deux stations de traitement de capacité 400 L/s et 100 L/s sont : la température (T_w), le pH, la conductivité électrique (EC), la turbidité (TU), le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), les chlorures (Cl^-), le TAC et la dureté totale (THT). L'étude s'est appuyée sur l'analyse statistique descriptive et le calcul de la matrice de corrélation entre les différents paramètres. Les résultats ont montré que les eaux du barrage de Guénitra se caractérisent par un caractère légèrement alcalin avec un pH moyen de 8.02, une conductivité électrique moyenne de 636.58 µS/cm et une turbidité variable comprise entre 22.10 et 60.30 NTU. Les deux stations de traitement ont prouvé leur efficacité en réalisant une amélioration significative de la qualité de l'eau avant sa distribution aux populations de Tamalous,ain kechra , Oum Toub et Sidi Mezghiche.

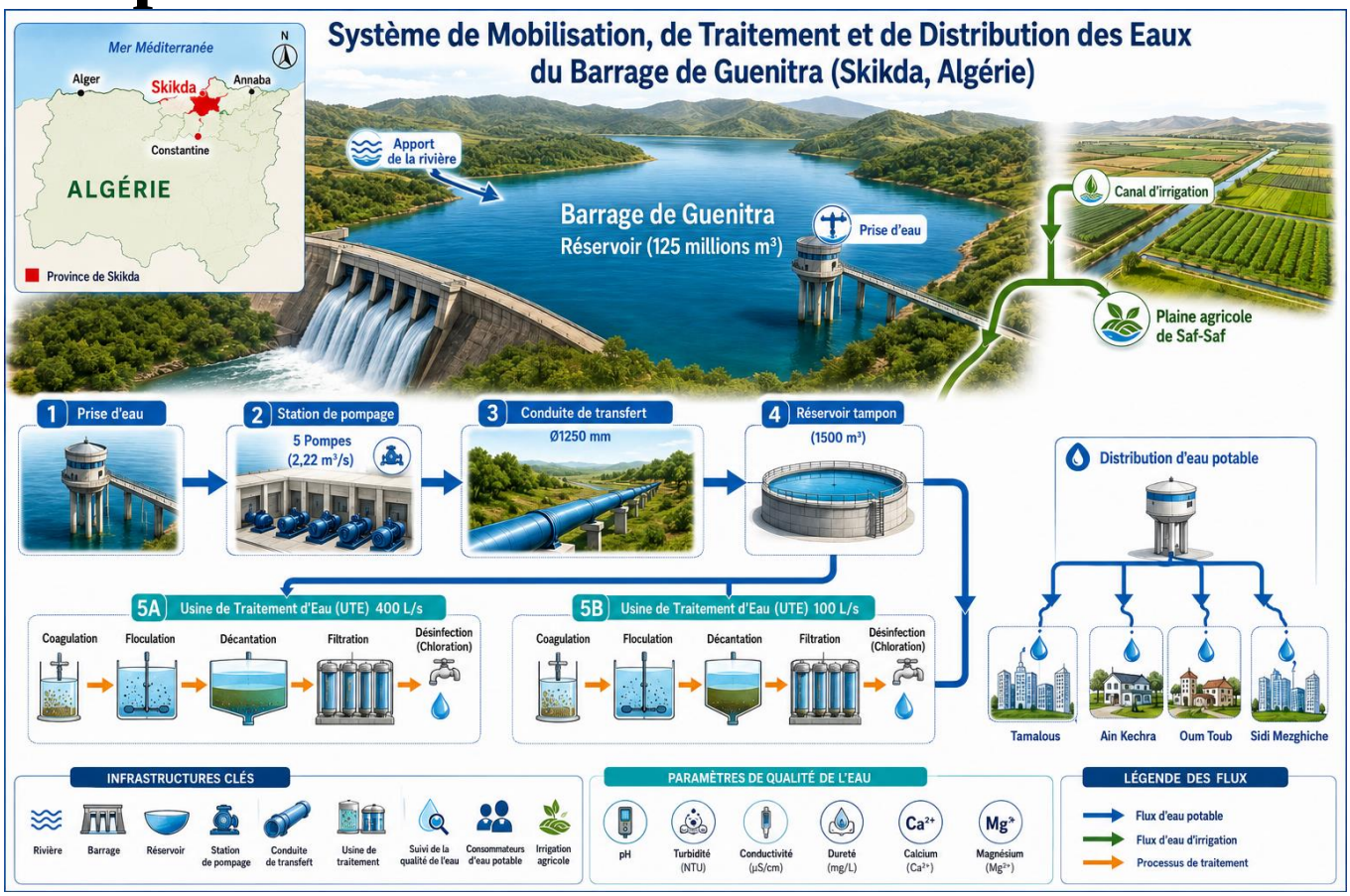
Mots-clés : Barrage Guénitra ; distribution d'eau; périmètre Saf-Saf ; station de traitement des eaux ; qualité des eaux ; analyses physico-chimiques.

Abstract

This study aims to evaluate the water supply system from the Guénitra (El Baraka) dam in the wilaya of Skikda, through the description of the overall distribution network scheme and the monitoring of water quality at two treatment stations. The Guénitra dam has a total storage capacity of 125 million m³ and an annual regularizable volume estimated at 47 hm³, distributed between drinking water supply and the irrigation of the Saf-Saf perimeter. The following physicochemical parameters were monitored at both treatment stations with capacities of 400 L/s and 100 L/s: water temperature (T_w), pH, electrical conductivity (EC), turbidity (TU), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), chlorides (Cl^-), total alkalinity (TAC) and total hardness (THT). The study relied on descriptive statistical analysis and correlation matrix calculations. The results showed that the waters of Guénitra dam are characterized by a moderately alkaline nature with a mean pH of 8.02, moderate electrical conductivity of 636.58 µS/cm, and variable turbidity ranging between 22.10 and 60.30 NTU. Both treatment stations proved their effectiveness by achieving a significant improvement in water quality before distribution to the populations of Tamalous, ain kechra ,Oum Toub and Sidi Mezghiche.

Keywords: Guénitra dam; irrigation water distribution network; Saf-Saf perimeter; water treatment station; water quality; physicochemical analyses.

Graphical Abstract



Liste des Figures

Chapitre II : Présentation du Barrage de Guenitra Skikda

Figure II.1. Localisation géographique du barrage de Guenitra 13
Figure.II.2. Schéma de Galerie de vidange et Tour de prise d'eau 15
Figure.II.3. Schéma de l'évacuateur de crues du barrage de Guenitra 16

Chapitre III : Presentation de La Station de Traitement des Eaux

Figure III.1. Appareille Multi Paramètre 19
Figure III.2. Turbidimètre 20
Figure III.3. Jar-Test 21
Figure III.4. Localisation de la station de pompage principale barrage Guenitra 23
Figure III.5. Vue générale de la salle de pompage et schéma synoptique station Guenitra 23
Figure.III.6. Anti-Bélier station Guenitra 24
Figure.III.7. La station de traitement des eaux barrage Guenitra (100l/s) 25
Figure III.8. Bassin D'aération 26
Figure III.9. Ouvrage de Coagulation 26
Figure III.10. Ouvrage de Floculation 27
Figure III.11. Ouvrage de Décantation 28
Figure III.12. Ouvrage de filtration sur sable 29
Figure III.13. Station de Pompage 30
Figure.III.14. Localisation de la station Guenitra 400 (L/s) 31
Figure.III.15. Bassin D'aération Guenitra 400 (L/S) 33
Figure III.16. Ouvrage de Coagulation Guenitra 400 L/s 34
Figure III.17. Ouvrage de Floculation 35
Figure III.18. Ouvrage de décantation Guenitra 400L/s 36
Figure.III.19. Schéma Synoptique d'une unité de clarification de l'eau : processus de Coagulation- Floculation - Decantation Lamellaire 37
Figure III.20. Ouvrage de Filtration du sable Guenitra 400(L/s) 38
Figure III.21. Reservoir d'eau traité Guenitra 400L/s 39
Figure III.22. Station de pompage Guenitra 400L/s 40

Chapitre IV : Résultats et Interpretation

Figure IV.1. Schéma global du système d'alimentation 45
Figure IV.2. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux Brute : Station Guenitra 400L/s 47
Figure IV.3. Matrice de corrélation Eaux brute : Station Guenitra 400L/s 50
Figures IV.4. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau brute illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 400L/s 55
Figure IV.5. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux Traité : Station 56

Guenitra 400L/s

Figure IV.6. Matrice de corrélation Eaux traité : Station Guenitra 400L/s 59

Figures IV.7. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau traité illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 400L/s 64

Figure IV.8. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux Brute : Station Guenitra 100L/s 65

Figure IV.9. Matrice de corrélation Eaux brute : Station Guenitra 100L/s 67

Figures IV.10. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau brute illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 100L/s 71

Figure IV.11. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux traité : Station Guenitra 100L/s 74

Figure IV.12. Matrice de corrélation Eaux traité : Station Guenitra 100L/s 77

Figures IV.13. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau traité illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 100L/s 81

Liste des Tableaux

Chapitre III : Presentation de La Station de Traitement des Eaux

Tableau.III.1. Caractéristiques des Pompes station Guenitra 24

Tableau.III.2. Caractéristiques des Moteurs station Guenitra 24

Tableau.III.3. Caractéristiques du débit et qualité de l'eau 25

Tableau.III.4. Pompe Station Sidi Mezghiche et Oum Toub 30

Tableau.III.5. Moteur Station Sidi Mezghiche et Oum Toub 30

Tableau.III.6. Caractéristiques du débit et qualité de l'eau 31

Chapitre IV : Résultats et Interpretation

Tableau IV.1. Résultats des analyses des Eaux Brute : Station Guenitra 400L/s 47

Tableau IV.2. Statistiques descriptives des Eaux Brute : Station Guenitra 400L/s 49

Tableau IV.3. Résultats des analyses des Eaux Traité : Station Guenitra 400L/s 56

Tableau IV.4. Statistiques descriptives des Eaux Traité : Station Guenitra 400L/s 58

Tableau IV.5. Résultats des analyses des Eaux Brute : Station Guenitra 100L/s 65

Tableau IV.6. Statistiques descriptives des Eaux Brute : Station Guenitra 100L/s 66

Tableau IV.7. Résultats des analyses des Eaux Traité : Station Guenitra 100L/s 73

Tableau IV.8. Statistiques descriptives des Eaux Traité : Station Guenitra 100L/s 75

Table des Matières

Introduction Générale **1**

Chapitre I :Alimentation en Eau à Partir des Barrages *2*

I.1.Introduction ……..3

I.2. Concepts Généraux de l'Alimentation en Eau d'Irrigation ……..3

I.2.1 Définition de l'Irrigation …… 3

I.2.2. Bilan Hydrique et Déficit Agricole…… 3

I.2.3 Sources d'Eau pour l'Irrigation ……. . 4

I.3. Les Barrages comme Source d'Eau d'Irrigation ……4

I.3.1 Définition et Fonctions des Barrages …….. 4

I.3.2 Types de Barrages ……... 5

I.3.2.1. Les barrages en béton et en maçonnerie ……. 5

I.3.2.2. Les barrages en remblai …… 5

I.3.3 Caractéristiques des Réservoirs …….. 6

I.3.3.1. La capacité de stockage ……. 6

I.3.3.2. Les objectifs de gestion ……. 6

I.3.3.3. L'importance relative par rapport au bassin versant …… 6

I.4. Infrastructures Hydrauliques pour l'Irrigation à Partir des Barrages ……. 7

I.4.1 Ouvrages de Prise d'Eau …… 7

I.4.1.1. Conception et localisation des infrastructures …… 7

I.4.2 Réseaux de Distribution ……..8

I.5. Exploitation et Gestion des Systèmes d'Irrigation…… 8

I.5.1. Stratégies de Distribution de l'Eau ……..8

I.5.1.1. Les trois modes génériques de distribution de l'eau …… 8

I.5.2. Gestion des Réservoirs ……9

I.5.3 Maintenance des Infrastructures…….. 9

I.6. Impacts Environnementaux et Socioéconomiques ……..10

I.6.1 Impacts Environnementaux…… 10

I.6.1.1. Impacts négatifs ……. 10

I.6.1.2. Impacts positifs ……..11

I.7. Conclusion…… 11

Chapitre II : Présentation du Barrage Guenitra& Skikda 12

II.1. Introduction ……13
II.2. Rôle et Objectif du Barrage…….. 13
II.3.Caractéristiques principales du Barrage…… 14
II.4.Hydrologie du barrage …….. 14
II.5. Ouvrages principaux du barrage ……14
II.5.1.Galerie de dérivation ……14
II.5.2. Galerie de vidange …….. 14
II.5.3. Tour de prise d'eau ……..15
II.5.4.Évacuateur de crues ……15
II.6. Conclusion ……16

Chapitre III : Presentation de La Station de Traitement des Eaux Barrage de Guenitra (El Baraka)

III.1. Introduction ……18
III.2. Objectifs ……18
III.3. Types d'analyses…… 18
III.3.1. Les paramètres Physico-Chimique…… 18
III.3.1.1. PH-mètre ……18
III.3.1.2. La température de l'eau (T_w) ……..18
III.3.1.3. La conductivité électrique (SC) ……19
III.3.1.4.Étapes d'utilisation de l'appareil multi paramètre au laboratoire ……19
III.3.1.5. La Turbidité (TU) ……20
III.3.1.6. Mesure de la turbidité de l'eau au laboratoire ……21
III.3.2. Jar-Test ……...21
III.3.2.1. Dosage du coagulant ……22
III.3.2.2. Dosage du floculant ……22
III.3.2.3. Taux de recirculation des boues ……22
III.4. Présentation de la station principale ……..22
III.4.1 Caractéristiques techniques des équipements…….. 24

III.5. Présentation de la Station de traitement 100L/s …….24
III.5.1. Filière de traitement…… 25
III.5.1.1 Aération ……..25
III.5.1.2 Coagulation ……26
III.5.1.3. Floculation …… 27
III.5.1.4.Décantation ……27
III.5.1.5.Filtration ……..28
III.5.1.6.Désinfection et stockage ……29
III.5.2.Station de pompage ……..29
III.6. Présentation de la Station de traitement 400L/s ……..30
III.6.1.Les caractéristiques de la station de traitement Guenitra400 (L/s) …….31
III.6.2.Description du fonctionnement de la station ……32
III.6.2.1.Traitement de clarification ……32
III.6.2.2. Coagulation ……..34
III.6.2.3.Floculation ……34
III.6.2.4. Décantation lamellaire &Clarification ……35
III.6.2.5. Filtration ……..37
III.6.2.6. Désinfection ……..39
III.6.2.7. Réservoir d'eau traité ……...39
III.6.3. Station de Pompage ……40
III.7. Conclusion ……40

Chapitre IV: Résultats et Interprétations 42

IV.1. Introduction ……43
IV.2.Réseau de distribution d'eau d'irrigation ……..43
IV.2.1.Ressources et besoins en eau à partir du barrage Guénitra ……43
IV.2.2.Caractéristiques du réseau ……..43
IV.2.3.Schéma global du système d'alimentation ……44
IV.2.3.1. Stations de pompage…… 44
IV.2.3.2. Réservoir ……..45
IV.2.3.3. Données sur la qualité des eaux ……..45
IV.2.3.4. Analyse du schéma de distribution ……46
IV.2.3.5. Dynamique de pompage et régulation ……..46
IV.3. Qualité des eaux brute Station de Traitement Guenitra 400L/s ……46
IV.3.1. Statistiques Descriptives Eau Brute Station Guenitra 400L/s ……47
IV.3.2. Matrice de corrélation de l'eau brute Station Guenitra 400L/s ……..49
IV.3.2.1. Corrélations fortes ……49
IV.3.2.2. Corrélations négatives fortes ……50
IV.3.2.3. Corrélations modérées ……51
IV.3.2.4. Corrélations faibles ……..51
IV.3.3. Synthèse Environnementale de l'eau brute Station Guenitra 400L/s ……52
IV.3.4. Analyse exploratoire de l'eau brute Station Guenitra 400L/s ……53
IV.4. Qualité des eaux traités Station de Traitement Guenitra 400L/s ……55
IV.4.1. Statistiques Descriptives Eau Traité Station Guenitra 400L/s …… 56
IV.4.2.Matrice de corrélation de l'eau traité Station Guenitra 400L/s ……58
IV.4.2.1. Corrélations fortes ……59
IV.4.2.2. Corrélations négatives fortes ……60
IV.4.2.3. Corrélations modérées ……..60
IV.4.2.4. Corrélations Faibles ……60
IV.4.3. Synthèse Environnementale de l'eau traité Station Guenitra 400L/s ……61
IV.4.4. Analyse exploratoire de l'eau traité Station Guenitra 400L/s ……62

IV.5. Qualité des eaux brute Station de Traitement Guenitra 100L/s ……64

IV.5.1. Statistiques Descriptives Eau Brute Station Guenitra 100L/s ……65

IV.5.2. Matrice de corrélation de l'eau brute Station Guenitra 100L/s ……66

IV.5.2.1. Corrélations fortes ……..67

IV.5.2.2. Corrélations négatives fortes ……..68

IV.5.2.3. Corrélations Modérées ……..68

IV.5.2.4. Corrélations faibles ……68

IV.5.3. Synthèse Environnementale de l'eau brute Station Guenitra 100L/s ……..69

IV.5.4. Analyse exploratoire de l'eau brute Station Guenitra 100L/s ……..70

IV.6. Qualité des eaux Traité Station de Traitement Guenitra 100L/s ……73

IV.6.1. Statistiques Descriptives Eau Traité Station Guenitra 100L/s ……..74

IV.6.2. Matrice de corrélation de l'eau Traité Station Guenitra 100L/s ……76

IV.6.2.1. Corrélations fortes ……..76

IV.6.2.2. Corrélations négatives fortes ……..77

IV.6.2.3. Corrélations modérées ……78

IV.6.2.4. Corrélations faibles ……78

IV.6.3. Synthèse Environnementale de l'eau traité Station Guenitra 100L/s ……79

IV.6.4. Analyse exploratoire de l'eau traité Station Guenitra 100L/s ……80

IV.7. Conclusion ……..82

Conclusion Générale 83

Déclaration d'Utilisation de l'Intelligence Artificielle Générative

Dans le cadre de la préparation du présent mémoire de Master, les étudiants ont eu recours à l'outil d'intelligence artificielle générative ChatGPT (OpenAI) comme assistant numérique afin d'améliorer certains aspects de la rédaction, de la présentation et de la valorisation des résultats scientifiques, sous la responsabilité de l'enseignant encadreur. L'utilisation de cet outil est demeurée limitée à des tâches d'assistance et n'a en aucun cas remplacé le travail scientifique, l'analyse critique, l'interprétation des résultats ou les décisions académiques relevant des auteurs et de l'encadreur. Plus précisément, ChatGPT a été utilisé pour les tâches suivantes :

1. Les figures présentées dans le chapitre 4 ont été produites à l'aide de scripts Python développés et exécutés par les étudiants.
2. Les figures des chapitres 1, 2 et 3 ont été améliorées sur le plan graphique avec l'assistance de ChatGPT. Les versions originales de ces figures sont conservées et demeurent disponibles auprès des étudiants.
3. Les analyses statistiques présentées dans le chapitre 4 ont été réalisées à l'aide de scripts Python. ChatGPT a été utilisé pour assister les auteurs dans l'amélioration de la rédaction, de la présentation et de la discussion des résultats obtenus.
4. L'introduction générale, la conclusion générale ainsi que certaines parties rédactionnelles du mémoire ont fait l'objet d'une révision linguistique, d'une reformulation et d'une amélioration du style académique avec l'aide de ChatGPT.

Les auteurs déclarent avoir procédé à une vérification, une validation et une révision approfondies de l'ensemble des contenus produits ou améliorés à l'aide de l'intelligence artificielle. Ils assument l'entière responsabilité de l'exactitude, de la fiabilité, de l'originalité et de l'intégrité scientifique des informations présentées dans ce mémoire. L'utilisation de l'intelligence artificielle générative a ainsi constitué un outil d'assistance à la rédaction et à la présentation des résultats, sans se substituer à la réflexion scientifique, à l'analyse des données ni au jugement critique des auteurs.

Introduction Générale

Face à l'accroissement des besoins en eau potable et à la pression croissante exercée sur les ressources hydriques, les barrages jouent un rôle stratégique dans la mobilisation des ressources en eau, tandis que les stations de traitement assurent la production d'une eau conforme aux exigences de qualité destinées à la consommation humaine. Dans la wilaya de Skikda, le barrage de Guénitra représente l'une des principales sources d'alimentation en eau potable. Les eaux stockées dans cette retenue sont traitées au niveau de deux stations de production d'une capacité respective de 400 L/s et 100 L/s. Ces installations constituent un maillon essentiel du système d'alimentation en eau potable et assurent l'approvisionnement des communes de Tamalous, Oum Toub et Sidi Mezghiche, contribuant ainsi à la satisfaction des besoins domestiques, sanitaires et socio-économiques des populations desservies.

Dans ce contexte, le présent travail a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux brutes et des eaux traitées au niveau des deux stations de traitement du barrage de Guénitra, ainsi que d'analyser l'efficacité des procédés mis en œuvre pour garantir une eau de qualité conforme aux normes de potabilité. Afin d'atteindre cet objectif, ce mémoire est organisé en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'alimentation en eau à partir des barrages et à l'importance de ces ouvrages dans la gestion des ressources hydriques. Le deuxième chapitre présente le barrage de Guénitra ainsi que son contexte géographique, hydrologique et environnemental au sein de la wilaya de Skikda. Le troisième chapitre est dédié à la présentation des stations de traitement des eaux du barrage de Guénitra, à leur fonctionnement et aux différentes étapes de potabilisation. Enfin, le quatrième chapitre expose les résultats obtenus, leur analyse statistique ainsi que l'interprétation des paramètres physico-chimiques des eaux brutes et traitées des stations de 400 L/s et 100 L/s. Les résultats de cette étude permettront d'apprécier l'état de la qualité des eaux exploitées et de mettre en évidence le rôle fondamental des stations de traitement dans la sécurisation de l'alimentation en eau potable des populations de Tamalous, Oum Toub et Sidi Mezghiche.

Chapitre I : Alimentation en Eau à Partir des Barrages

I.1.Introduction

Les barrages en Algérie comme infrastructure hydrauliques, constituent des ouvrages stratégiques pour la mobilisation et la gestion des ressources en eau. Ils assurent l'alimentation en eau potable, l'irrigation agricole, le soutien aux activités industrielles et la régulation des crues. Toutefois, ces ouvrages font face à des défis majeurs, notamment l'envasement des retenues, qui réduit progressivement leur capacité de stockage, ainsi que les sécheresses récurrentes liées aux changements climatiques. La baisse des apports hydriques, combinée à l'augmentation continue des besoins en eau, limite leur capacité à satisfaire la demande. Cette situation nécessite le recours à des ressources complémentaires et une gestion plus durable de l'eau.

I.2. Concepts Généraux de l'Alimentation en Eau d'Irrigation

Avant d'aborder les aspects techniques liés à la conception et à l'exploitation de barrages, il convient de présenter les concepts généraux qui régissent la mobilisation, le transport et la distribution de l'eau à des fins agricoles. Ces concepts permettent de comprendre les principes de base sur lesquels repose tout aménagement hydro-agricole, depuis la source jusqu'à la parcelle irriguée, en tenant compte des contraintes climatiques, topographiques et des besoins en eau des cultures

I.2.1 Définition de l'Irrigation

L'irrigation est généralement définie comme la pratique d'amener l'eau artificiellement sur des terres cultivées (Gottmann, 1939). L'irrigation est une technique destinée à corriger le déficit pluviométrique au bénéfice de la production agricole (Clément and Galand, 1978). L'irrigation est une technique agricole qui se définie comme l'ensemble des techniques destiné à apporter aux végétaux, par le truchement du sol, les quantités d'eaux nécessaire à un développement harmonieux. Irriguer consiste à trouver l'eau en quantité suffisante et en qualité suffisante ou acceptable, à la transporter et à la répartir sur les parcelles (ETIC, 2026).

I.2.2. Bilan Hydrique et Déficit Agricole

Pour déterminer le volume net à mobiliser à partir du barrage, le bilan hydrique intègre les apports naturels et les réserves du sol :

- Pluie Efficace (P) : Part des précipitations réellement utilisée par le système racinaire.

- Réserve Facilement Utilisable (RFU): Fraction de la réserve utile du sol (estimée généralement aux 2/3 de la RU) que la plante peut absorber sans stress (Clément and Galand, 1978).

I.2.3 Sources d'Eau pour l'Irrigation

Les sources d'eau utilisées pour l'irrigation se divisent principalement en deux catégories : les eaux souterraines et les eaux de surface.

- Les eaux souterraines sont exploitées à partir des nappes aquifères grâce aux études hydrogéologiques.
- Les eaux de surface comprennent les barrages, les retenues collinaires ainsi que les cours d'eau.

Le choix de la source d'eau dépend de la disponibilité des ressources hydriques et des besoins des cultures en irrigation (Clément and Galand, 1978).

I.3. Les Barrages comme Source d'Eau d'Irrigation

Les barrages permettent de stocker de grandes quantités d'eau dans des endroits appropriés, ce qui contribue à répondre aux besoins liés à l'agriculture, notamment l'irrigation. Ces ouvrages sont devenus essentiels avec l'augmentation des besoins en eau pour les zones urbaines, industrielles et agricoles. Les barrages assurent la retenue et la régulation de l'eau sur de longues périodes afin de l'utiliser efficacement, notamment pour satisfaire les besoins des cultures. Ils permettent également la disponibilité de l'eau au moment opportun pour répondre aux demandes des plantes et du bétail. Les barrages jouent un rôle important dans les systèmes de gestion de l'eau, en assurant la transformation, le stockage et la distribution de l'eau destinée à l'irrigation. Ils contribuent ainsi au soutien de la production agricole et à la sécurité alimentaire. Les barrages, quels que soient leurs tailles (petits, moyens ou grands), restent un élément essentiel des systèmes intégrés de gestion de l'eau, car ils permettent d'assurer la disponibilité de l'eau pour l'irrigation agricole (ICOLD. 2026).

I.3.1 Définition et Fonctions des Barrages

Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à en réguler le débit et/ou à stocker de l'eau, notamment pour le contrôle des crues, l'irrigation, l'industrie, l'hydroélectricité, la pisciculture, une réserve d'eau potable, etc. Dans la nature, il

existe aussi des barrages de castors (Athamena, 2021). Les fonctions principales des barrages sont les suivantes :

- Les barrages sont construits pour assurer l'approvisionnement en eau, l'irrigation, le contrôle des crues, la navigation, le contrôle des sédiments et la production d'énergie hydroélectrique.
- Le barrage est une structure essentielle dans le développement et la gestion des ressources en eau à l'échelle d'un bassin versant.
- Le barrage à usages multiples est un projet très important pour les pays en développement, car la population bénéficie de plusieurs avantages domestiques et économiques à partir d'un seul investissement.
- Les barrages et les réservoirs permettent de stocker l'eau en période d'abondance et de la libérer en période de pénurie, ce qui contribue à réduire les effets des inondations et des sécheresses.
- Les barrages contribuent à la gestion efficace des ressources en eau limitées, inégalement réparties et soumises à de fortes variations saisonnières (ICOLD, 2026).

I.3.2 Types de Barrages

Selon la nature du matériau de construction utilisé, on classe les barrages selon deux grandes catégories **:**

- Les barrages en béton,
- Les barrages en remblai (digues)

I.3.2.1. Les barrages en béton et en maçonnerie

Les barrages en béton sont le plus souvent fondés sur une fondation rocheuse, de module de déformation élevé. On distingue trois grandes familles de barrages en béton, chacune comportant un certain nombre de sous-familles (Schleiss and Pougatsch, 2020).

I.3.2.2. Les barrages en remblai

Les barrages en remblai (digues) sont constitués essentiellement de matériaux granulaires naturels meubles prélevés à proximité immédiate de l'ouvrage. On distingue deux catégories de barrages en remblai :

- Les barrages en terre, réalisés essentiellement à partir de sols naturels meubles prélevés dans des gravières

- Les barrages enrochements, dont la majeure partie est constituée de matériau de carrière concassé.

Comme pour les autres types de barrages, les barrages en remblai doivent répondre à deux fonctions essentielles : la fonction statique, qui consiste à transmettre à la fondation la poussée de l'eau retenue à l'amont, et la fonction de coupure étanche. Les sols meubles des barrages en terre peuvent, selon leurs caractéristiques géotechniques, être suffisamment imperméables pour suffire aux deux fonctions. Il existe de ce fait un grand nombre de barrages (ou de digues) en terre homogène (Schleiss and Pougatsch, 2020).

I.3.3. Caractéristiques des Réservoirs

I.3.3.1. La capacité de stockage

La capacité des réservoirs présente une grande variabilité à l'échelle mondiale. Elle peut aller de quelques hm^3 pour les petits ouvrages jusqu'à plusieurs milliers de hm^3 pour les grands barrages. Cette diversité reflète les différences de taille des bassins versants et des objectifs de gestion (Payan, 2007).

I.3.3.2. Les objectifs de gestion

Les réservoirs sont rarement monofonctionnels. La majorité est gérée pour plusieurs usages simultanés : régulation des crues, alimentation en eau potable et industrielle, irrigation, production hydroélectrique et loisirs. La répartition de ces objectifs varie selon le contexte géographique et socio-économique (Payan, 2007).

I.3.3.3. L'importance relative par rapport au bassin versant

L'impact hydrologique d'un réservoir dépend de sa taille, de sa position et de son importance par rapport au bassin versant qu'il contrôle. Quatre indices adimensionnels permettent de caractériser cette influence :

- I1 : distance du barrage à l'exutoire du bassin ;
- I2 : rapport entre le volume stockable et le volume écoulé annuel ;
- I3 : part de la surface du bassin contrôlée par le réservoir ;
- I4 : variabilité temporelle du stock d'eau dans le réservoir.4.

Le devenir de l'eau stockée : l'eau stockée dans les réservoirs peut suivre plusieurs trajectoires selon la gestion du bassin versant :

1. Elle reste dans le même bassin versant ;
2. Elle est importée depuis un autre bassin ;
3. Elle est exportée vers un autre bassin ;
4. Il existe à la fois une importation et une exportation d'eau.

Ces situations montrent l'interconnexion possible entre les bassins versants à travers les ouvrages hydrauliques (Payan, 2007).

I.4. Infrastructures Hydrauliques pour l'Irrigation à Partir des Barrages

L'analyse et la mise en œuvre des critères de conception des installations hydrauliques de surface constituent une étape déterminante pour le choix de la solution technique finale d'un système de distribution d'eau. La conception de ces infrastructures, notamment les ouvrages de prise d'eau, influence directement le niveau de régulation requis et le dimensionnement global du réseau. Lors de la phase de conception des infrastructures de transport, plusieurs phénomènes hydrauliques et physico-chimiques interconnectés doivent être rigoureusement pris en considération à l'intérieur des conduites et des systèmes de transfert. Il s'agit notamment de l'évaluation des variations de pression, des risques de dégradation de la qualité de l'eau transportée, des problèmes potentiels de corrosion, ainsi que des risques de contamination ou d'infiltration en cas de chutes de pression (dépressurisation du réseau). Par conséquent, l'établissement de stratégies de gestion globales et intégrées du réseau s'avère nécessaire pour les exploitants, afin de maintenir des conditions de fonctionnement et une qualité acceptables depuis l'ouvrage de prise d'eau (au niveau du réservoir ou du barrage) jusqu'au point final de livraison de la distribution. Les aspects liés à la configuration détaillée des réseaux (tels que les conduites de transport, les postes de pompage et les réservoirs) demeurent les références techniques incontournables pour garantir la durabilité des infrastructures (Québec, 2008).

I.4.1 Ouvrages de Prise d'Eau

I.4.1.1. Conception et localisation des infrastructures

La conception des ouvrages de prise d'eau de surface doit impérativement assurer le maintien d'une qualité d'eau brute adéquate dans le temps et garantir la sécurité d'approvisionnement. Le choix de la localisation doit être guidé par des relevés bathymétriques, la vitesse des courants et la nature du substrat afin de minimiser les impacts sur le régime hydraulique (écoulement, sédimentation) et d'éviter les zones de formation de

frasil ou d'accumulation de dépôts de sable. Dans les installations importantes, il est recommandé de privilégier l'implantation de deux entrées autonomes pour maintenir l'opérationnalité du système en cas de blocage (Québec, 2008).

I.4.1.2 Systèmes de Transport de l'Eau

Le système de transport de l'eau est indispensable pour assurer la liaison entre le point de captage et le point de consommation. En raison de la différence technique et dimensionnelle entre les ouvrages d'adduction et ceux du réseau de distribution, il est nécessaire de dissocier ces deux parties et de définir les caractéristiques hydrauliques propres à chaque système (Québec, 2008).

I.4.2 Réseaux de Distribution

Le réseau de distribution constitue la phase terminale du système d'adduction. Sa fonction principale est de répartir l'eau transportée depuis l'ouvrage principal (le barrage ou le réservoir) et de la délivrer aux utilisateurs finaux (les parcelles agricoles dans le cas de l'irrigation) tout en garantissant les débits requis et des niveaux de pression appropriés pour le fonctionnement des équipements hydrauliques. Contrairement aux conduites d'adduction qui acheminent l'eau en masse sans piquages intermédiaires, les réseaux de distribution se caractérisent par une ramification complexe de conduites de diamètres décroissants au fur et à mesure que l'on progresse vers l'extrémité du système (Clément et al. 2026).

I.5. Exploitation et Gestion des Systèmes d'Irrigation

I.5.1. Stratégies de Distribution de l'Eau

I.5.1.1. Les trois modes génériques de distribution de l'eau

Le mode de distribution fixe la manière dont doivent se décider les arrosages de toutes les parcelles. Pour chacune, les paramètres du calendrier des arrosages sont : le débit, la durée et la période d'attente entre deux irrigations. Ils peuvent être soit déterminés à l'avance (fixes), soit choisis au jour le jour (variables). Cette dernière possibilité peut être sous la responsabilité de deux types d'acteurs : les usagers ou l'organisme de gestion. Trois modes de distribution constituent donc les configurations principales de distribution de l'eau : distribution par rotation fixe (date, débit et durée de chaque arrosage sont fixés à l'avance), à la demande (l'usager décide seul de ses arrosages) et par gestion centrale (l'agence décide seule des arrosages). Mais il existe également des situations intermédiaires qui combinent

certaines caractéristiques. La représentation suggérée se fait par analogie avec le triangle de texture des sols (Gilot and Ruf, 2006).

I.5.2. Gestion des Réservoirs

Les contraintes de la mobilisation de l'eau dépendent de la variabilité de la ressource. Le captage au fil de l'eau sur un cours d'eau ne permet guère d'intervenir sur le débit disponible au captage, sauf en modifiant le cours d'eau lui-même. Par contre, le stockage de l'eau, à l'aide de réservoirs ou de barrages-réservoirs, introduit une plus grande souplesse: les gestionnaires connaissent en début de saison (ou de campagne) le volume total dont ils pourront disposer (Gilot and Ruf, 2006).

I.5.3 Maintenance des Infrastructures

La pérennité d'un système d'irrigation est indissociable de l'entretien régulier de ses infrastructures hydrauliques. En effet, comme le soulignent Gilot et Ruf dans le Traité d'Irrigation (Gilot and Ruf, 2006). La dégradation des infrastructures de transport et de partition de l'eau constitue une évolution courante dans les périmètres irrigués. Les dommages s'accumulent rapidement lorsque la trésorerie ne permet pas de financer les travaux de maintenance, créant un cercle vicieux où les usagers insatisfaits cessent de payer les charges d'exploitation, aggravant ainsi l'état du réseau. Les défaillances des infrastructures se manifestent sous plusieurs formes : ensablement et enherbement des canaux, pertes d'étanchéité, actes de vandalisme sur les ouvrages partiteurs, ou encore détérioration progressive des structures de régulation. Ces dégradations engendrent des débits livrés inférieurs aux prévisions, affectant particulièrement les usagers situés en aval du réseau, qui reçoivent un volume d'eau réduit et irrégulier. Une infrastructure en mauvais état peut ainsi rendre inapplicables les règles habituelles de distribution et compromettre l'équité entre usagers. Sur le plan opérationnel, trois niveaux d'intervention sont généralement distingués. La maintenance de routine regroupe l'ensemble des travaux réguliers, généralement annuels, portant sur le curage des canaux, le désherbage des berges et des drains, l'entretien des vannes et ouvrages de régulation, ainsi que la réparation des remblais et des routes d'accès. La maintenance différée, ou réhabilitation partielle, intervient lorsque le système a atteint un seuil de dégradation incompatible avec un fonctionnement correct, nécessitant des investissements plus importants pour restaurer les capacités initiales du réseau. Enfin, la maintenance spéciale correspond aux interventions d'urgence rendues nécessaires par des

événements imprévus tels que des crues, des ruptures de digues ou des effondrements d'ouvrages. La question des responsabilités en matière de maintenance est également centrale. Dans les grands périmètres modernes, l'organisme gestionnaire prend en charge le réseau principal, tandis que les agriculteurs assurent l'entretien des infrastructures de champ. Cependant, comme le montrent de nombreuses expériences en Afrique et en Asie, cette répartition n'est viable que si elle est formalisée dans des règlements écrits et si les usagers perçoivent un service d'eau satisfaisant justifiant leur contribution financière. À l'inverse, dans les systèmes traditionnels, les infrastructures souvent simples à réparer sont entretenues par mobilisation collective des usagers, ce qui constitue un modèle de gestion participative reconnu pour sa durabilité (Gilot and Ruf, 2006).

I.6. Impacts Environnementaux et Socioéconomiques

I.6.1 Impacts Environnementaux

L'utilisation de l'eau des barrages pour l'alimentation des réseaux d'irrigation entraine plusieurs impacts environnementaux, qui se répartissent comme suit :

I.6.1.1. Impacts négatifs

- Les systèmes de production agricole sont des moteurs majeurs de changements environnementaux souhaitables et indésirables.
- Les terres cultivées en pluvial et les pâturages peuvent affecter de manière significative la biodiversité et la qualité de l'eau.
- Certaines stratégies de gestion de l'eau ont des effets négatifs :
- Les mesures décentralisées telles que les citernes d'eau de pluie et la collecte des eaux pluviales, même à petite échelle, peuvent avoir un impact négatif sur le bilan hydrique du bassin versant si elles ne sont pas combinées à d'autres solutions comme la restauration des écosystèmes en amont.
- Les programmes à grande échelle de collecte d'eau à petite échelle au niveau des bassins ont des impacts importants sur l'hydrologie globale et fluviales.
- Les données sur ces impacts sont mitigées, et de nouveaux outils de modélisation et de collecte de données de terrain sont nécessaires (FAO, 2020).

I.6.1.2. Impacts positifs

- Une meilleure gestion de l'eau agricole peut également conduire à des changements environnementaux souhaitables :
- Certaines interventions en matière d'eau agricole ont réduit la charge sédimentaire dans les rivières, avec des effets positifs importants sur l'écologie fluviale et la durée de vie des réservoirs.
- Une gestion appropriée de l'eau peut réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre, notamment dans la riziculture, en réduisant ou en interrompant les périodes d'inondation pour diminuer la production bactérienne de méthane.
- Plusieurs approches tiennent compte de la relation entre les paysages agricoles, l'utilisation des ressources et les fonctions écosystémiques, comme les solutions fondées sur la nature qui utilisent ou imitent les processus naturels pour améliorer la gestion de l'eau (FAO, 2020).

I.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les concepts généraux de l'alimentation en eau d'irrigation à partir des barrages en mettant en évidence les besoins en eau des cultures et les caractéristiques hydrauliques des infrastructures. Nous avons également décrit les différents réseaux de transport et de distribution, ainsi que les impacts environnementaux et socioéconomiques liés à la gestion de cette ressource.

Chapitre II : Présentation du Barrage Guenitra & Skikda

II.1. Introduction

Le barrage de Guenitra (El Baraka) est situé dans la wilaya de Skikda à une cinquantaine de kilomètres au sud du chef-lieu de wilaya. Le barrage de Guenitra (El Baraka) est situé dans la wilaya Skikda, sur l'Oued FessaIl construisit entre 1974 et 1984. L'aménagement du barrage de de Guenitra (El Baraka) est comprend une digue en remblai en terre, un rideau d'injection et de drainage, une galerie d'injection et de contrôle, une galerie de dérivation, galerie de vidange, tour de prise d'eau, passerelle d'accès à la tour de prise un évacuateur de crue et route d'accès. Ce barrage présente une capacité brute de 125 millions de m³ et joue un rôle essentiel dans la régulation et la valorisation des ressources hydriques de la région (ANBT, 2026).

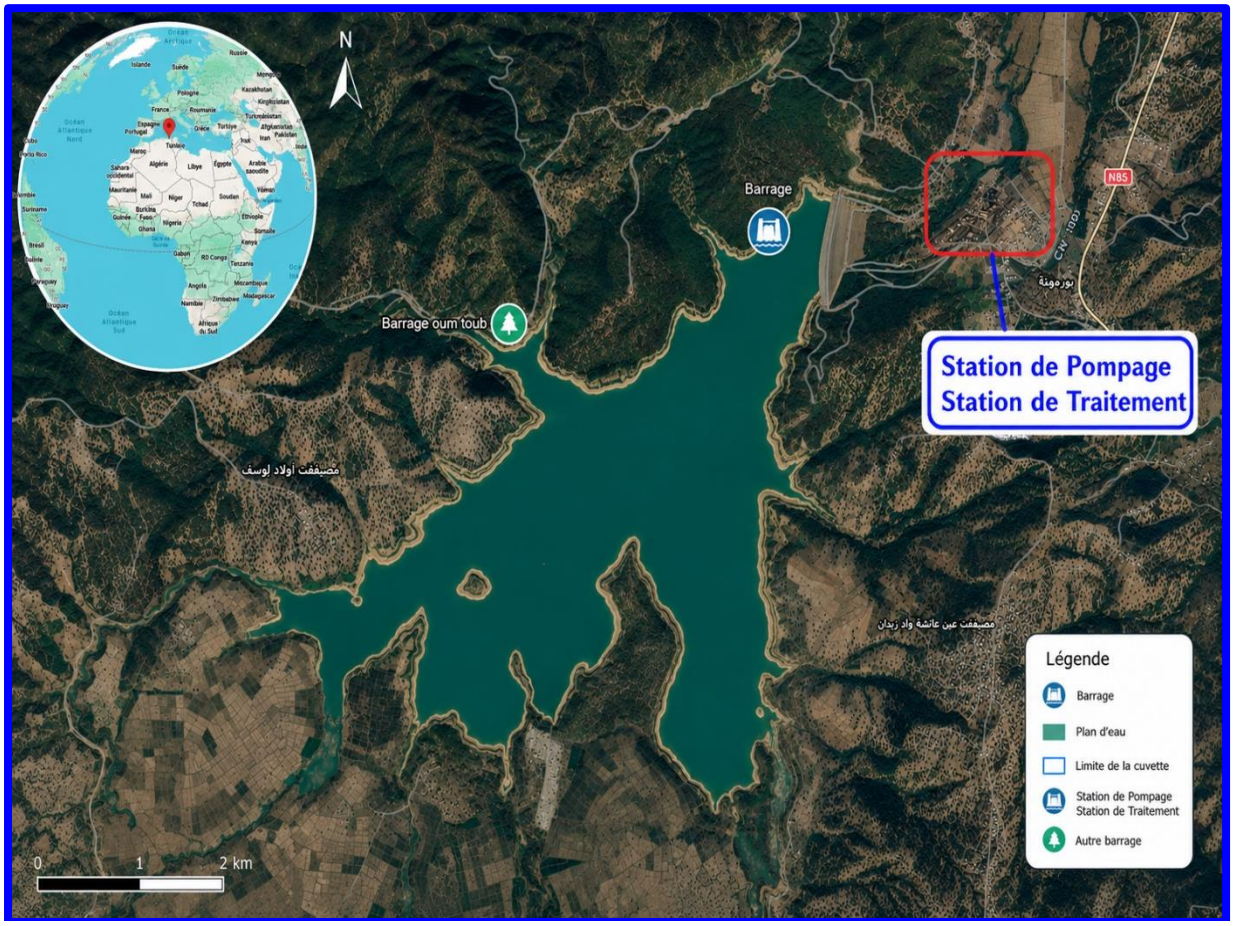


Figure II.1. Localisation géographique du barrage de Guenitra

II.2. Rôle et Objectif du Barrage

Ce barrage a un double objectif :

- Assurer la couverture en eau potable et en eau industrielle de la ville de Skikda et de son complexe industriel ;
- Assurer l'irrigation de 5 650 Ha de périmètres agricoles dans la vallée de SAF-SAF et dans la plaine de Medjez Edchich (ANBT,2026)

II.3. Caractéristiques principales du Barrage

Le barrage présente une capacité brute de 125 millions de m³, avec une capacité utile de 115.5 millions de m³. Le volume annuel régularisable est estimé à 48 millions de m³. La cote de retenue normale est de 164 m, la cote minimale de 133 m et la cote maximale de 167.70 m. Le barrage est de type remblai compacté en silts et graves argileuses avec recharges amont et aval stabilisatrices. Il atteint une hauteur d'environ 69m au-dessus du fond de la vallée, avec une longueur de crête de 515 m. La largeur de la crête est de 9 m et le volume total de remblai est d'environ 2635000 m³. Les fondations reposent sur des formations de type granulite, marnes, grès et schistes (ANBT, 2026).

II.4. Hydrologie du barrage

Le bassin versant du barrage de Guenitra s'étend sur une superficie de 202 km², avec une altitude variante entre 110 m et 1364 m. La pluviométrie interannuelle moyenne sur le bassin est d'environ 840 mm. L'apport interannuel moyen est estimé à 55 millions de m³, soit environ 1.74 m³/s. Le débit de crue de projet (période de retour 1000 ans) ainsi que le débit des travaux (période de retour 50(ans) sont pris en compte dans le dimensionnement des ouvrages hydrauliques du barrage (ANBT, 2026).

II.5. Ouvrages principaux du barrage

Le barrage comprend plusieurs ouvrages hydrauliques essentiels :

II.5.1. Galerie de dérivation

La galerie de dérivation a été réalisée pour permettre l'évacuation des débits pendant les travaux et les périodes de crue.

- Longueur : 452.50 m
- Section circulaire de diamètre intérieur 5 m
- Pente : 0.5 %

Débit maximum : 230 m³/s sous H = 18 m (ANBT, 2026).

II.5.2. Galerie de vidange

Il a été indiqué que la galerie de vidange est raccordée à l'amont de la galerie de dérivation et permet le contrôle de la vidange du barrage.

- Niveau d'entonnement : 120.0 m

- Longueur de l'entonnement : 15.30 m
- Largeur : 7.60 m
- Pente : 53 %

Pertuis de vidange : 2.30 m × 15 m (ANBT, 2026).

II.5.3. Tour de prise d'eau

La tour de prise d'eau permet le prélèvement de l'eau à différents niveaux selon l'état de la retenue.

- Hauteur totale : 71.85 m
- Diamètre du fût cylindrique : 9.60 m à 11.20 m

Trois prises d'eau de diamètre 1000 mm (ANBT, 2026).

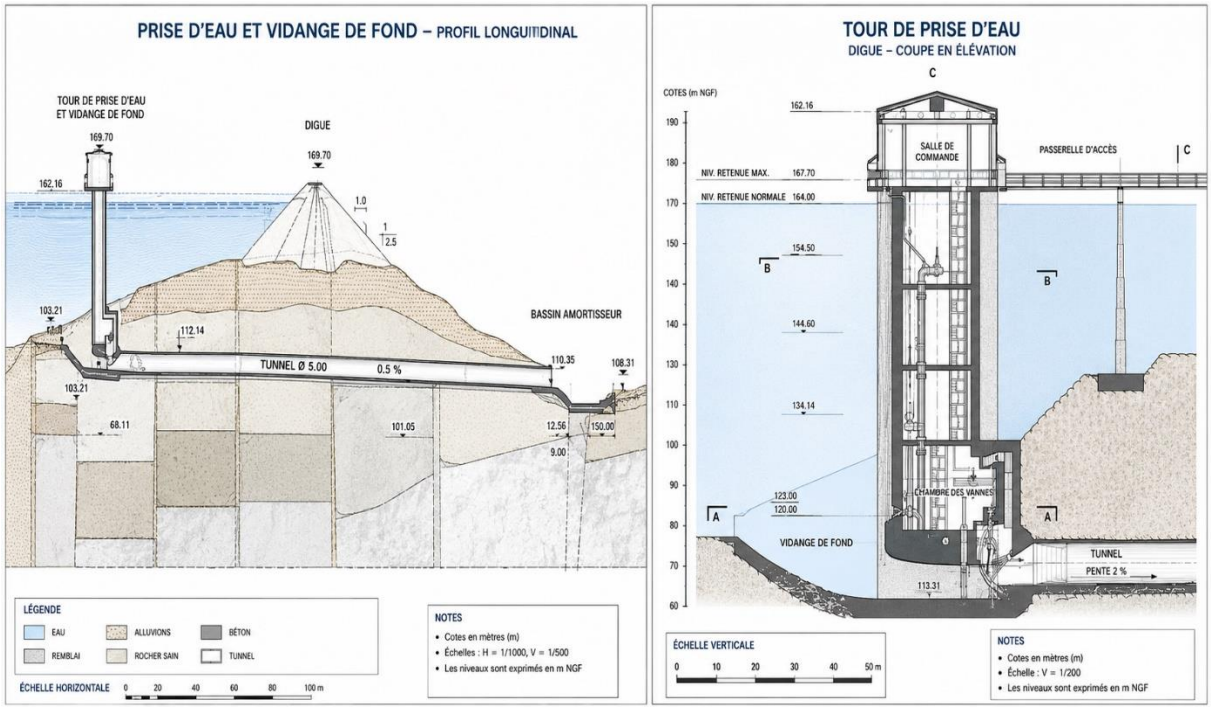


Figure.II.2. Schéma de Galerie de vidange et Tour de prise d'eau (ANBT, 2026)

II.5.4. Évacuateur de crues

L'évacuateur de crues situé en rive gauche, destiné à évacuer les débits importants en période de fortes crues.

- Niveau : 164 m
- Longueur totale : 192 m
- Largeur : de 47.50 m à 17 m

- Cuillère de dissipation de type saut de ski
- Bassin de réception : 240 m × 30 m (ANBT, 2026).

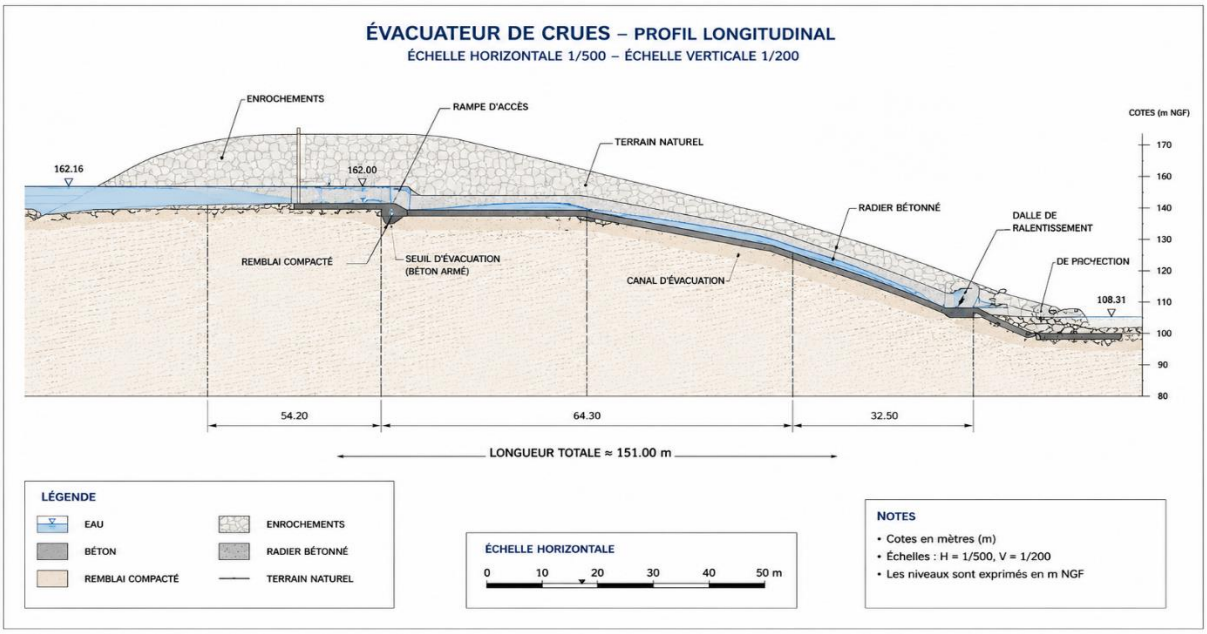


Figure.II.3. Schéma de l'évacuateur de crues du barrage de Guenitra (ANBT, 2026)

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le barrage de Guenitra (El Baraka) en mettant en évidence sa situation géographique, ses principaux objectifs ainsi que ses caractéristiques hydrauliques. Nous avons également décrit les différents ouvrages qui le composent et leur rôle dans le stockage, la gestion et la régulation des ressources en eau. Le barrage de Guenitra constitue l'un des ouvrages hydrauliques les plus importants de la wilaya de Skikda. Il joue un rôle stratégique dans l'alimentation en eau potable d'une large partie de la population, notamment des communes Tamalous, Aïn Kechra, Sidi Mezghiche et d'autres localités avoisinantes. Toutefois, à l'instar de nombreux barrages en Algérie, cet ouvrage est confronté depuis plusieurs années aux effets du changement climatique et à la succession des périodes de sécheresse, entraînant une diminution significative de ses réserves en eau et de sa capacité de stockage mobilisable. Cette situation préoccupante met en évidence la vulnérabilité des ressources conventionnelles face aux aléas climatiques et souligne la nécessité de mettre en œuvre des stratégies de gestion plus durables. Il devient ainsi indispensable d'explorer et de développer des ressources alternatives, telles que le dessalement de l'eau de mer, la réutilisation des eaux usées traitées, la mobilisation des eaux souterraines et l'optimisation de la gestion de la demande en eau. Ces mesures sont essentielles pour garantir la sécurité hydrique de la région et assurer un approvisionnement durable en eau potable pour les générations futures.

Chapitre III : Presentation de La Station de Traitement des Eaux Barrage de Guenitra (El Baraka)

III.1. Introduction

Les stations de traitement des eaux de Guenitra (El Baraka) jouent un rôle important dans la production d'eau potable à partir des eaux brutes du barrage. Elles assurent plusieurs étapes de traitement afin de garantir une eau conforme aux normes de qualité avant sa distribution aux consommateurs. Dans ce chapitre, une présentation des différentes stations de traitement des eaux de Kénitra sera exposée.

III.2. Objectifs

La présentation des différentes stations de traitement des eaux de Guenitra (El Baraka) permet de mettre en évidence les principales étapes de traitement appliquées au sein de chaque station. Elle vise également à décrire le fonctionnement général des ouvrages de traitement et leur rôle dans la production d'une eau potable conforme aux normes de qualité.

III.3. Types d'analyses

III.3.1. Les paramètres Physico-Chimique

III.3.1.1. PH-mètre

Le potentiel hydrogène (pH) mesure l'acidité ou la basicité de l'eau. L'évolution du pH des eaux de surface implique une modification des conditions de fonctionnement des procédés de traitement, tels que le choix des réactifs, le dégazage du CO_2, la pré-reminéralisation et l'ajustement du pH. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre et s'exprime sur une échelle logarithmique allant de 0 à 14. Une valeur inférieure à 7 indique une eau acide, tandis qu'une valeur supérieure à 7 désigne une eau basique ou alcaline (Benzeghaia et al. 2023).

III.3.1.2. La température de l'eau (T_w)

La température des eaux de surface peut varie entre (0.5 C°) et (30 C°), ce sont les températures les plus basses qui conditionnent des ouvrages dans lesquels la réaction chimique (comme la coagulation et floculation), sont mises en œuvre ou les traitements biologiques. La température des eaux potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. La température désignée par (Tw) et mesurée en Degré Celsius (C°) par le thermomètre (Benzeghaia et al. 2023).

III.3.1.3. La conductivité électrique (SC)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. La conductivité électrique d'une eau dépend de la concentration en ions présents dans l'eau et de sa minéralisation, sans réel danger pour la santé humaine lorsque les ions sont naturels. Ce paramètre de qualité est utilisé principalement pour des raisons de confort du consommateur et du réseau. La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre, constitué d'un boîtier électronique affichant la valeur de la conductivité et d'une cellule de mesure. Elle est exprimée en microsiemens par centimètre (µS/cm), unité la plus utilisée en traitement de l'eau (Benzeghaia et al. 2023).



FIGURE III.1. Appareille Multi Paramètre (ADE, 2026)

III.3.1.4. Étapes d'utilisation de l'appareil multi paramètre au laboratoire

- Allumer l'appareil multi paramètre et vérifier son bon fonctionnement.
- Nettoyer et rincer les sondes avec de l'eau distillée avant la mesure.

- Préparer deux échantillons d'eau dans des béchers propres : un échantillon d'eau brute (trouble) et un échantillon d'eau traitée.
- Plonger les sondes dans l'échantillon d'eau brute en veillant à une immersion correcte.
- Attendre la stabilisation des valeurs affichées sur l'écran.
- Lire et enregistrer les paramètres mesurés tels que la température, le pH et la conductivité électrique de l'eau brute.
- Rincer les sondes avec de l'eau distillée après la première mesure afin d'éviter toute influence sur les résultats.
- Refaire la même opération avec l'échantillon d'eau traitée.
- Comparer les résultats obtenus entre l'eau brute et l'eau traitée afin d'évaluer l'efficacité du traitement.

Après les mesures, rincer correctement les sondes, éteindre l'appareil et le ranger convenablement (Benzeghaia et al. 2023).

III.3.1.5. La Turbidité (TU)

La turbidité est liée à la concentration des matières en suspension, y compris les matières colloïdales présentes dans l'eau. Elle peut être exprimée en unité Jackson (JTU), en unité néphalométrique (NTU) ou en unité Formazin (FTU). La turbidité est un paramètre facile à mesurer qui permet d'apprécier les variations de la qualité des eaux brutes. Elle est mesurée à l'aide d'un turbidimètre optique utilisé pour des valeurs de turbidité inférieures à 40 (Benzeghaia et al. 2023).

.



Figure III.2. Turbidimètre (ADE, 2026)

III.3.1.6. Mesure de la turbidité de l'eau au laboratoire

- Prélevez un échantillon d'eau à mesurer (brute, clarifié, traitée) ;
- Rincez le tube du turbidimètre avec une solution tampons ou bien avec l'eau distillée
- Assurer que le turbidimètre est en bon état de fonctionnement pour garantir des résultats
- Précis ;
- Placez l'échantillon de l'eau dans le tube, et évitez de toucher le tube ou l'eau avec les mains
- Nues pour éviter d'introduire les particules supplémentaires dans l'eau
- Insérez le tube dans le turbidimètre et appuyez sur le bouton « X » pour lancer la mesure
- Lisez la mesure sur l'affichage de turbidimètre, et notez-le
- Rincez soigneusement le tube de turbidimètre avec de l'eau distillée après chaque mesure

•Essuyez le tube de turbidimètre avec l'eau distillée après un chiffon propre et sec, et mettez-le dans turbidimètre (Benzeghaia et al. 2023).

III.3.2. Jar-Test

Le Jar-test est un paramètre utilisé essentiellement pour déterminer un dosage spécifique des produits chimiques utilisées dans le traitement des eaux quand la turbidité de l'eau est élevée L'optimisation des étapes de coagulation et de floculation est généralement réalisée par des essais de type « Jar Test ». Ce test permet de déterminer les doses optimales de coagulant et de floculant en laboratoire. Les résultats obtenus doivent être adaptés en tenant compte de la recirculation des boues décantées. L'évaluation du test se fait en fonction de la taille des flocs formés et de la qualité de l'eau surnageante. Ce test est réalisé lors de chaque variation importante de la turbidité afin d'optimiser le rendement du traitement et de réduire la consommation des réactifs. Le Jar Test est effectué à l'aide d'un appareil composé de plusieurs béchers et d'agitateurs mécaniques permettant de simuler les conditions de mélange et de décantation (ADE, 2026).

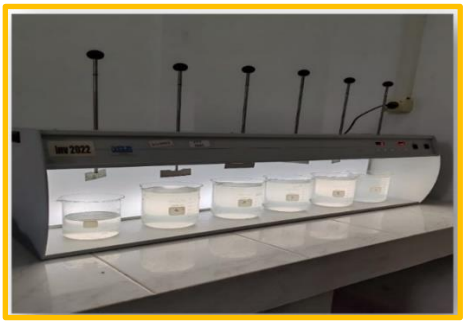


Figure III.3. Jar-Test (ADE, 2026)

III.3.2.1. Dosage du coagulant

- Remplir six béchers avec de l'eau brute.
- Mettre les agitateurs en marche à 150 tr/min.
- Ajouter le coagulant à t=0 avec des doses croissantes.
- Agiter 2 min à 150 tr/min puis réduire à 40 tr/min pendant 3 à 5 min.
- Évaluer la taille des flocs (notation 1 à 10).
- Laisser décanter 10 à 20 min puis mesurer turbidité et pH.
- Répéter après 20 min et choisir la dose optimale (ADE, 2026).

III.3.2.2. Dosage du floculant

- Reprendre les mêmes conditions avec la dose optimale de coagulant.
- Agiter à 150 tr/min puis augmenter à 250 tr/min.
- Ajouter le floculant avec des doses croissantes.
- Agiter 2 min puis réduire à 40 tr/min pendant 3 à 5 min.
- Évaluer les flocs (1 à 10).
- Décanter 10 à 20 min puis mesurer turbidité et pH.
- Répéter après 20 min et choisir la dose optimale (ADE, 2026)

III.3.2.3. Taux de recirculation des boues

- Reprendre les mêmes conditions avec la dose optimale de coagulant.
- Ajouter des boues recirculées (3 à 7 %) à 150 tr/min puis passer à 250 tr/min.
- Ajouter le floculant optimal.
- Réaliser les étapes de floculation et décantation comme à l'étape 2.
- Déterminer le taux optimal de recirculation des boues (ADE, 2026).

III.4. Présentation de la station principale

La station de pompage principale du barrage Guenitra (wilaya de Skikda) constitue un ouvrage important dans le système d'alimentation en eau, car elle assure le transfert de l'eau vers les différentes zones d'utilisation. Cette station a été réalisée en 1986 et elle est exploitée par

l'Algérienne des Eaux dans le cadre de la gestion du service d'alimentation en eau potable (ADE, 2026).



Figure III.4. Localisation de la station de pompage principale barrage Guenitra

Le transfert de l'eau au sein du système hydraulique s'effectue selon une séquence simple : L'eau arrive du barrage à la station par gravité (système gravitaire) via une conduite principale d'un diamètre de 1200 mm. La station assure le pompage direct, sans traitement (eau brute), à l'aide de 5 pompes, avec une HMT de 194 m. Le débit est de 1998 m^3/h (soit 555 L/s). L'eau atteint un réservoir intermédiaire, à partir duquel elle est distribuée par gravité vers : La station de traitement de Hammadi Krouma et le périmètre d'irrigation de l'ONID (ADE, 2026).



Figure III.5. Vue générale de la salle de pompage et schéma synoptique station Guenitra (ADE, 2026)

III.4.1 Caractéristiques techniques des équipements

La station comprend 5 groupes de pompage horizontaux, caractérisés par les éléments suivants

Tableau.III.1. Caractéristiques des Pompes station Guenitra (ADE, 2026)

MARQUE : KSB	TYPE : RDLX400.740/B	N° DE SERIE :
DEBIT : 1998 m³/h	HAUTEUR : 149m	TRESSE : 22mm²
DIAMETRE ASP : 600mm	DIAMETRE REF : 500mm	PUISSANCE :
GRAISSE/HUILE : graisse	ROULEMENTAV : NU322	ROULEMENT ARR : 6322C3

Tableau.III.2. Caractéristiques des Moteurs station Guenitra (ADE, 2026)

MARQUE : SIEMENS	TYPE : 1RA7503-4HE902	ROULEMENT AV : NU224
PUISSANCE : 1250KW	COURANT : 158A	TENTION : 5500 V
COS O : 0.86	VITESSE : 1485	DEMAR : AUTO-TRANSFORMATEUR
IP : 23	CLASSE DISOLA : F	
GRAISSE/HUILE : Graisse	ROULEMENT AV : NU224	Roulement ARR : 6228C3+NU228

Il y a aussi des systèmes pour protéger la station contre le phénomène du coup de bélier les problèmes de courant



Figure.III.6. Anti-Bélier station Guenitra (ADE, 2026)

III.5. Présentation de la Station de traitement 100L/s

Établie en 1991, cette station de traitement assure l'approvisionnement en eau potable des communes d'Oum El Toub et de Sidi Mezghiche. Elle constitue une infrastructure hydraulique stratégique pour la sécurisation de la ressource hydrique au profit des populations locales. La station de traitement d'eau potable de Guenitra est conçue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 360m³/h, provenant des eaux de surface du barrage Guenitra. La qualité de l'eau brute est

régulièrement contrôlée afin de garantir une potabilisation conforme aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (ADE, 2026).



Figure.III.7. La station de traitement des eaux barrage Guenitra (100l/s)

Tableau.III.3. Caractéristiques du débit et qualité de l'eau (ADE, 2026)

Paramètres	Unité	Valeur
Débit horaire	L/s	100
Débit journalière	M^3/J	8640
Turbidité maximale	NTU	13
pH	-	7-9

L'exploitation des eaux de surface constitue un pilier fondamental pour répondre aux besoins en eau. Toutefois, ces ressources contiennent diverses impuretés, notamment des minéraux dissous et des matières organiques, qu'elles soient d'origine naturelle ou liées aux activités humaines. Afin de garantir une eau saine et potable, il est impératif de les soumettre à un protocole de traitement rigoureux, reposant essentiellement sur la clarification et la désinfection. Les étapes de ce processus se présentent comme suit (ADE, 2026).

III.5.1. Filière de traitement

III.5.1.1 Aération

L'étape d'aération est un processus essentiel qui consiste à mélanger l'eau avec l'air pour augmenter son taux d'oxygène, ce qui permet d'éliminer les gaz malodorants et d'oxyder les métaux pour faciliter leur retrait. Cette étape est également exploitée pour injecter le chlore de

préchloration, afin de désinfecter l'eau précocement et d'éliminer les algues et les micro-organismes, tout en assurant le mélange des autres réactifs chimiques nécessaires aux étapes suivantes du traitement (ADE, 2026).



Figure III.8. Bassin D'aération (ADE, 2026)

III.5.1.2 Coagulation

Après les étapes d'aération et d'injection des réactifs, l'eau brute est acheminée vers les chambres de mélange de chaque ligne de clarification. La coagulation y est effectuée par injection de sulfate d'aluminium afin de déstabiliser les charges des particules colloïdales en suspension. Cette étape requiert un mélange rapide et homogène, assuré par des dispositifs d'agitation mécanique garantissant une diffusion instantanée du réactif, pour assurer l'efficacité de la coagulation et favoriser l'apparition des "Micro-Flocs". L'eau circule à travers les bassins selon un flux ascendant successif, afin d'optimiser le mélange et d'allonger le temps de séjour. Cette agitation doit être opérée à une cadence rapide et précise, ceci afin d'éviter la déstructuration des micro-flocs en cours de formation (ADE, 2026).

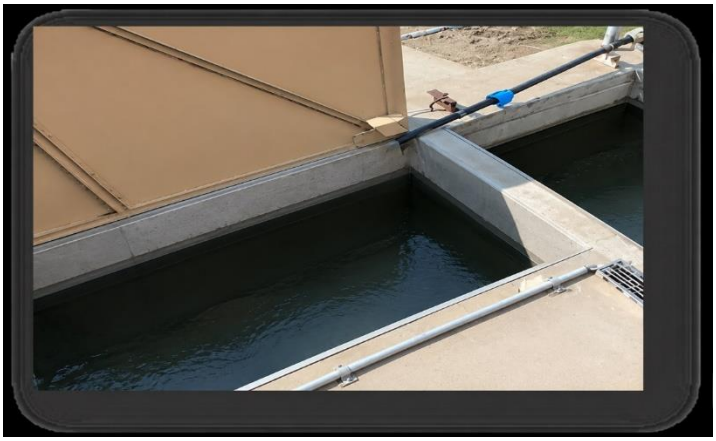


Figure III.9. Ouvrage de Coagulation (ADE, 2026)

III.5.1.3. Floculation

La floculation constitue le maillon essentiel de la clarification de l'eau, visant à regrouper les particules fines et les matières en suspension pour les transformer en amas volumineux et faciles à décanter. Cette étape commence par l'introduction de l'eau dans des chambres spécifiques après l'avoir mélangée aux produits chimiques et au polymère, où elle est agitée lentement et doucement pendant une durée de 20 à 30 minutes. Ce brassage lent est crucial : il permet aux petites particules de s'entrechoquer et de s'agglutiner pour favoriser la croissance des "flocs" sans les briser. Pour garantir l'efficacité du traitement, l'eau ainsi floculée s'écoule vers la zone de décantation via des ouvertures noyées qui évitent toute perturbation brusque du flux, assurant ainsi une eau claire et prête pour l'étape suivante (ADE, 2026).



Figure III.10. Ouvrage de Floculation (ADE, 2026)

III.5.1.4. Décantation

Principe de séparation : Cette étape repose sur le principe de la séparation physique par gravité, où la force gravitationnelle est utilisée pour isoler les matières solides (les flocs) du liquide. Contrôle hydraulique : Les eaux provenant de la floculation sont introduites avec un "écoulement laminaire" et une vitesse très faible, afin de garantir la sédimentation des flocs et d'éviter qu'ils ne se brisent ou ne restent en suspension la sédimentation des particules Grâce à la tranquillité du milieu, les flocs lourds descendent progressivement pour s'accumuler au fond du bassin, formant

ce que l'on appelle un "lit de boues". Récupération du clarifié : L'eau décantée (claire) est récupérée en surface par des goulottes ou des canaux de collecte, avant d'être dirigée vers l'étape de filtration. Gestion des boues : Les matières accumulées au fond sont extraites périodiquement à l'aide de racleurs mécaniques, afin de maintenir le volume utile du bassin et d'éviter toute remontée de particules (ADE, 2026).



Figure III.11. Ouvrage de Décantation (ADE, 2026)

III.5.1.5. Filtration

Le processus de filtration rapide sur sable constitue une étape cruciale du génie du traitement des eaux, reposant sur un milieu poreux composé de sable quartzeux à granulométrie précise et étudiée. Cette opération vise à réduire la turbidité de l'eau en la faisant passer hydrauliquement à travers des couches de sable qui agissent comme une barrière mécanique, retenant les impuretés fines et les flocs ayant échappé aux bassins de décantation. L'efficacité ne se limite pas à la simple rétention physique, mais inclut également le phénomène d'adsorption superficielle, où les particules microscopiques adhèrent à la surface des grains de sable sous l'effet de forces d'attraction physiques. Pour garantir la pérennité des performances du système, le filtre subit un lavage à contre-courant (Backwashing) périodique, consistant à inverser le flux d'eau combiné à une injection d'air pour décolmater les couches de sable et évacuer les matières retenues. Ce procédé assure la restauration de la perméabilité du milieu filtrant et produit une eau parfaitement clarifiée, prête pour l'étape de désinfection finale (ADE, 2026)



Figure III.12. Ouvrage de filtration sur sable (ADE, 2026)

III.5.1.6. Désinfection et stockage

La phase de désinfection au chlore constitue la base fondamentale pour garantir la sécurité biologique de l'eau. Ce processus repose sur l'injection de doses précises et étudiées de chlore afin d'éliminer les bactéries, les virus et l'ensemble des agents pathogènes. L'importance stratégique de cette étape réside dans le maintien d'un taux de chlore résiduel, assurant une protection continue contre toute contamination accidentelle lors du transit de l'eau à travers les réseaux de distribution, garantissant ainsi au consommateur une eau saine et de haute qualité. Cette opération s'effectue au sein d'un réservoir de stockage d'une capacité de 1000 m³, situé sous la station de traitement (ADE, 2026).

III.5.2. Station de pompage

La station de pompage de Guenitra est une installation vitale pour l'approvisionnement en eau des communes d'Oum Toub et Sidi Mezghiche. Elle s'appuie sur deux pompes fonctionnant en alternance tous les deux jours afin d'assurer la continuité du service et de préserver l'efficacité des équipements. Ce système se caractérise par un débit de 360 (m^3/h) et une hauteur manométrique totale (HMT) de 250 mètres, avec des conduites d'aspiration de 200 mm de diamètre et de refoulement de 300 mm (ADE, 2026).



Figure III.13. Station de Pompage (ADE, 2026)

Tableau.III.4. Pompe Station Sidi Mezghiche et Oum Toub (ADE, 2026)

MARQUE : Ingersoll-dredsser	TYPE :	N DE SERIE
Débit :360 M^3/H	Hauteur :250m	Tresse :12mm
Diamètre ASP :200MM	Diamètre réf :300mm	Puissance :355kw
Graisse/Huile : Graisse	---------	Roulement ARR :

Tableau.III.5. Moteur Station Sidi Mezghiche et Oum Toub (ADE, 2026)

Marque : ABB	TYPE :M2CA335LB4B3	N DE SERIE :3425755
Puissance :355KW	Courant :630A	Tension :330V
COS O :0.89	Vitesse :	Demar : Progressive
IP :55	Classe Disola	
Graisse/Huile : Graisse	Roulement AV :6333C3	Roulement ARR :6319C3

III.6. Présentation de la Station de traitement 400L/s

La station de traitement d'eau potable de Guenitra 400L/s, mise en service en 2010, est prévue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 1.440 m^3/h. L'eau brute est une eau de surface provenant du barrage Guenitra, dont la qualité doit être vérifiée régulièrement afin d'assurer sa potabilisation. La qualité de l'eau traitée doit respecter les recommandations de l'OMS résumées ci-dessus. La nouvelle station de traitement, située à proximité de la station existante, est destinée à l'alimentation en eau potable des villes de Tamalous, Ain Kechra, Beni Oulbane ainsi que des

zones environnantes à partir du barrage de Guenitra. La station est située à proximité du barrage Guenitra, dans un site stratégique permettant l'exploitation des eaux superficielles stockées dans le barrage et leur transfert vers les unités de traitement et de distribution (ADE, 2026).

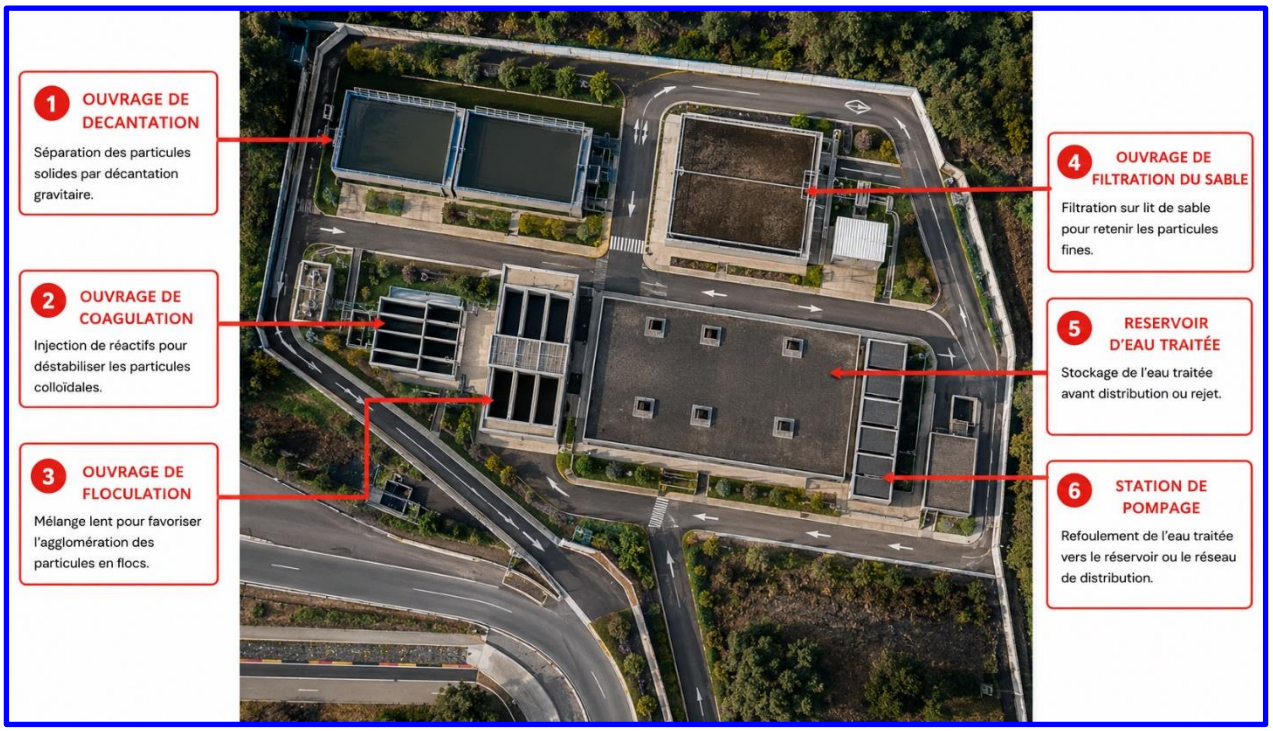


Figure.III.14. Localisation de la station Guenitra 400 (L/s)

III.6.1. Les caractéristiques de la station de traitement Guenitra 400 (L/s)

La station de traitement d'eau potable de Guenitra est conçue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 1 440 m³/h, provenant des eaux de surface du barrage de Guenitra. La qualité de l'eau brute est régulièrement contrôlée afin de garantir une potabilisation conforme aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé. La chaîne de traitement comprend deux lignes principales (excepté l'ouvrage de filtration) (ADE, 2026).

Tableau.III.6. Caractéristiques du débit et qualité de l'eau (ADE, 2026).

Paramètres	Valeur
Débit horaire	400L /s
Débit journalière	34 560m^3/J
Turbidité maximale	13 NTU
pH	7-9

III.6.2. Description du fonctionnement de la station

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent pas à assurer la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire, si non indispensable d'utiliser les eaux de surface Les eaux de surface contiennent les impuretés qui ont pour origine :

- La dissolution des encaissants (roches, terrains…), qui sont responsable du pH et de la conductivité
- Les colloïdes minéraux (argiles ; sels de silice ...) qui sont responsable de la turbidité
- Les matières organiques qui peuvent avoir deux origines
- Origines naturelles : produits de dégradation des végétaux ; métabolites des algues et des microorganismes
- Origines artificielles : due à la pollution urbaine ; industrielle et agricole (pesticides ; fongicides ; herbicides…

Ainsi les eaux de surface devraient subir des modifications physiques ; chimiques et biologiques qui les rendent potables. Pour cela il faut traiter les eaux de surface par des moyens appropriés. Ces traitements correcteurs qu'on leur applique sont assez stéréotypés et n'éliminent pas tout ce qui est demanderait à être éliminé. Pour traiter ces eaux de surface, la chaîne de traitement moderne utilise le procédé physicochimique qui consistait en deux primordiales phases Clarification et Traitement bactéricide et virulicide (ADE, 2026)

III.6.2.1. Traitement de clarification

Il arrive souvent surtout en période de crue, que l'eau brute véhicule la plupart des subsistances et matériaux se trouvant à la surface du sol, allant des gros débris jusqu'aux matières dissoutes en passant par des dispersions colloïdes. Les particules ayant des dimensions supérieures à 1 µ décantent au niveau des décanteurs sans qu'il y ait modification physicochimique de leur état. Par contre les particules dont les dimensions sont inférieures à 1 µ ne décantent pas spontanément. Le but de la clarification est ainsi l'élimination de ces particules fines indésirables qui confèrent à l'eau des apparences troubles ainsi que des odeurs et saveurs désagréables. Pour ce faire, on a recours aux procédés physicochimiques pour modifier l'état initial des corps présents dans l'eau et créer des conditions favorables à leur décantation, d'où la technique de coagulation- floculation. Elle consiste à former des flocs, les matières en suspension organiques et minérales et les subsistances colloïdes. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elles décantent au fond du

bassin de décantation où elles sont régulièrement extraites. Par contre l'eau surnageante est filtrée soit sur sable (afin d'éliminer les fines particules en suspension qui restent), soit sur sable et charbon actif (afin d'éliminer en plus les couleurs et odeurs dues à la matière organique). Ainsi, le traitement de l'eau au niveau du clarificateur se déroule selon une succession d'étapes bien définies, allant du bassin d'aération jusqu'à la station de pompage. Ces différentes étapes peuvent être décrites comme suit :



Figure.III.15. Bassin D'aération Guenitra 400 (L/S) (ADE.2026)

- Arrivée d'eau brute et Régulation du débit : la régulation constitue le premier ouvrage principal de la station de traitement. Les eaux brutes, provenant du barrage de Guenitra, arrivent par gravité jusqu'à la station et sont dirigées vers la chambre de régulation. Cet ouvrage joue un rôle essentiel dans la maîtrise du débit et la stabilité du fonctionnement global de la station. Il assure également une fonction de sécurité contre les risques de débordement. Cette protection est assurée par la surveillance du niveau d'eau en amont des filtres ainsi que dans le réservoir d'eau traitée, grâce à deux sondes de niveau. En cas de détection d'un niveau élevé anormal, la vanne de régulation se ferme automatiquement, évitant ainsi tout fonctionnement intempestif du système.
- Aération : Après l'ouvrage de régulation, l'eau brute est introduite dans une chambre d'aération. Cette étape sert principalement à augmenter la teneur en oxygène de l'eau, à réduire les teneurs en bioxyde de carbone et en sulfure d'hydrogène, ainsi qu'à oxyder le

fer et le manganèse. L'aération favorise également la précipitation naturelle de certains composés indésirables. Le bassin sert aussi de zone de mélange pour l'injection des réactifs de préchloration, d'oxydation au permanganate de potassium et d'acidification (ADE, 2026).

Cet ouvrage, constitue donc les premières étapes de traitement, à savoir : Aération, Préchloration, Acidification, Oxydation au permanganate de potassium (ADE, 2026).

III.6.2.2. Coagulation

Après l'aération et l'ajout des réactifs, l'eau brute est envoyée vers les chambres de mélange de chaque ligne de clarification. La coagulation est réalisée par injection de sulfate d'aluminium afin de déstabiliser les particules colloïdales présentes dans l'eau. Cette étape nécessite un mélange rapide et homogène entre l'eau et le réactif afin d'assurer une bonne coagulation et favoriser la formation des microflocs. Pour améliorer le mélange et augmenter le temps de séjour, l'eau circule à travers les bassins en passant successivement du bas vers le haut. Le mélange doit être effectué rapidement afin d'éviter la destruction des microflocs formés (ADE, 2026).



Figure III.16. Ouvrage de Coagulation Guenitra 400 L/s (ADE, 2026)

III.6.2.3. Floculation

La floculation est une étape essentielle du processus de clarification, car son efficacité influence fortement le rendement de l'étape suivante. Elle consiste à regrouper les particules colloïdales déstabilisées ainsi que celles provenant de la recirculation des boues et des eaux de

lavage. Cette étape a pour objectif d'augmenter la taille des flocs et de réduire la turbidité interstitielle. Elle se réalise par une agitation lente et régulière permettant le développement des flocs sans les casser après leur formation. Après l'ajout des produits chimiques, des eaux de lavage et des boues recirculées, l'eau est dirigée vers la chambre de floculation, où le polymère est mélangé afin d'assurer la formation et la croissance des flocs dans cette zone. L'eau ainsi floculée quitte la chambre centrale par le déversoir opposé et est dirigée vers la zone de décantation. Le passage de la zone de floculation vers cette zone d'alimentation se fait à travers un seuil noyé, ce qui permet d'éviter tout phénomène de court-circuit dans la zone de réaction centrale, susceptible de réduire le rendement du traitement. La durée de floculation est un paramètre important, et les essais montrent qu'un temps de rétention de 20 à 30 minutes constitue une valeur optimale, selon les caractéristiques de l'eau. Le brassage lent a pour rôle de favoriser le contact entre les microflocs en formation, ainsi qu'avec les particules plus importantes, afin de renforcer le phénomène de floculation (ADE, 2026).



Figure III.17. Ouvrage de Floculation (ADE, 2026)

III.6.2.4. Décantation Lamellaire & Clarification

La fonction principale de l'ouvrage de décantation est de réduire la teneur en matières en suspension (MES) à un niveau suffisamment bas pour permettre un traitement économique par filtration, après l'étape de coagulation/floculation, dont le but est de former des macroflocs, l'eau est traitée par décantation. L'installation de lamelles dans la partie supérieure du décanteur améliore le rendement de cette séparation grâce à un flux contre-courant, les boues s'écoulant en

sens inverse du débit de l'eau, ainsi qu'à une grande surface de clarification par rapport aux dimensions du bassin. Afin de limiter les pertes en eau, les boues sont épaissies au fond de l'ouvrage par un système mécanique de raclage, permettant de les diriger vers la fosse centrale et de faciliter la séparation eau/boue. L'eau clarifiée s'écoule ensuite en surface vers les canaux de récupération. Pour assurer une filtration économique, l'eau clarifiée doit présenter une teneur inférieure à 10 mg/l, sans gros flocs ni résidus de polymère (ADE, 2026).

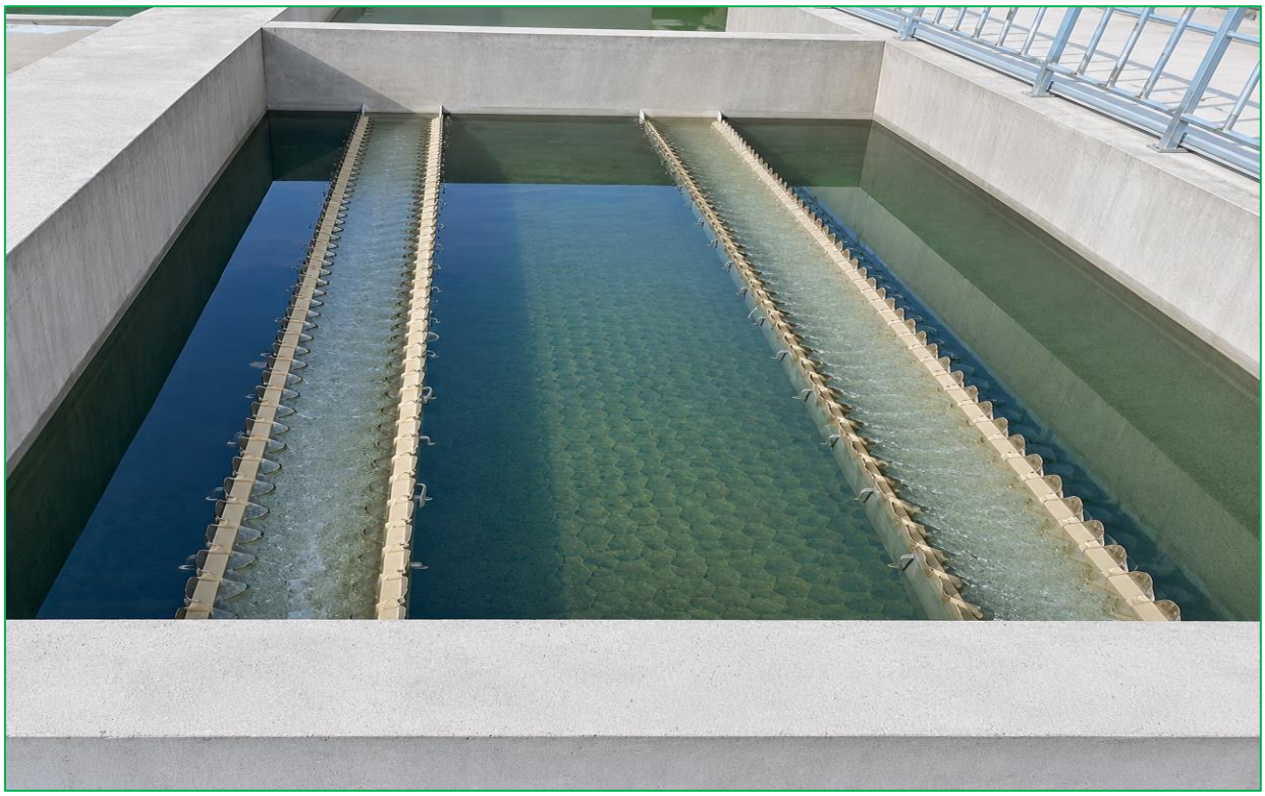


Figure III.18. Ouvrage de décantation Guenitra 400L/s (ADE, 2026)

Les deux bassins de décantation ont comme spécifications techniques (ADE, 2026):

- Type de bassin : carré, cylindro-conique
- Matériel du bassin : béton armé
- Nombre de bassins : 2 (1 par file)
- Coté : 6 m
- Profondeur du bassin : 6.1 m
- Profondeur de l'eau : 5.5 m
- Matériel des plaques : Polymère 540E (certifié NFL)
- Dimension des plaques : 1900 x 1000 x 1.27 mm

- Nombre des plaques : 611 /clarificateur
- Surface projetée des plaques : 611.5 m^2
- Charge hydrauliques totale : 1 à 1.5 m/h

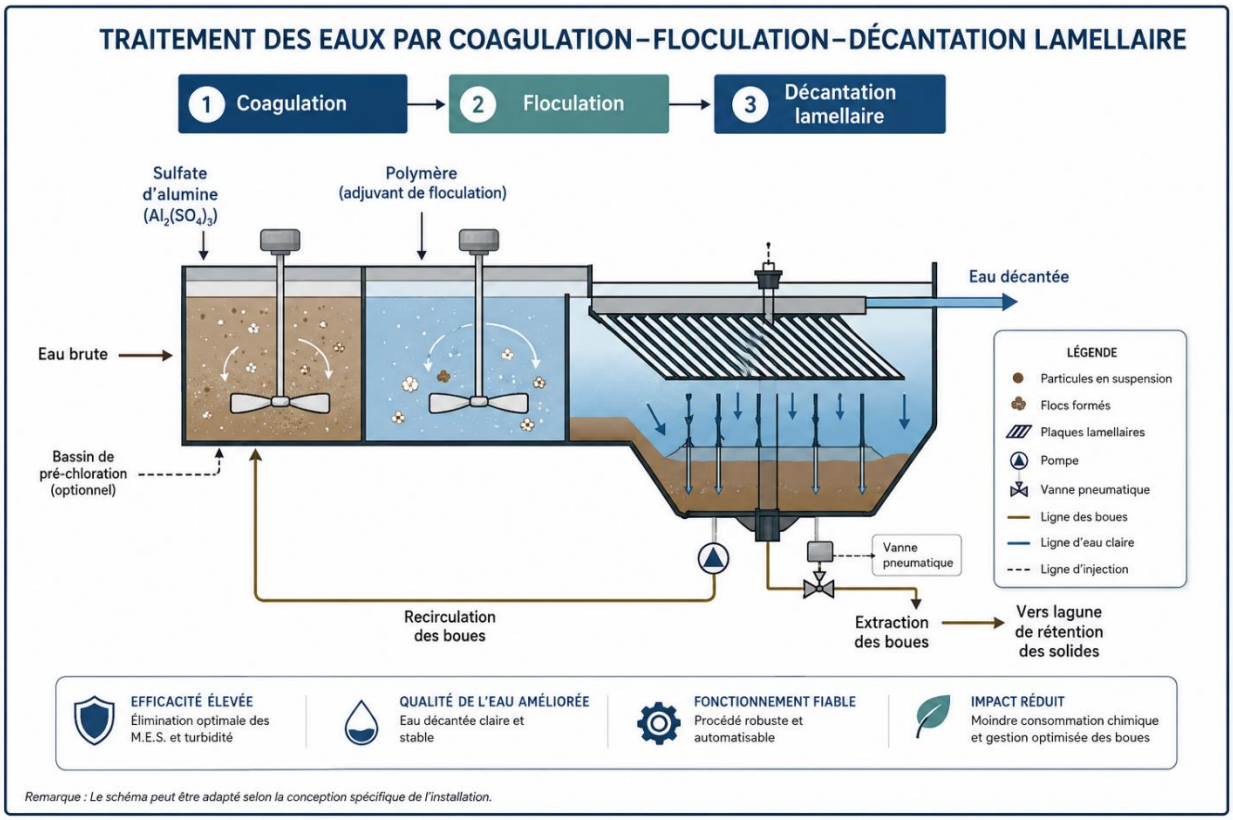


Figure.III.19. Schéma Synoptique d'une unité de clarification de l'eau : processus de Coagulation- Floculation - Decantation Lamellaire (ADE, 2026)

III.6.2.5. Filtration

Après les étapes de coagulation, floculation et décantation, l'eau présente une turbidité stable d'environ 10 NTU. La filtration sur un lit de sable adapté constitue une étape de finition permettant d'obtenir une eau claire conforme aux normes de potabilité avant la désinfection. Le bon fonctionnement de la filtration repose sur une répartition uniforme de la vitesse de passage de l'eau entre tous les filtres. Ceci est assuré par un réglage identique des entrées des filtres et des déversoirs, tout en maintenant une charge d'eau élevée sur les filtres afin de limiter les opérations de lavage. Lorsque le filtre est colmaté à cause de l'accumulation des matières en suspension et de l'augmentation de la perte de charge, il est nécessaire de procéder à un lavage à contre-courant afin de rétablir sa capacité de filtration. Ce lavage se fait en plusieurs étapes : décolmatage à l'air,

agitation air-eau, puis rinçage à l'eau. L'ouvrage de filtration est constitué d'un canal central de distribution de l'eau décantée et de deux batteries de filtres, comprenant au total six filtres, assurant le traitement de l'eau. L'eau décantée circule à travers un canal de distribution avant d'être répartie de manière uniforme entre les différents filtres. Après son passage à travers le milieu filtrant, l'eau filtrée est récupérée puis dirigée vers le réservoir d'eau traitée. Le fonctionnement des filtres repose sur une filtration en parallèle avec une répartition équilibrée du débit entre les différentes cellules de filtration. Un niveau d'eau constant est maintenu au-dessus du milieu filtrant afin d'assurer un bon fonctionnement du système de filtration. Au cours du cycle de filtration, l'accumulation des matières en suspension provoque progressivement le colmatage du filtre et l'augmentation de la perte de charge, ce qui nécessite ensuite une opération de lavage (ADE, 2026).



Figure III.20. Ouvrage de Filtration du sable Guenitra 400(L/s) (ADE, 2026).

III.6.2.6. Désinfection

La désinfection constitue la dernière étape du traitement de l'eau avant sa distribution. Elle a pour objectif d'éliminer les bactéries, virus et autres microorganismes susceptibles d'être présents dans l'eau filtrée afin de garantir sa qualité sanitaire. Cette opération est réalisée par injection de chlore, permettant également de maintenir un résiduel désinfectant dans le réseau de distribution. (ADE, 2026).

III.6.2.7. Réservoir d'eau traité

L'eau désinfectée s'écoule vers le réservoir de stockage, destiné à recevoir l'eau traitée avant son pompage vers les conduites de transfert. Le réservoir est divisé en deux compartiments : une zone de contact d'un volume de 482 m^3 et une zone de stockage de l'eau traitée d'une capacité de 5467 m^3. Ce réservoir est couvert et situé à proximité de la station de pompage. Le volume total du réservoir (482 m^3 + 5500 m^3) est déterminé en fonction du fonctionnement continu de la station 24 h/24, alors que le pompage des eaux traitées se fait à un rythme de 20 h/24 (ADE, 2026).



Figure III.21. Reservoir d'eau traité Guenitra 400L/s (ADE, 2026)



Figure III.22. Station de pompage Guenitra 400L/s (ADE, 2026)

III.6.3. Station de Pompage

À partir du réservoir d'eau traitée, l'eau est acheminée vers la station de pompage afin d'être refoulée vers le réseau de distribution. La station de pompage est équipée de trois pompes, dont deux en service et une en réserve, assurant la continuité du fonctionnement. Le débit nominal de chaque pompe est de 864 m^3/h, avec une vitesse de rotation de 1492 tr/min. La hauteur manométrique est de 156 m. Les pompes sont de type Oméga 200_670A, avec un diamètre de roue D2 = 655 mm (ADE, 2026).

III.7. Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter de manière détaillée les différentes infrastructures de captage, de pompage et de traitement des eaux du barrage de Guenitra (El Baraka), qui constitue l'une des principales ressources en eau de la wilaya de Skikda. L'étude a mis en évidence le rôle essentiel des analyses physico-chimiques et des essais de Jar-Test dans le contrôle de la qualité de l'eau et l'optimisation des procédés de traitement. Les paramètres tels que le pH, la température, la conductivité et la turbidité représentent des indicateurs indispensables pour assurer un suivi efficace de la qualité de l'eau tout au long de la chaîne de traitement. La présentation des deux stations de traitement, d'une capacité respective de 100 L/s et 400 L/s, a permis de comprendre les différentes étapes mises en œuvre pour transformer l'eau brute du barrage en une eau potable

conforme aux normes sanitaires. Les procédés d'aération, de coagulation, de floculation, de décantation, de filtration et de désinfection constituent une succession d'opérations complémentaires garantissant l'élimination des impuretés physiques, chimiques et microbiologiques. Par ailleurs, les stations de pompage associées assurent le transfert et la distribution de l'eau vers plusieurs communes de la région, contribuant ainsi à la satisfaction des besoins croissants en eau potable. L'ensemble de ces ouvrages forme un système hydraulique performant qui joue un rôle stratégique dans la sécurisation de l'alimentation en eau des populations desservies et dans la valorisation durable des ressources hydriques du barrage de Guenitra.

Chapitre IV : Résultats et Interprétations

IV.1. Introduction

Le barrage de Guenitra constitue l'une des principales ressources en eau destinées à l'alimentation en eau potable de plusieurs agglomérations de la wilaya de Skikda, et l'irrigation du périmètre d'irrigation Saf-Saf. Les eaux prélevées sont acheminées vers deux stations de traitement, d'une capacité respective de 400 L/s et 100 L/s, où elles subissent différentes étapes de potabilisation avant leur distribution aux populations. Ces infrastructures assurent l'approvisionnement en eau potable des communes d'Oum Toub, Tamalous et Sidi Mezghiche. Dans ce contexte, le présent chapitre est consacré à l'évaluation de la qualité des eaux brutes du barrage ainsi que des eaux traitées produites par les stations, afin d'apprécier leur conformité et l'efficacité des procédés de traitement mis en œuvre.(ONID 2026)

IV.2. Réseau de distribution d'eau d'irrigation

Le réseau de distribution d'eau d'irrigation du périmètre Saf-Saf est un système hydraulique alimenté à partir du barrage de Guenitra, géré conjointement par l'ADE pour l'alimentation en eau potable de la ville de Skikda et l'ONID pour l'irrigation du périmètre. (ONID 2026)

IV.2.1. Ressources et besoins en eau à partir du barrage Guénitra :

Le volume régularisable à partir du barrage de Guénitra est de 47 hm³, réparti comme suit : A.E.P (31.35 Hm^3), Irrigation secteur II (7.50 Hm^3), Irrigation secteur IV (8.15 Hm^3).(ONID 2026)

IV.2.2. Caractéristiques du réseau

La station de pompage de Guenitra, composée de 5 pompes (dont une de secours), gérée par l'ADE, assure un débit maximal de 2.22 m³/s. L'eau est refoulée vers un réservoir tampon de 1500 m³, puis acheminée gravitairement sur 24000 m via des conduites Ø1250 mm et Ø1000 mm. Elle est ensuite transférée vers la station de traitement de Hammadi Krouma par une conduite en acier Ø800 mm, assurant l'alimentation des réservoirs des secteurs II et IV. Les conduites du réseau sont classées selon leur rôle :

- Conduite d'aspiration : relie la prise d'eau du barrage Guenitra à la station de pompage, de diamètre Ø1219 mm et de longueur 170 m.
- Conduites de refoulement : depuis la station de pompage jusqu'au réservoir tampon, réalisées en doubles tuyauteries en acier.
- Conduites principales : alimentent les réservoirs de régularisation à partir du barrage.

- Conduites primaires : alimentent les secteurs II et IV depuis les réservoirs jusqu'aux bornes d'irrigation.

Les caractéristiques des canalisations liées à l'adduction Guenitra sont les suivantes :

- Le mode d'irrigation adopté est l'irrigation par aspersion, qui présente plusieurs avantages : adaptation à tout type de sol, bonne oxygénation de l'eau et économie d'eau par rapport aux autres systèmes.
- Les appareillages du réseau comprennent : vannes à opercule pour les conduites Ø ≤ 400 mm, vannes à papillon pour les conduites Ø > 400 mm, ventouses aux points élevés pour l'évacuation de l'air, vidanges aux points bas pour vider les conduites en cas de réparation ou en fin de saison.(ONID 2026)

IV.2.3. Schéma global du système d'alimentation

Cette figure présente le schéma général de mobilisation, de traitement et de distribution des eaux du barrage de Guenitra. Après la prise d'eau et le transit par la conduite principale, le débit est réparti vers deux usages majeurs : l'alimentation en eau potable (AEP) et l'irrigation agricole. La branche AEP alimente les stations de traitement puis les réservoirs de stockage destinés aux communes de Tamalous, Aïn Kechra, Sidi Mezghiche et Oum Toub. Parallèlement, une station de pompage principale assure l'acheminement de l'eau vers le réseau d'irrigation de l'ONID, desservant plusieurs réservoirs, bornes d'irrigation et réseaux d'aspersion. Ce système illustre l'importance stratégique du barrage dans le développement agricole et l'approvisionnement en eau potable de la région.

IV.2.3.1. Stations de pompage

Le système d'irrigation du périmètre Saf-Saf repose sur deux stations de pompage stratégiques dont les caractéristiques techniques et les modes de gestion sont détaillés dans le tableau suivant :

- La station de Guenitra assure une alimentation mixte pour la ville de Skikda ainsi que pour l'irrigation des secteurs II et IV.
- La station de pompage d'El Harrouch est dédiée à l'alimentation de la partie haute pression du secteur III.(ONID 2026)

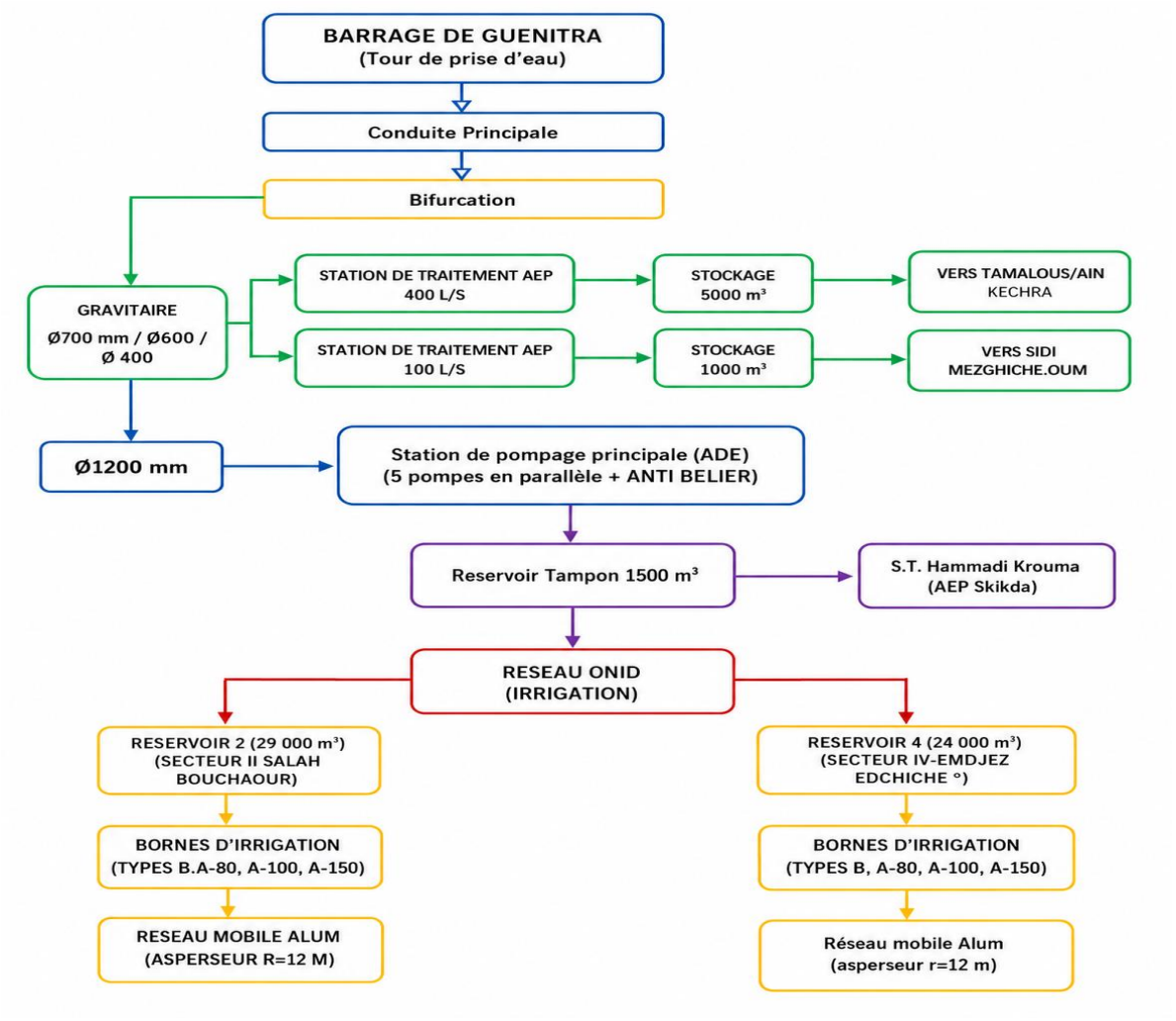


Figure IV.1. Schéma global du système d'alimentation

IV.2.3.2. Réservoir

Le système de distribution de l'eau d'irrigation repose sur un réseau de réservoirs répartis par secteur afin de garantir la satisfaction des besoins en eau. Les capacités de ces réservoirs ainsi que les secteurs qu'ils desservent sont :

- Réservoir N^0 2 : 29000 m^3 (Secteur II-Salah Bouchaour)
- Réservoir N^0 4 : 24000 m^3 (Secteur IV- Emdjez Edchich) .(ONID 2026)

IV.2.3.3. Données sur la qualité des eaux

Cette section définit le cadre méthodologique relatif à la caractérisation physico-chimique de la ressource en eau mobilisée par le barrage de Guenitra. L'évaluation de la qualité des eaux ne se limite pas à la détermination de son aptitude aux besoins hydriques du système d'irrigation étudié ; elle constitue également un indicateur déterminant pour assurer la pérennité des équipements

hydromécaniques et des ouvrages décrits précédemment. La démarche repose sur une campagne de mesures effectuée en 2026, ciblant des points stratégiques du système de pompage et du réseau d'adduction. (ADE 2026)

IV.2.3.4. Analyse du schéma de distribution

Le schéma hydraulique du périmètre irrigué révèle une organisation réseau complexe et efficiente, caractérisée par une gestion hybride des ressources en eau entre l'Algérienne des Eaux (ADE) et l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID). Cette analyse permet de mettre en exergue la logique de fonctionnement de l'adduction et la distribution sectorielle.

IV.2.3.5. Dynamique de pompage et régulation

Le système repose sur une unité de pompage stratégique au niveau du barrage de Guenitra. La station, équipée de cinq pompes (dont une de secours) assurant un débit nominal de 2.22 m^3/s, constitue le moteur principal du système. L'intégration d'un dispositif "Anti-bélier" dans le schéma représente une mesure technique cruciale pour absorber les ondes de pression et préserver l'intégrité structurelle des conduites en cas de coupure d'électricité ou d'arrêt brutal des pompes. Le réservoir tampon de 1500 m^3 intervient ici comme un organe de régulation essentiel. L'efficacité opérationnelle du schéma est garantie par un déploiement judicieux d'appareillages hydromécaniques (vannes de sectionnement, ventouses et vidanges). La répartition de ces équipements, telle qu'inventoriée dans les tableaux techniques du périmètre, facilite non seulement la maintenance préventive grâce aux vidanges situées aux points bas, mais assure également la continuité de service par le biais des vannes d'interconnexion, offrant une flexibilité accrue dans la gestion du réseau en cas de défaillance localisée. Le schéma de distribution du périmètre ne se limite pas à un simple tracé de transfert, il constitue un système intégré permettant une régulation fine des flux entre les besoins en AEP et les exigences hydriques du secteur agricole.

IV.3. Qualité des eaux brute Station de Traitement Guenitra 400L/s

Les résultats présentés dans le Tableau IV.1 correspondent aux analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux brutes au niveau de la station de traitement de 400 L/s durant la période du 15 février au 4 mars 2026. La Figure IV.2 représente l'évolution temporelle des différents paramètres de la qualité des eaux brutes. Les paramètres suivis comprennent notamment le pH, la température, la conductivité électrique, la turbidité, ainsi que plusieurs éléments chimiques tels que le calcium, le magnésium, les chlorures, le TAC et la dureté totale. Ces données permettent

d'évaluer la qualité de l'eau produite par la station et de vérifier l'efficacité des procédés de traitement mis en œuvre avant sa distribution aux consommateurs.

Tableau IV.1. Résultats des analyses des Eaux Brute : Station Guenitra 400L/s.

Dates	pH	Tw (°C)	EC (µs/cm)	TU (NTU)	Ca^{+} (mg/L)	THT (mg/L)	Mg^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	TAC (mg/L)
15/02/2026	*8.000*	12.400	633.000	54.01	74.000	260.000	204.000	70.000	142.000
16/02/2026	*8.010*	12.300	631.000	60.300	70.000	264.000	198.000	68.000	140.000
17/02/2026	*8.120*	13.300	630.000	35.400	70.000	270.000	200.000	72.000	139.000
18/02/2026	*8.200*	12.900	631.000	33.200	74.000	272.000	194.000	64.000	150.000
19/02/2026	*8.100*	12.900	623.000	38.000	72.000	266.000	200.000	70.000	150.000
22/02/2026	*8.330*	13.000	643.000	43.000	80.000	288.000	203.000	71.000	152.000
23/02/2026	*7.990*	17.300	633.000	33.300	68.000	274.000	201.000	71.000	149.000
24/02/2026	*7.980*	17.300	661.000	30.010	72.000	268.000	200.000	70.000	144.000
25/02/2026	*7.910*	13.100	640.000	28.100	69.000	270.000	198.000	70.000	139.000
02/03/2026	*7.800*	14.700	640.000	24.040	84.000	288.000	208.000	70.000	160.000
03/03/2026	*7.880*	14.300	636.000	22.100	84.000	279.000	201.000	69.000	160.000
04/03/2026	*7.910*	14.100	638.000	31.100	74.000	286.000	195.000	71.000	144.000

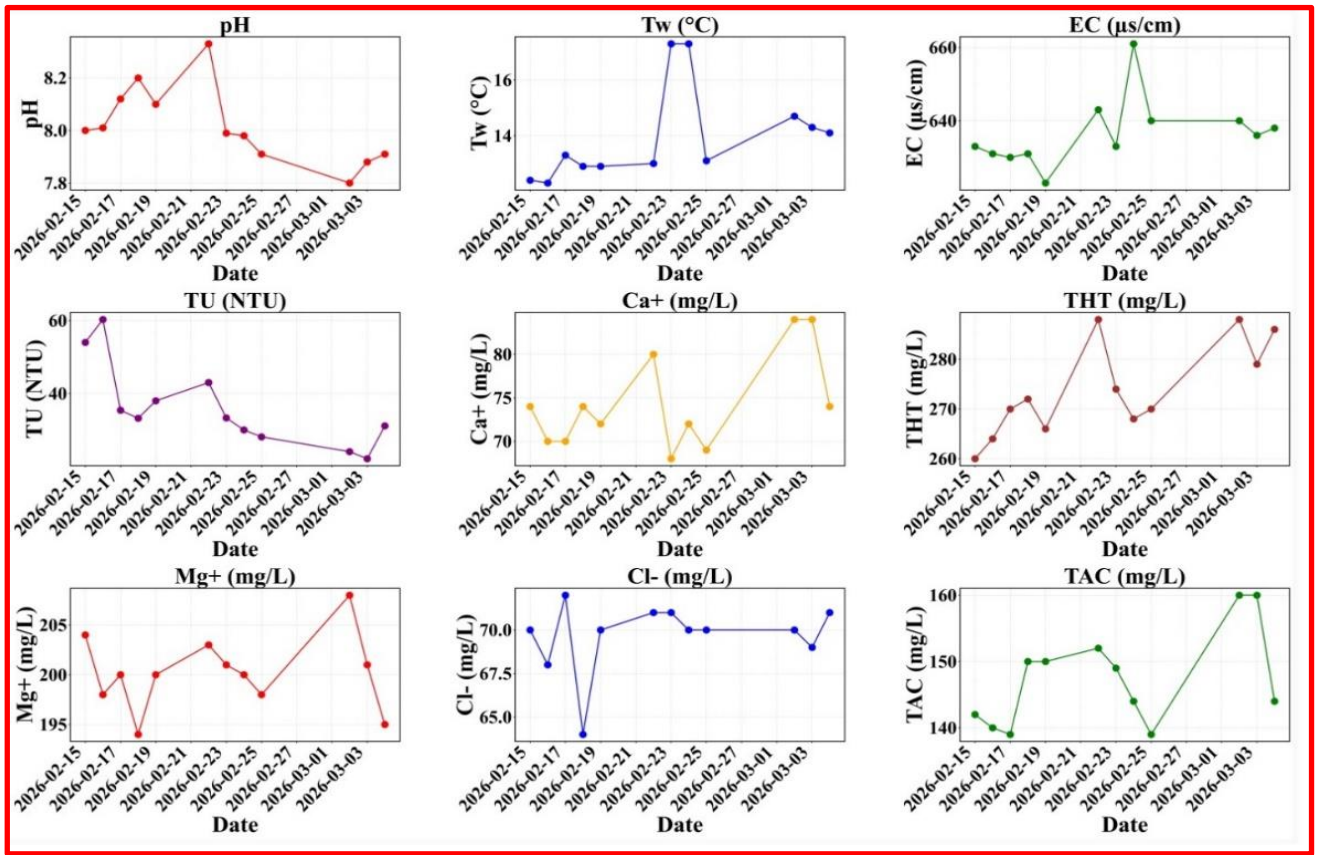


Figure IV.2. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux Brute : Station Guenitra 400L/s

IV.3.1. Statistiques Descriptives Eau Brute Station Guenitra 400L/s

L'analyse descriptive des données de l'Eau Brute Station Guenitra 400L/s (Tableau IV.2) montre que les paramètres étudiés présentent des niveaux de dispersion variables. La température de l'eau (T_w) affiche la plus forte variabilité avec un écart-type de 1.72 °C, suivie de la turbidité (TU) avec 11.45 NTU, traduisant l'influence des conditions climatiques et des apports particulaires au niveau du barrage. À l'inverse, le pH présente une faible variabilité ($\sigma = 0.148$), indiquant une stabilité relative de l'équilibre acido-basique de l'eau brute. La conductivité électrique (EC), dont la moyenne est de 636.58 µS/cm, est généralement associée à la minéralisation globale de l'eau. Une corrélation positive est généralement attendue entre la conductivité et les ions dissous tels que le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), les chlorures (Cl^{-}) ainsi que la dureté totale (THT). Cette relation traduit le rôle de ces éléments dans l'augmentation de la charge ionique de l'eau. La dureté totale (THT), avec une moyenne de 273.75 mg/L, est principalement contrôlée par les concentrations en calcium et en magnésium. Par conséquent, une forte corrélation positive est généralement observée entre THT, Ca^{2+} et Mg^{2+}, ce qui confirme que ces deux cations constituent les principaux responsables de la dureté de l'eau brute du barrage. La turbidité, dont les valeurs varient entre 22.10 et 60.30 NTU, représente la quantité de matières en suspension présentes dans l'eau. Ce paramètre est souvent faiblement corrélé aux paramètres de minéralisation, car il dépend davantage des phénomènes de ruissellement, d'érosion des sols et des apports de particules fines au bassin versant. Les fortes variations observées témoignent probablement d'épisodes d'apports solides liés aux conditions météorologiques. L'analyse des coefficients d'asymétrie (Skewness) révèle que la plupart des variables présentent une asymétrie positive, notamment la température (1.325), la conductivité (1.517) et la turbidité (1.096). Cette caractéristique indique la présence de quelques valeurs relativement élevées par rapport à la moyenne. À l'inverse, les chlorures présentent une asymétrie négative (-2.084), traduisant une concentration des observations autour des valeurs élevées avec quelques valeurs plus faibles. Les coefficients d'aplatissement (Kurtosis) montrent que les chlorures (5.407) et la conductivité (3.838) présentent des distributions leptokurtiques, caractérisées par une concentration importante des données autour de la moyenne et la présence éventuelle de valeurs extrêmes. Les autres paramètres présentent des distributions proches de la normalité ou légèrement aplaties. Dans l'ensemble, la matrice de corrélation permet d'identifier les interactions entre les paramètres physico-chimiques et de mettre en évidence les principaux facteurs contrôlant la qualité de l'eau brute du barrage de Guénitra. Les relations attendues entre la conductivité, la dureté et les ions majeurs témoignent de l'influence de la

minéralisation naturelle du bassin versant, tandis que la variabilité de la turbidité reflète davantage les processus hydrologiques et les apports de matières en suspension. Ces informations constituent une base essentielle pour l'évaluation du comportement de l'eau brute avant son traitement au niveau de la station de 400 L/s.

Tableau IV.2. Statistiques descriptives des Eaux Brute : Station Guenitra 400L/s

Variable	Mean	Median	Max	Min	SD	Variance	Kurtosis	Skweness
Ph	8.019	7.995	8.330	7.800	0.148	0.022	0.439	0.730
Tw (°C)	13.967	13.200	17.300	12.300	1.720	2.957	0.746	1.325
EC (µs/cm)	636.583	634.500	661.000	623.000	9.434	88.992	3.838	1.517
TU (NTU)	36.047	33.250	60.300	22.100	11.449	131.079	0.709	1.096
Ca^{+} (mg/L)	74.250	73.000	84.000	68.000	5.529	30.568	-0.297	0.954
THT (mg/L)	273.750	271.000	288.000	260.000	9.498	90.205	-1.019	0.443
Mg^{+} (mg/L)	200.167	200.000	208.000	194.000	3.810	14.515	0.641	0.332
Cl^{-} (mg/L)	69.667	70.000	72.000	64.000	2.060	4.242	5.407	-2.084
TAC (mg/L)	147.417	146.500	160.000	139.000	7.403	54.811	-0.630	0.613

IV.3.2. Matrice de corrélation de l'eau brute Station Guenitra 400L/s

La matrice de corrélation (Figure IV.3) permet d'évaluer l'intensité et la nature des relations linéaires existant entre les différents paramètres physico-chimiques de l'eau brute du barrage de Guénitra. Les coefficients de corrélation varient entre -1 et +1, où les valeurs positives traduisent une évolution simultanée des paramètres tandis que les valeurs négatives indiquent une évolution en sens inverse.

IV.3.2.1. Corrélations fortes

Les corrélations fortes observées mettent en évidence les principaux mécanismes de minéralisation de l'eau brute. La corrélation la plus élevée est enregistrée entre le calcium (Ca^{2+}) et le TAC avec un coefficient de $R = 0.837$, indiquant une relation très forte. Cette association traduit la contribution importante des ions calcium à l'alcalinité de l'eau, principalement sous forme de bicarbonates issus de la dissolution des formations carbonatées du bassin versant. Une forte corrélation positive est également observée entre le calcium et la dureté totale ($R = 0.656$). Ce résultat est cohérent puisque le calcium constitue l'un des principaux éléments responsables de la dureté de l'eau. De même, le TAC présente une corrélation importante avec la dureté totale (R = 0.613), confirmant l'origine carbonatée de la minéralisation. Ces relations démontrent que la chimie de l'eau brute est fortement influencée par les phénomènes de dissolution des roches calcaires et dolomitiques présentes dans le bassin d'alimentation du barrage.

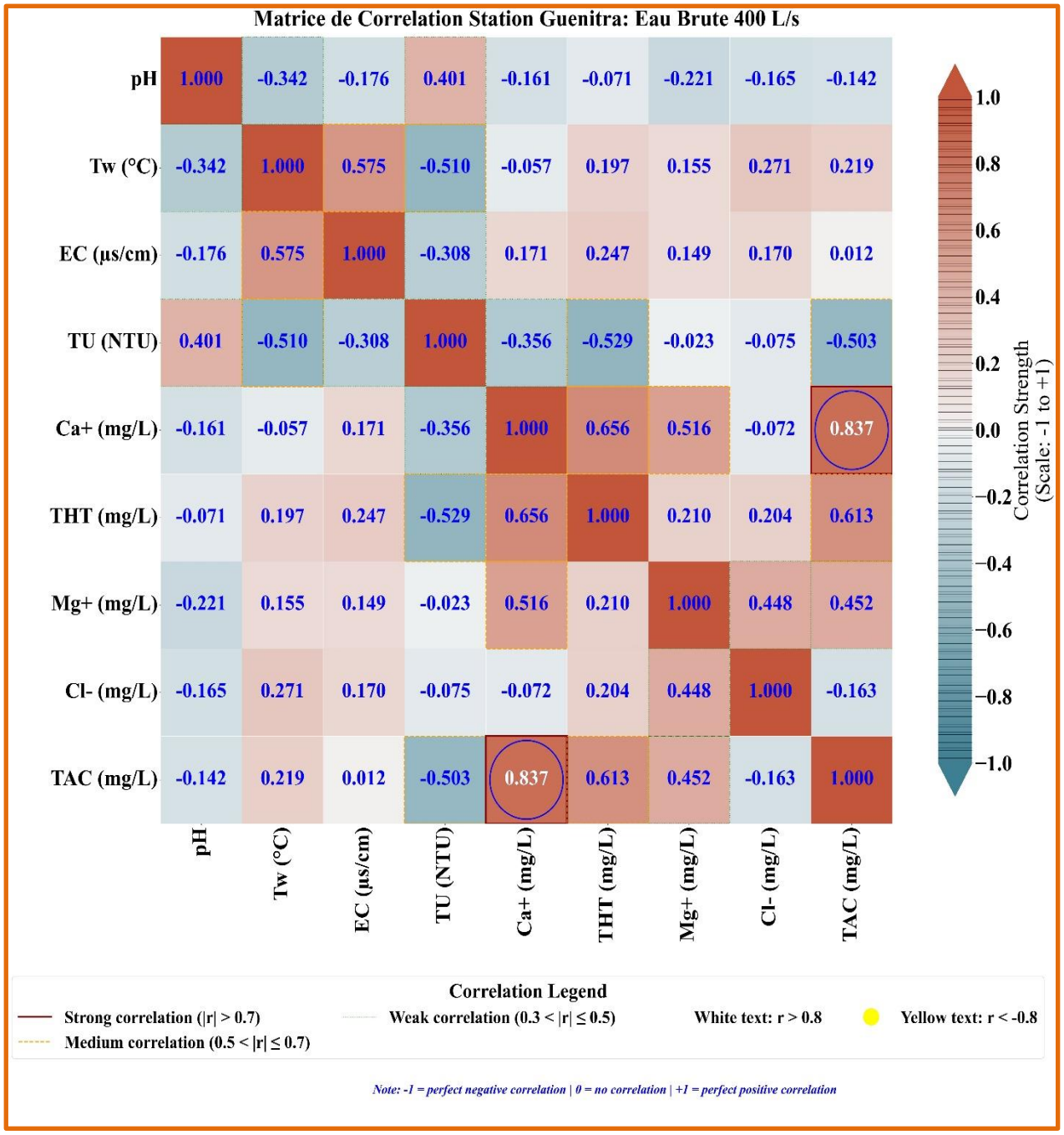


Figure IV.3. Matrice de corrélation Eaux brute : Station Guenitra 400L/s

IV.3.2.2. Corrélations négatives fortes

Aucune corrélation négative forte ($|R| > 0.700$) n'a été observée entre les paramètres étudiés. Toutefois, certaines corrélations négatives modérées méritent d'être soulignées. La plus importante concerne la relation entre la turbidité et la dureté totale (R =-0.529), indiquant qu'une augmentation de la charge particulaire dans l'eau s'accompagne généralement d'une légère diminution de la

minéralisation. Cette situation peut s'expliquer par des épisodes de ruissellement apportant davantage de matières en suspension que de sels dissous. Une autre corrélation négative notable est observée entre la turbidité et le TAC (R =-0.503), suggérant une dilution partielle des bicarbonates lors des périodes de forte turbidité.

IV.3.2.3. Corrélations modérées

Plusieurs corrélations modérées caractérisent les interactions entre les différents paramètres. La température présente une corrélation positive modérée avec la conductivité électrique (R = 0.575), ce qui suggère qu'une élévation de la température favorise la dissolution des sels minéraux et augmente ainsi la minéralisation de l'eau. Une corrélation positive modérée est observée entre le calcium et le magnésium (R= 0.516). Cette relation traduit leur origine géologique commune et leur présence simultanée dans les formations carbonatées traversées par les eaux du bassin versant. La turbidité montre des corrélations négatives modérées avec la température (R=-0.510), la dureté totale (R=-0.529) et le TAC (R=-0.503). Ces résultats indiquent que les épisodes de forte turbidité sont généralement associés à une diminution relative de la minéralisation. Par ailleurs, le magnésium présente des corrélations modérées avec les chlorures (R= 0.448) et le TAC (R=0.452), témoignant d'une participation secondaire de cet ion aux processus de minéralisation de l'eau.

IV.3.2.4. Corrélations faibles

La majorité des coefficients de corrélation observés sont faibles, révélant une relative indépendance entre plusieurs paramètres physico-chimiques. Le pH présente uniquement de faibles corrélations avec l'ensemble des variables étudiées, le coefficient variant entre -0.342 et 0.401. Cette situation traduit la stabilité du système tampon naturel de l'eau brute. La conductivité électrique montre également de faibles corrélations avec la plupart des paramètres, notamment avec le TAC (R = 0.012), les chlorures (R = 0.170) et le magnésium (R = 0.149). Cela suggère que la minéralisation globale résulte de la contribution simultanée de plusieurs espèces ioniques. Les chlorures présentent également des corrélations faibles avec la majorité des variables, indiquant qu'ils évoluent relativement indépendamment des autres paramètres chimiques suivis.

Dans l'ensemble, l'analyse de la matrice de corrélation montre que la qualité de l'eau brute du barrage de Guenitra est principalement contrôlée par les paramètres liés à la minéralisation

carbonatée (Ca^{2+}, TAC et THT), tandis que la turbidité évolue selon des mécanismes distincts liés aux apports de matières en suspension et aux conditions hydrologiques du bassin versant. Cette structure de corrélation met en évidence une eau à dominante bicarbonatée calcique caractéristique des ressources superficielles alimentées par des formations carbonatées.

IV.3.3. Synthèse Environnementale de l'eau brute Station Guenitra 400L/s

L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau brute alimentant la station de traitement de Guenitra (400 L/s) met en évidence une qualité globalement stable durant la période d'étude. Les valeurs du pH, comprises entre 7.80 et 8.33 avec une moyenne de 8.02, indiquent une eau légèrement alcaline, caractéristique des eaux de surface circulant dans un environnement à dominante carbonatée. Cette alcalinité naturelle contribue à la stabilité chimique de l'eau et limite les risques de corrosion dans les ouvrages hydrauliques. La conductivité électrique moyenne de 636.58 µS/cm traduit une minéralisation modérée résultant principalement de la dissolution des formations géologiques du bassin versant. Cette minéralisation est confirmée par les teneurs relativement élevées en calcium (74.25 mg/L), magnésium (200.17 mg/L), dureté totale (273.75 mg/L) et TAC (147.42 mg/L). Les fortes corrélations observées entre ces paramètres révèlent l'influence prédominante des processus naturels d'altération des roches carbonatées sur la composition chimique de l'eau brute. La turbidité constitue le paramètre le plus variable au cours de la période étudiée, avec des valeurs comprises entre 22.10 et 60.30 NTU. Cette variabilité est probablement liée aux phénomènes de ruissellement, d'érosion des sols et de transport de matières en suspension vers la retenue du barrage. Les corrélations négatives observées entre la turbidité et certains paramètres de minéralisation suggèrent que les épisodes de forte charge particulaire sont associés à une dilution relative des sels dissous. Sur le plan environnemental, les résultats indiquent que la qualité de l'eau brute est principalement gouvernée par deux facteurs majeurs : la géologie du bassin versant, responsable de la minéralisation naturelle de l'eau, et les conditions hydrologiques influençant les apports de matières en suspension. L'absence de variations importantes du pH et des principaux ions dissous témoigne d'une relative stabilité du milieu aquatique durant la période d'observation. En conclusion, l'eau brute du barrage de Guenitra présente les caractéristiques d'une eau de surface modérément minéralisée, relativement stable sur le plan chimique mais sensible aux fluctuations de turbidité liées aux conditions environnementales. Ces caractéristiques confirment l'importance des étapes de clarification et de

filtration au niveau de la station de traitement de 400 L/s afin de garantir une eau conforme aux exigences de l'alimentation en eau potable des populations desservies.

IV.3.4. Analyse exploratoire de l'eau brute Station Guenitra 400L/s

L'analyse exploratoire (Figure IV.4) des données constitue une étape essentielle pour comprendre le comportement statistique des paramètres physico-chimiques de l'eau brute avant tout traitement approfondi. Les histogrammes, les diagrammes en boîte (Boxplot), les courbes de densité et les violons plots permettent d'évaluer la distribution des données, leur dispersion ainsi que la présence éventuelle de valeurs atypiques. Les valeurs du pH sont comprises entre 7.80 et 8.33 avec une moyenne de 8.02 et une médiane de 8.00. La proximité entre la moyenne et la médiane indique une distribution relativement équilibrée. Le coefficient d'asymétrie positif (Skewness = 0.64) révèle une légère tendance vers les valeurs élevées, tandis que la kurtosis négative (-0.19) traduit une distribution légèrement aplatie par rapport à une loi normale. Ces résultats confirment la stabilité du caractère légèrement alcalin de l'eau brute.

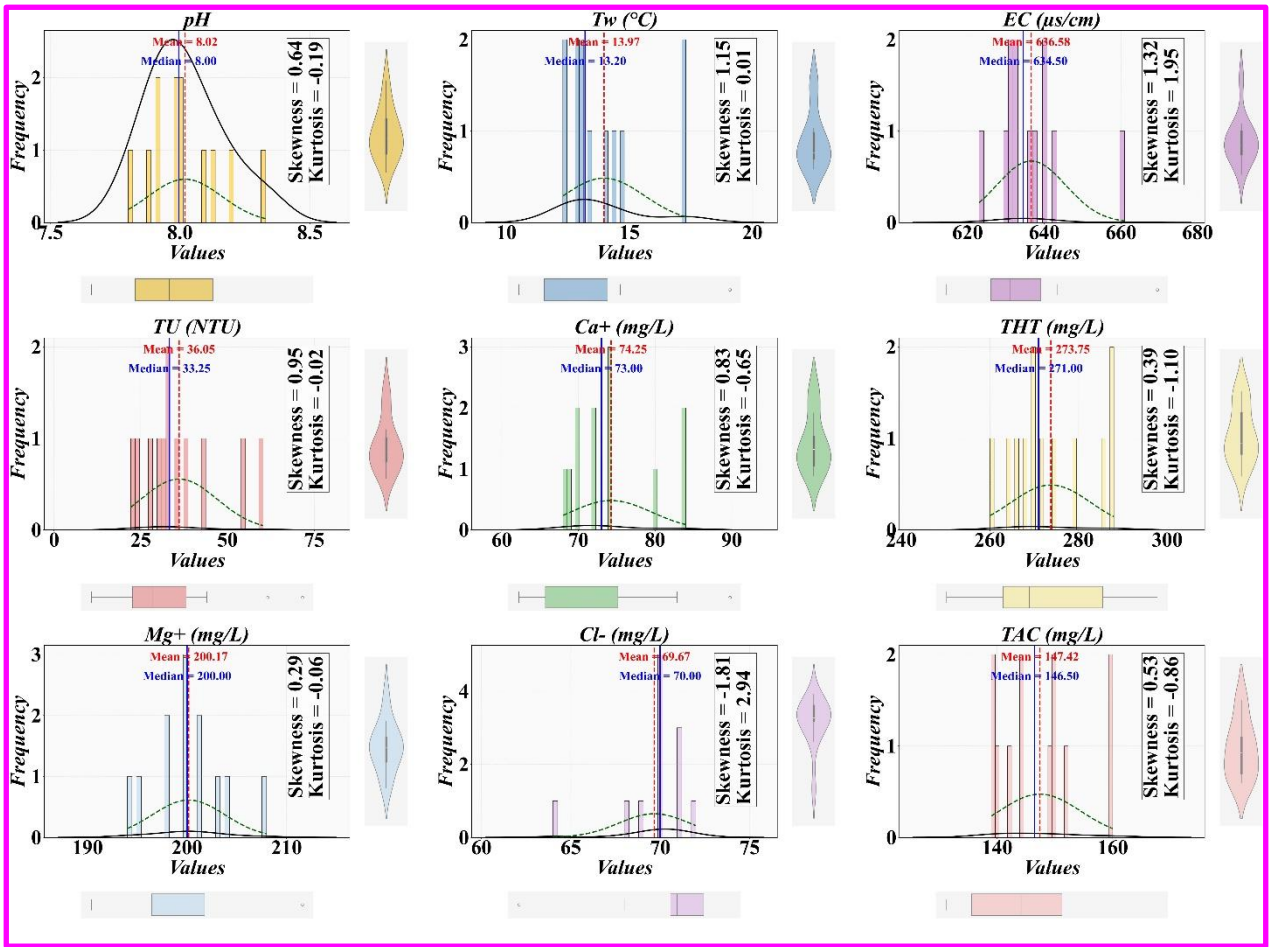
La température présente une moyenne de 13.97 °C et une médiane de 13.20 °C. La distribution est caractérisée par une asymétrie positive importante (Skewness = 1.15), indiquant la présence de quelques températures relativement élevées durant la période étudiée. La kurtosis proche de zéro (0.01) suggère une distribution proche de la normalité. La conductivité varie faiblement autour d'une moyenne de 636.58 µS/cm et d'une médiane de 634.50 µS/cm. La valeur élevée du coefficient d'asymétrie (1.32) met en évidence la présence de quelques mesures supérieures à la moyenne. La kurtosis de 1.95 indique une distribution leptokurtiques, caractérisée par une concentration importante des observations autour de la moyenne et quelques valeurs extrêmes. La turbidité présente la plus forte variabilité parmi les paramètres étudiés. La moyenne (36.05 NTU) est supérieure à la médiane (33.25 NTU), ce qui traduit une distribution asymétrique vers les fortes valeurs. Le coefficient d'asymétrie positif (0.95) confirme cette tendance. Les fluctuations observées reflètent probablement les variations des apports de matières en suspension liées aux phénomènes de ruissellement et d'érosion.

Les concentrations en calcium présentent une moyenne de 74.25 mg/L et une médiane de 73.00 mg/L. La distribution est modérément asymétrique vers les valeurs élevées (Skewness = 0.83). La kurtosis négative (-0.65) indique une répartition relativement étalée des observations. Cette variabilité demeure toutefois limitée, témoignant d'une source géologique relativement constante. La dureté totale présente une moyenne de 273.75 mg/L et une médiane de 271.00 mg/L.

L'asymétrie faible (0.39) montre une distribution relativement symétrique. La kurtosis négative (-1.19) traduit une dispersion modérée autour de la moyenne. Les résultats confirment une eau modérément à fortement dure, principalement influencée par les ions calcium et magnésium. Le magnésium présente une moyenne de 200.17 mg/L et une médiane de 200.00 mg/L. Les coefficients d'asymétrie (0.29) et de kurtosis (-0.06) indiquent une distribution très proche de la normalité. La faible dispersion observée suggère une stabilité importante de ce paramètre au cours de la période d'étude.

Les chlorures affichent une moyenne de 69.67 mg/L et une médiane de 70.00 mg/L. Le coefficient d'asymétrie négatif élevé (Skewness = -1.81) révèle une concentration importante des valeurs autour des fortes teneurs avec quelques observations plus faibles. La kurtosis élevée (2,94) indique une distribution fortement leptokurtiques, caractérisée par un regroupement marqué des données autour de la moyenne. Le TAC présente une moyenne de 147.42 mg/L et une médiane de 146.50 mg/L. L'asymétrie positive modérée (0.58) montre une légère prédominance des valeurs élevées. La kurtosis négative (-0.62) traduit une distribution relativement aplatie. La faible dispersion observée confirme la stabilité de l'alcalinité de l'eau brute.

L'analyse exploratoire met en évidence une eau brute globalement stable sur le plan physico-chimique, caractérisée par une minéralisation relativement constante et une alcalinité modérée. Les paramètres liés à la composition ionique (Ca^{2+}, Mg^{2+}, THT, TAC et EC) présentent une faible dispersion et des distributions relativement régulières, traduisant l'influence continue des formations géologiques du bassin versant. En revanche, la turbidité apparaît comme le paramètre le plus variable, reflétant la sensibilité de la retenue aux conditions hydrologiques et aux apports de matières en suspension. L'absence de valeurs aberrantes marquées dans les Boxplot confirme la cohérence et la fiabilité des mesures réalisées au niveau de la station de Guenitra (400 L/s).



Figures IV.4. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau brute illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 400L/s

IV.4. Qualité des eaux traités Station de Traitement Guenitra 400L/s

Les résultats présentés dans le Tableau IV.3 correspondent aux analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux traitées produites par la station de traitement de Guenitra d'une capacité de 400 L/s durant la période allant du 15 février au 4 mars 2026. La Figure IV.5 illustre l'évolution temporelle des principaux paramètres de qualité des eaux traitées au cours de cette période. Les paramètres étudiés comprennent le pH**,** la température**,** la conductivité électrique**,** la turbidité**,** ainsi que plusieurs constituants chimiques tels que le calcium (Ca^{2+})**,** le magnésium (Mg^{2+})**,** les chlorures (Cl^{-}), le titre alcalimétrique complet (TAC) et la dureté totale (THT)**.** L'analyse de ces paramètres permet d'apprécier la qualité de l'eau après traitement, d'évaluer la stabilité physico-chimique de l'eau produite et de vérifier l'efficacité des procédés de potabilisation mis en œuvre avant sa distribution aux populations desservies par le réseau d'alimentation en eau potable.

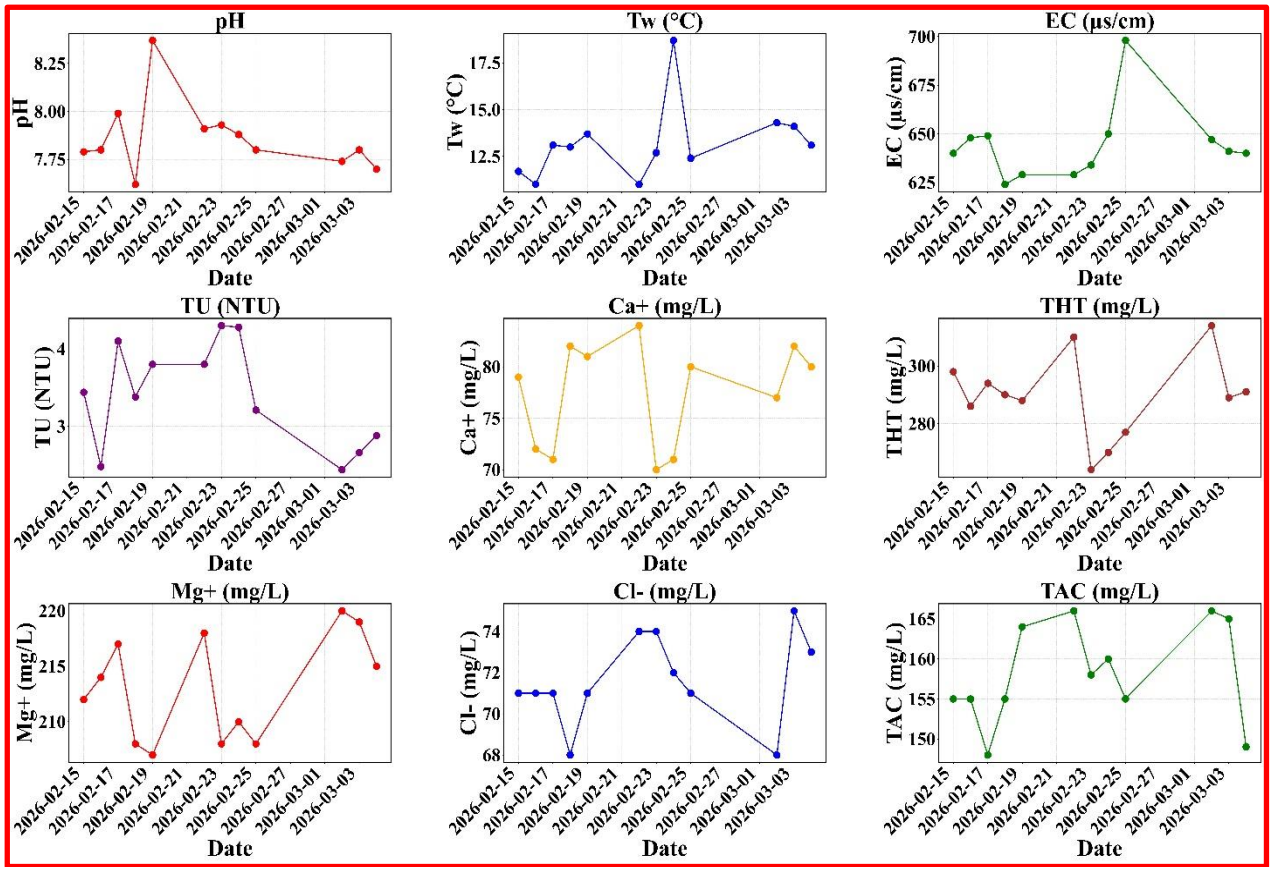


Figure IV.5. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux Traité : Station Guenitra 400L/s

Tableau IV.3. Résultats des analyses des Eaux Traité : Station Guenitra 400L/s

Dates	pH	Tw (°C)	EC (µs/cm)	TU (NTU)	Ca^{+} (mg/L)	THT (mg/L)	Mg^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	TAC (mg/L)
15/02/2026	7.790	11.700	640.000	3.440	79.000	298.000	212.000	71.000	155.000
16/02/2026	7.800	11.010	648.000	2.480	72.000	286.000	214.000	71.000	155.000
17/02/2026	7.990	13.100	649.000	4.100	71.000	294.000	217.000	71.000	148.000
18/02/2026	7.620	13.000	624.000	3.380	82.000	290.000	208.000	68.000	155.000
19/02/2026	8.370	13.700	629.000	3.800	81.000	288.000	207.000	71.000	164.000
22/02/2026	7.910	11.000	629.000	3.800	84.000	310.000	218.000	74.000	166.000
23/02/2026	7.930	12.700	634.000	4.300	70.000	264.000	208.000	74.000	158.000
24/02/2026	7.880	18.700	650.000	4.280	71.000	270.000	210.000	72.000	160.000
25/02/2026	7.800	12.400	698.000	3.210	80.000	277.000	208.000	71.000	155.000
02/03/2026	7.740	14.300	647.000	2.440	77.000	314.000	220.000	68.000	166.000
03/03/2026	7.800	14.100	641.000	2.660	82.000	289.000	219.000	75.000	165.000
04/03/2026	7.700	13.100	640.000	2.880	80.000	291.000	215.000	73.000	149.000

IV.4.1. Statistiques Descriptives Eau Traité Station Guenitra 400L/s

L'analyse statistique descriptive des eaux traitées produites par la station de Guenitra (400 L/s) permet de caractériser le comportement des principaux paramètres physico-chimiques après les opérations de traitement et de vérifier leur stabilité au cours de la période d'étude. Les indicateurs statistiques calculés comprennent la moyenne, la médiane, les valeurs extrêmes, l'écart-type, la variance, ainsi que les coefficients d'asymétrie (Skewness) et d'aplatissement (Kurtosis). Les résultats montrent que le pH varie entre 7.62 et 8.37 avec une moyenne de 7.86 et une médiane de 7.80. La proximité de ces deux indicateurs témoigne d'une bonne stabilité de l'équilibre acido-basique de l'eau traitée. Le coefficient d'asymétrie positif (1.801) indique toutefois une légère prédominance des valeurs élevées, tandis que la kurtosis élevée (4.609) traduit une distribution concentrée autour de la moyenne.

La température de l'eau présente une moyenne de 13.23 °C et varie entre 11.00 et 18.70 °C. L'écart-type relativement faible (2.03 °C) indique une variabilité limitée durant la période étudiée. Les coefficients de Skewness (1.809) et de Kurtosis (4.776) révèlent une distribution asymétrique vers les températures élevées avec une concentration importante des observations autour des valeurs centrales. La conductivité électrique (EC) affiche une moyenne de 644.08 µS/cm et une médiane de 640.50 µS/cm. Les valeurs enregistrées varient de 624 à 698 µS/cm. L'asymétrie positive marquée (2.224) ainsi que la kurtosis élevée (6.407) indiquent la présence de quelques valeurs supérieures à la moyenne traduisant des fluctuations ponctuelles de la minéralisation de l'eau traitée. La turbidité (TU) présente une moyenne très faible de 3.40 NTU avec des valeurs comprises entre 2.44 et 4.30 NTU. Cette diminution importante par rapport à l'eau brute témoigne de l'efficacité des procédés de coagulation, décantation et filtration appliqués au niveau de la station. Le coefficient d'asymétrie légèrement négatif (-0.105) et la kurtosis négative (-1.396) indiquent une distribution relativement homogène et peu influencée par des valeurs extrêmes. Les concentrations en calcium (Ca^{2+}) varient entre 70 et 84 mg/L avec une moyenne de 77.42 mg/L. La médiane légèrement supérieure à la moyenne (79.50 mg/L) ainsi que l'asymétrie négative (-0.451) traduisent une légère prédominance des valeurs élevées. La kurtosis négative (-1.545) révèle une distribution relativement étalée.

La dureté totale (THT) présente une moyenne de 289.25 mg/L et une médiane de 289.50 mg/L, montrant une remarquable stabilité des données. Le coefficient d'asymétrie très proche de zéro (-0.008) indique une distribution quasiment symétrique, tandis que la kurtosis proche de zéro (-0.005) suggère une distribution proche de la normalité. Le magnésium (Mg^{2+}) affiche une

moyenne de 213.00 mg/L avec une faible dispersion (σ=4.79 mg/L). Les coefficients d'asymétrie (0.137) et de kurtosis (-1.677) témoignent d'une distribution relativement équilibrée et homogène. Les chlorures (Cl^-) présentent une moyenne de 71.58 mg/L et une médiane de 71.00 mg/L. Les faibles valeurs de l'écart-type (2.19 mg/L) et de la variance (4.81) indiquent une excellente stabilité de ce paramètre. L'asymétrie légèrement négative (-0.227) traduit une répartition relativement équilibrée des observations. Enfin, le TAC varie entre 148 et 166 mg/L avec une moyenne de 158.00 mg/L. La faible dispersion observée (σ=6.28 mg/L) confirme la stabilité de l'alcalinité de l'eau traitée. Les coefficients d'asymétrie (-0.108) et de kurtosis (-1.119) indiquent une distribution relativement uniforme.

Dans l'ensemble, les statistiques descriptives mettent en évidence une bonne stabilité physico-chimique des eaux traitées produites par la station de Guénitra (400 L/s). La faible variabilité de la plupart des paramètres, notamment la turbidité, les chlorures, la dureté totale et le TAC, témoigne de la régularité du procédé de traitement. La forte réduction de la turbidité par rapport à l'eau brute constitue l'un des principaux indicateurs de l'efficacité des opérations de clarification et de filtration, garantissant ainsi une eau de qualité adaptée à l'alimentation en eau potable.

Tableau IV.4. Statistiques descriptives des Eaux Traité : Station Guenitra 400L/s

Variable	Mean	Median	Max	Min	SD	Variance	Kurtosis	Skweness
pH	7.861	7.800	8.370	7.620	0.190	0.036	4.609	1.801
Tw (°C)	13.234	13.050	18.700	11.000	2.030	4.122	4.776	1.809
EC (µs/cm)	644.083	640.500	698.000	624.000	19.052	362.992	6.407	2.224
TU (NTU)	3.398	3.410	4.300	2.440	0.675	0.456	-1.396	-0.105
Ca^+ (mg/L)	77.417	79.500	84.000	70.000	5.054	25.538	-1.545	-0.451
THT (mg/L)	289.250	289.500	314.000	264.000	14.511	210.568	-0.005	-0.008
Mg^+ (mg/L)	213.000	213.000	220.000	207.000	4.786	22.909	-1.677	0.137
Cl^- (mg/L)	71.583	71.000	75.000	68.000	2.193	4.811	-0.364	-0.227
TAC (mg/L)	158.000	156.500	166.000	148.000	6.281	39.455	-1.119	-0.108

IV.4.2. Matrice de corrélation de l'eau traité Station Guenitra 400L/s

La matrice de corrélation des eaux traitées permet d'analyser les relations existantes entre les différents paramètres physico-chimiques après le processus de traitement. L'étude des coefficients de corrélation met en évidence l'influence des opérations de potabilisation sur la structure des relations observées dans l'eau brute. Les coefficients de corrélation obtenus varient

de -0.474 à 0.700**,** traduisant globalement des relations faibles à modérées entre les paramètres étudiés (Figure IV.6).

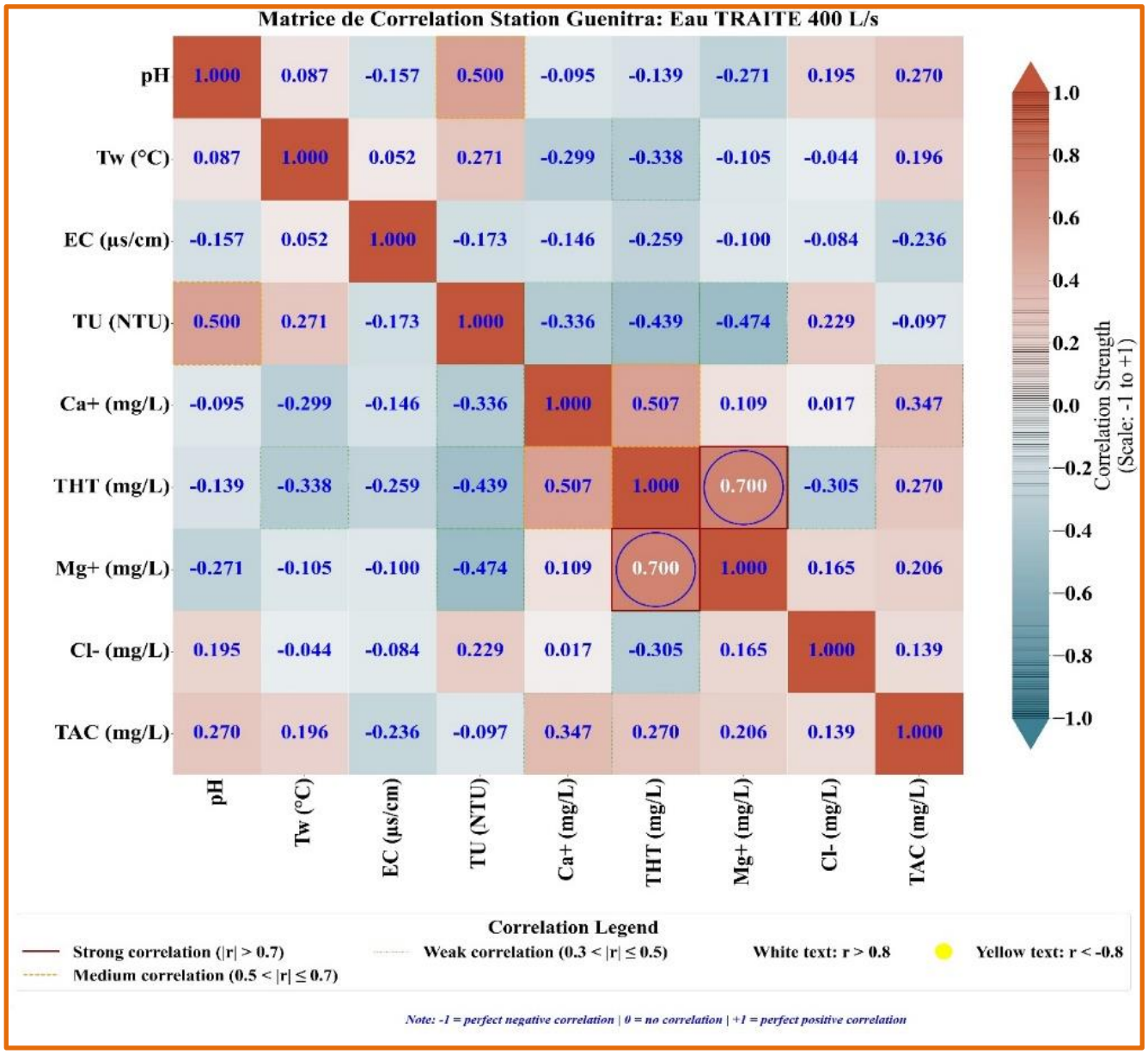


Figure IV.6. Matrice de corrélation Eaux traité : Station Guenitra 400L/s

IV.4.2.1. Corrélations fortes

La corrélation la plus importante observée concerne la relation entre la dureté totale (THT) et le magnésium (Mg^{2+}) avec un coefficient de R = 0,700**.** Cette forte corrélation est logique puisque le magnésium constitue, avec le calcium, l'un des principaux ions responsables de la dureté de l'eau. Cette relation met en évidence la contribution significative du magnésium à la minéralisation

résiduelle de l'eau après traitement. Aucune autre corrélation supérieure à 0.70 n'a été observée, ce qui traduit une relative indépendance entre la majorité des paramètres après les opérations de traitement.

IV.4.2.2. Corrélations négatives fortes

Aucune corrélation négative forte (**$|R| > 0{,}70$**) n'est observée dans l'eau traitée. Les corrélations négatives les plus importantes concernent :

- TU & Mg^{2+} : R = -0.474
- TU & THT : R = -0.439
- Tw & THT : R = -0.338
- TU & Ca^{2+} : R = -0.336
- THT & Cl^{-} : R = -0.305

Ces résultats indiquent qu'une légère diminution de la turbidité s'accompagne généralement d'une augmentation de certains paramètres de minéralisation. Cette situation peut être liée aux mécanismes de clarification qui éliminent principalement les matières en suspension sans affecter significativement les ions dissous.

IV.4.2.3. Corrélations modérées

Plusieurs corrélations modérées positives sont observées :

- **Ca^{2+} & THT : R = 0.507**
- **pH & TU : R = 0.500**
- **Ca^{2+} & TAC : R = 0.347**

La corrélation entre le calcium et la dureté totale confirme la participation du calcium à la dureté de l'eau, bien que son influence soit moins marquée que celle du magnésium dans les eaux traitées. La relation positive entre le pH et la turbidité peut être associée aux effets des traitements physico-chimiques, notamment l'utilisation des réactifs de coagulation et les ajustements du pH réalisés au niveau de la station. Le lien observé entre le calcium et le TAC reflète la présence des bicarbonates de calcium qui participent simultanément à l'alcalinité et à la minéralisation de l'eau.

IV.4.2.4. Corrélations Faibles

La majorité des corrélations observées sont faibles ($|R|<0.30$), ce qui traduit une bonne stabilité des paramètres après traitement. Le pH présente de faibles corrélations avec la plupart des variables, notamment avec la température (R=0.087), la conductivité (R=-0.157) et les chlorures (R=0.195). Cette situation confirme la stabilité de l'équilibre acido-basique de l'eau distribuée. La conductivité électrique présente également de faibles corrélations avec les autres paramètres, le coefficient variant entre -0.259 et 0.052, ce qui indique que la minéralisation globale reste

relativement indépendante des fluctuations observées pour les autres variables. Les chlorures montrent également des corrélations faibles avec l'ensemble des paramètres étudiés, traduisant une grande stabilité de cet ion dans l'eau traitée.

L'analyse de la matrice de corrélation montre que les eaux traitées de la station de Guenitra (400 L/s) présentent une structure de corrélation plus faible que celle observée dans les eaux brutes. Le traitement tend à homogénéiser la qualité de l'eau et à réduire les interactions entre les paramètres physico-chimiques. La forte corrélation observée entre la dureté totale et le magnésium (R = 0.700) souligne le rôle majeur de ce dernier dans la dureté résiduelle de l'eau traitée. Par ailleurs, l'absence de corrélations négatives fortes et la prédominance de corrélations faibles traduisent une bonne stabilité physico-chimique de l'eau produite, témoignant de l'efficacité des procédés de traitement mis en œuvre au niveau de la station de Guenitra.

IV.4.3. Synthèse Environnementale de l'eau traité Station Guenitra 400L/s

L'évaluation des paramètres physico-chimiques des eaux traitées produites par la station de Guenitra (400 L/s) met en évidence une qualité globalement stable et adaptée à l'alimentation en eau potable. Les résultats obtenus montrent que les différents paramètres présentent de faibles variations temporelles, traduisant une bonne maîtrise des procédés de traitement et une régularité dans la qualité de l'eau distribuée aux consommateurs. Le pH moyen de 7.86 indique une eau légèrement alcaline, favorable à la stabilité chimique du réseau de distribution et à la limitation des phénomènes de corrosion. La conductivité électrique moyenne de 644.08 µS/cm témoigne d'une minéralisation modérée, principalement liée à la présence naturelle des ions dissous provenant du bassin versant du barrage de Guenitra. Les concentrations en calcium, magnésium, chlorures, TAC et dureté totale demeurent relativement stables, confirmant la conservation de l'équilibre minéral de l'eau après traitement. L'un des résultats les plus significatifs concerne la turbidité, dont la moyenne est de seulement 3.40 NTU, contre des valeurs beaucoup plus élevées dans l'eau brute. Cette diminution importante traduit l'efficacité des étapes de coagulation, floculation, décantation et filtration mises en œuvre au sein de la station. La réduction de la charge particulaire améliore non seulement l'aspect visuel de l'eau, mais contribue également à renforcer son innocuité sanitaire en limitant le transport potentiel de microorganismes et de contaminants associés aux matières en suspension. L'analyse de la matrice de corrélation montre par ailleurs que les relations entre les paramètres physico-chimiques deviennent moins marquées après traitement. Cette diminution des

interdépendances traduit une homogénéisation de la qualité de l'eau produite et une meilleure stabilité du système.

La corrélation observée entre la dureté totale et le magnésium souligne néanmoins le rôle important de ce dernier dans la minéralisation résiduelle de l'eau traitée. D'un point de vue environnemental, les résultats obtenus indiquent que la qualité de l'eau distribuée reste principalement influencée par la nature géologique du bassin versant, tout en bénéficiant d'une réduction significative des matières en suspension grâce aux procédés de traitement. L'absence de fluctuations importantes des principaux paramètres témoigne d'une ressource relativement stable et d'un fonctionnement satisfaisant des installations de potabilisation. En conclusion, les eaux traitées de la station de Guenitra (400 L/s) présentent une bonne qualité physico-chimique, caractérisée par une faible turbidité, une minéralisation équilibrée et une grande stabilité temporelle. Ces résultats confirment l'efficacité des traitements appliqués et démontrent la capacité de la station à produire une eau répondant aux exigences de l'alimentation en eau potable tout en assurant la protection de la santé publique et la préservation de la qualité environnementale de la ressource.

IV.4.4. Analyse exploratoire de l'eau traité Station Guenitra 400L/s

L'analyse exploratoire des données des eaux traitées permet d'évaluer la distribution statistique des différents paramètres physico-chimiques après les opérations de potabilisation. Les histogrammes, les courbes de densité, les diagrammes en boîte et les violons plots fournissent des informations complémentaires sur la tendance centrale, la dispersion, l'asymétrie et l'aplatissement des distributions (Figure IV.7). Cette approche permet également de vérifier l'homogénéité des eaux produites par la station de traitement de Guenitra (400 L/s). Le pH présente une moyenne de 7.86 et une médiane de 7.80, traduisant une eau légèrement alcaline et relativement stable. La distribution est caractérisée par une asymétrie positive importante (Skewness=1.57), indiquant la présence de quelques valeurs supérieures à la moyenne. La kurtosis élevée (2.44) révèle une concentration importante des observations autour de la valeur centrale. Les Boxplot ne montrent pas de valeurs aberrantes significatives, ce qui confirme la stabilité du pH après traitement. La température varie entre 11.0 et 18.7 °C, avec une moyenne de 13.23 °C et une médiane de 13.05 °C. L'asymétrie positive (1.57) indique une légère prédominance des températures élevées. La kurtosis de 2.54 suggère une distribution relativement concentrée autour de la moyenne. Cette

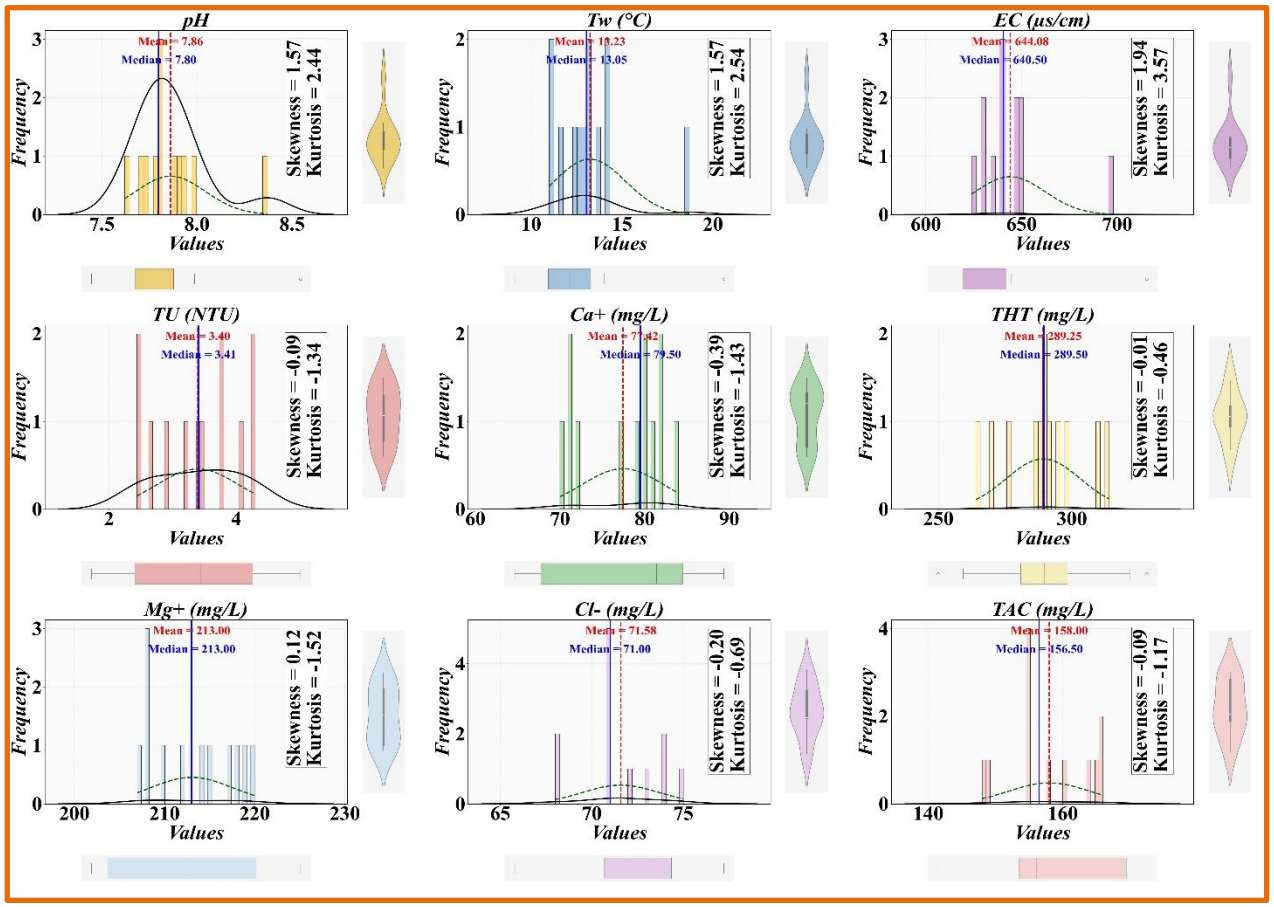
variabilité demeure principalement liée aux conditions climatiques plutôt qu'aux procédés de traitement.

La conductivité électrique présente une moyenne de 644.08 µS/cm et une médiane de 640.50 µS/cm. La distribution est fortement asymétrique vers les valeurs élevées (Skewness = 1.94) avec une kurtosis de 3.57, indiquant une distribution leptokurtiques. Cette situation traduit la présence de quelques mesures plus élevées que la moyenne, tout en conservant une minéralisation globalement stable. La turbidité constitue l'un des paramètres les plus représentatifs de l'efficacité du traitement. Les valeurs observées sont faibles, avec une moyenne de 3.40 NTU et une médiane de 3.41 NTU. Le coefficient d'asymétrie légèrement négatif (-0.09) montre une distribution pratiquement symétrique. La kurtosis négative (-1.34) indique une distribution aplatie et homogène. Cette faible dispersion confirme l'efficacité des étapes de coagulation, décantation et filtration dans l'élimination des matières en suspension.

Les concentrations en calcium présentent une moyenne de 77.42 mg/L et une médiane de 79.50 mg/L. L'asymétrie négative (-0.50) traduit une légère prédominance des fortes concentrations. La kurtosis de -1.43 indique une distribution relativement étalée. Malgré ces variations, les concentrations demeurent dans une plage étroite, traduisant une stabilité satisfaisante du paramètre. La dureté totale affiche une moyenne de 289.25 mg/L et une médiane de 289.50 mg/L, démontrant une excellente stabilité statistique. Le coefficient d'asymétrie est pratiquement nul (-0.01), ce qui indique une distribution parfaitement équilibrée. La kurtosis de -0.46 suggère une légère dispersion autour de la moyenne. Ces résultats confirment la régularité de la minéralisation résiduelle après traitement.

Le magnésium présente une moyenne et une médiane identiques de 213 mg/L, ce qui témoigne d'une remarquable homogénéité des données. L'asymétrie positive très faible (0.12) indique une distribution quasi symétrique. La kurtosis négative (-1.52) traduit une répartition relativement uniforme des observations. Ce comportement confirme la stabilité du magnésium dans l'eau traitée. Les chlorures présentent une moyenne de 71.58 mg/L et une médiane de 71.00 mg/L. Le coefficient d'asymétrie légèrement négatif (-0.20) révèle une distribution relativement équilibrée. La kurtosis de -0.69 indique une distribution légèrement aplatie. La faible dispersion observée montre que ce paramètre demeure très stable au cours de la période étudiée. Le TAC affiche une moyenne de 158.00 mg/L et une médiane de 156.50 mg/L. La distribution présente une asymétrie très faible (-0.09) et une kurtosis négative (-1.17), traduisant une répartition homogène

des observations. Cette stabilité témoigne du maintien de l'équilibre carbonaté de l'eau après les différentes étapes de traitement.



Figures IV.7. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau traité illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 400L/s

L'analyse exploratoire des eaux traitées de la station de Guenitra (400 L/s) met en évidence une grande homogénéité des paramètres physico-chimiques et une faible dispersion des données, particulièrement pour la turbidité, la dureté totale, les chlorures, le magnésium et le TAC. Les distributions observées sont globalement régulières et ne présentent pas de valeurs aberrantes majeures. La forte réduction de la turbidité par rapport à l'eau brute confirme l'efficacité des procédés de clarification et de filtration. Par ailleurs, la stabilité des paramètres de minéralisation montre que le traitement améliore la qualité de l'eau sans altérer significativement son équilibre chimique naturel. Ces résultats attestent de la performance de la station de Guenitra dans la production d'une eau de qualité répondant aux exigences de l'alimentation en eau potable.

IV.5. Qualité des eaux brute Station de Traitement Guenitra 100L/s

Les résultats des analyses des eaux brute de la station Guenitra 100L/s sont reportés dans le Tableau IV.5 et la Figure IV.8.

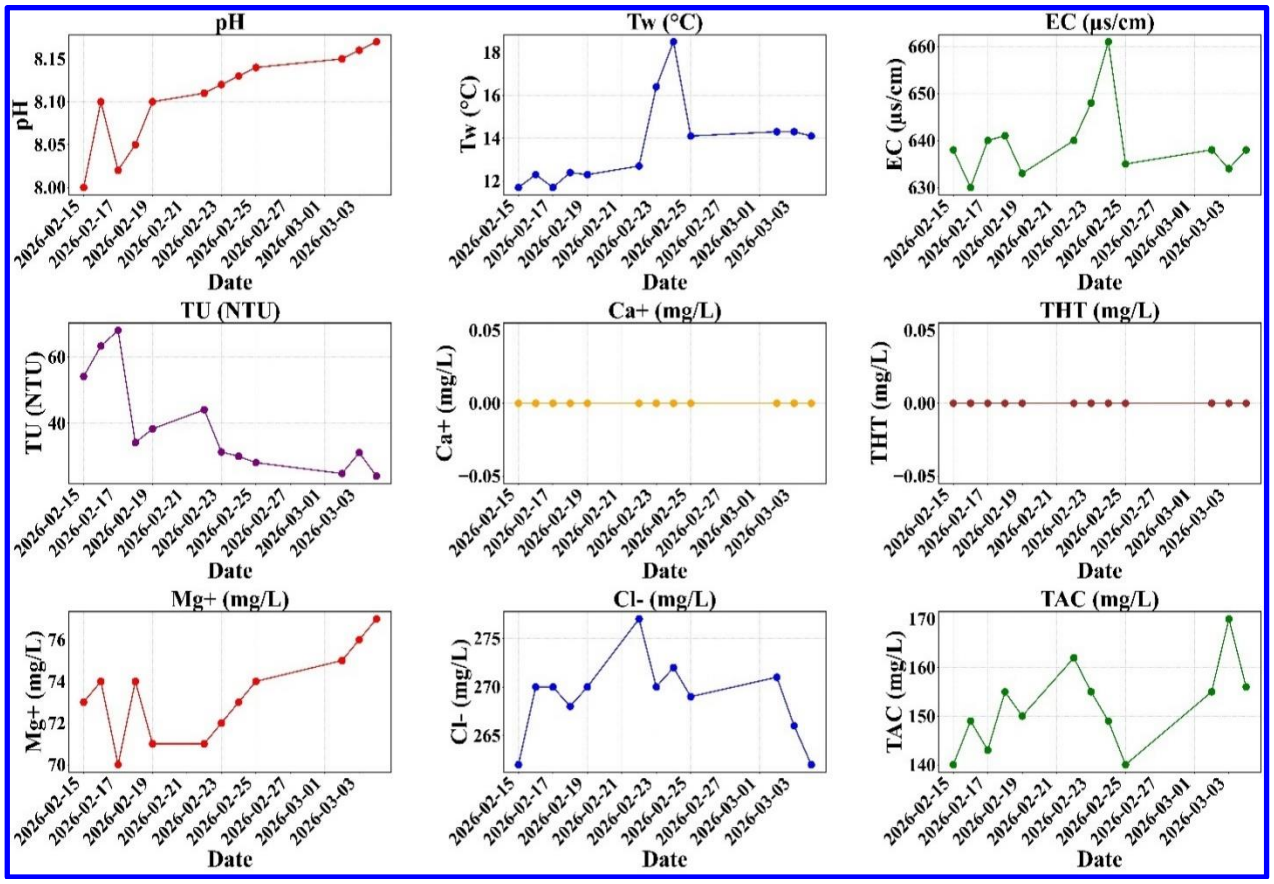


Figure IV.8. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux Brute : Station Guenitra 100L/s

Tableau IV.5. Résultats des analyses des Eaux Brute : Station Guenitra 100L/s

Dates	pH	Tw (°C)	EC (µs/cm)	TU (NTU)	Ca^{+} (mg/L)	THT (mg/L)	Mg^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	TAC (mg/L)
15/02/2026	8.000	11.700	638.000	54.100	0.000	0.000	73.000	262.000	140.000
16/02/2026	8.100	12.300	630.000	63.300	0.000	0.000	74.000	270.000	149.000
17/02/2026	8.020	11.700	640.000	68.030	0.000	0.000	70.000	270.000	143.000
18/02/2026	8.050	12.400	641.000	34.140	0.000	0.000	74.000	268.000	155.000
19/02/2026	8.100	12.300	633.000	38.300	0.000	0.000	71.000	270.000	150.000
22/02/2026	8.110	12.700	640.000	44.090	0.000	0.000	71.000	277.000	162.000
23/02/2026	8.120	16.400	648.000	31.300	0.000	0.000	72.000	270.000	155.000
24/02/2026	8.130	18.500	661.000	30.010	0.000	0.000	73.000	272.000	149.000
25/02/2026	8.140	14.100	635.000	28.100	0.000	0.000	74.000	269.000	140.000
02/03/2026	8.150	14.300	638.000	24.800	0.000	0.000	75.000	271.000	155.000
03/03/2026	8.160	14.300	634.000	31.100	0.000	0.000	76.000	266.000	170.000
04/03/2026	8.170	14.100	638.000	24.040	0.000	0.000	77.000	262.000	156.000

IV.5.1. Statistiques Descriptives Eau Brute Station Guenitra 100L/s

Le Tableau IV.6 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux brutes alimentant la station de traitement de Guenitra d'une capacité de 100 L/s durant la période allant du 15 février au 4 mars 2026. Les paramètres étudiés comprennent le pH, la température, la conductivité électrique, la turbidité, le magnésium, les chlorures et le titre alcalimétrique complet (TAC). Les concentrations en calcium (Ca^{2+}) et la dureté totale (THT) n'ont pas été renseignées dans les données disponibles. Les résultats montrent que le pH varie entre 8.00 et 8.17**,** traduisant une eau légèrement alcaline et relativement stable. La température oscille entre 11.70 et 18.50 °C**,** reflétant les variations climatiques observées au cours de la période d'étude. La conductivité électrique présente des valeurs comprises entre 630 et 661 µS/cm**,** indiquant une minéralisation modérée et relativement constante de l'eau brute. La turbidité affiche une variabilité importante, avec des valeurs allant de 24.04 à 68.03 NTU, ce qui traduit des fluctuations des matières en suspension liées aux conditions hydrologiques et aux apports de ruissellement dans le bassin versant. Les teneurs en magnésium varient entre 70 et 77 mg/L**,** tandis que les chlorures se situent entre 262 et 277 mg/L**,** témoignant d'une stabilité satisfaisante de ces paramètres. Le TAC présente des valeurs comprises entre 140 et 170 mg/L**,** révélant une alcalinité relativement stable de l'eau brute. Dans l'ensemble, les résultats mettent en évidence une eau brute caractérisée par une minéralisation modérée, une alcalinité stable et une variabilité principalement marquée au niveau de la turbidité. Ces caractéristiques soulignent l'importance des étapes de clarification et de filtration au niveau de la station de traitement afin de réduire la charge particulaire et garantir une eau conforme aux exigences de l'alimentation en eau potable.

Tableau IV.6. Statistiques descriptives des Eaux Brute : Station Guenitra 100L/s

Variable	Mean	Median	Max	Min	SD	Variance	Kurtosis	Skweness
pH	8.104	8.115	8.170	8.000	0.055	0.003	-0.258	-0.850
Tw (°C)	13.733	13.400	18.500	11.700	2.044	4.179	1.507	1.297
EC (µs/cm)	639.667	638.000	661.000	630.000	8.128	66.061	4.062	1.787
TU (NTU)	39.276	32.720	68.030	24.040	14.946	223.374	-0.258	1.015
Ca^{+} (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
THT (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg^{+} (mg/L)	73.333	73.500	77.000	70.000	2.103	4.424	-0.607	0.104
Cl^{-} (mg/L)	268.917	270.000	277.000	262.000	4.144	17.174	0.793	-0.177
TAC (mg/L)	152.000	152.500	170.000	140.000	8.832	78.000	0.206	0.432

IV.5.2. Matrice de corrélation de l'eau brute Station Guenitra 100L/s

La matrice de corrélation présentée à la Figure IV.9 permet d'évaluer les relations linéaires entre les différents paramètres physico-chimiques des eaux brutes alimentant la station de Guenitra (100 L/s). Les coefficients de corrélation obtenus varient entre -0.741 et 0.774, traduisant des relations allant de fortes corrélations négatives à de fortes corrélations positives. Ces interactions fournissent des informations importantes sur les mécanismes naturels qui contrôlent la qualité de l'eau brute.

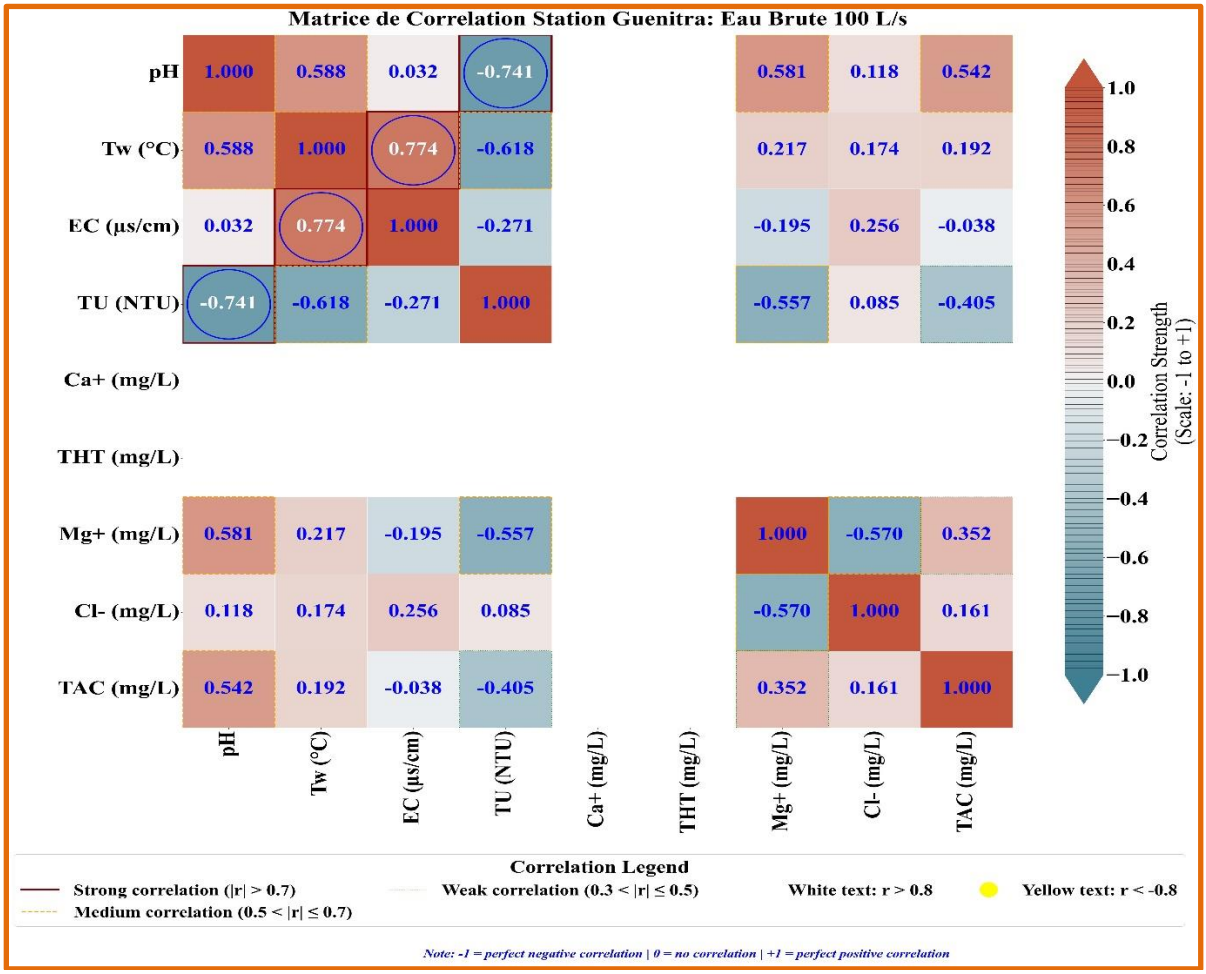


Figure IV.9. Matrice de corrélation Eaux brute : Station Guenitra 100L/s

IV.5.2.1. Corrélations fortes

Les corrélations fortes observées concernent principalement les paramètres liés à la minéralisation et aux variations physico-chimiques de l'eau. La corrélation positive la plus élevée est observée entre la température (T_w) et la conductivité électrique (EC) avec un coefficient de R= 0.774. Cette relation indique qu'une augmentation de la température s'accompagne généralement d'une augmentation de la conductivité, ce qui peut être attribué à une plus grande mobilité ionique

et à une concentration plus importante des sels dissous. Une forte corrélation positive est également observée entre le pH et la température (R= 0.588) ainsi qu'entre le pH et le magnésium (R=0.581). Ces relations suggèrent que les variations du pH sont partiellement influencées par les processus de minéralisation et les conditions environnementales.

IV.5.2.2. Corrélations négatives fortes

Deux corrélations négatives particulièrement marquées apparaissent dans la matrice. La plus forte est observée entre le pH et la turbidité avec un coefficient de *R*=-0.741. Cette relation indique qu'une augmentation de la turbidité est généralement associée à une diminution du pH. Cette situation peut être liée aux apports de matières en suspension et de matières organiques lors des épisodes de ruissellement. Une autre corrélation négative importante est observée entre la température et la turbidité (*R*=-0.618). Ce résultat suggère que les eaux les plus turbides sont généralement observées durant les périodes de températures relativement faibles, probablement en raison des événements pluvieux favorisant l'érosion et le transport de particules vers la retenue. Par ailleurs, une corrélation négative notable est observée entre le magnésium et les chlorures (R=-0.570), traduisant des mécanismes de variation distincts pour ces deux paramètres.

IV.5.2.3. Corrélations Modérées

Plusieurs corrélations modérées sont mises en évidence :

- pH & TAC : R = 0.542
- TU & Mg^{2+} : R = -0.557
- TU &TAC : R = -0.405
- Mg^{2+} & TAC : R = 0.352

La corrélation positive entre le pH et le TAC confirme le rôle du système carbonaté dans le maintien de l'alcalinité naturelle de l'eau brute. En effet, une augmentation du TAC est généralement associée à une meilleure capacité tampon de l'eau et à des valeurs de pH plus élevées. La corrélation négative entre la turbidité et le magnésium suggère que les épisodes de forte charge particulaire sont accompagnés d'une légère diminution de la concentration en magnésium dissous. De même, la relation négative entre la turbidité et le TAC peut traduire un effet de dilution lors des apports de ruissellement.

IV.5.2.4. Corrélations faibles

Les autres coefficients de corrélation sont relativement faibles (|R|< 0,30), indiquant une faible dépendance entre les paramètres concernés.

Parmi les principales corrélations faibles figurent :

- pH & EC : R = 0.032
- EC & TU : R = -0.271
- EC & Cl^- : R = 0.256
- Tw & Cl^- : R = 0.174
- TU & Cl^- : R = 0.085
- Cl^- & TAC : R = 0.161

Ces faibles corrélations montrent que les chlorures évoluent relativement indépendamment des autres paramètres physico-chimiques et que la conductivité n'est pas fortement influencée par un seul constituant chimique, mais plutôt par l'ensemble des ions dissous présents dans l'eau. L'analyse de la matrice de corrélation des eaux brutes de la station de Guenitra (100 L/s) révèle que la qualité de l'eau est principalement influencée par les interactions entre la température, la conductivité, la turbidité, le pH et les paramètres de minéralisation. Les fortes corrélations positives observées entre la température et la conductivité (R=0.774) ainsi que les fortes corrélations négatives entre la turbidité et le pH (R=-0.741) témoignent de l'importance des conditions hydrologiques et environnementales dans la dynamique de la qualité de l'eau brute. Globalement, la structure des corrélations indique une eau de surface dont les variations sont fortement liées aux phénomènes naturels de ruissellement, de transport de matières en suspension et de minéralisation du bassin versant.

IV.5.3. Synthèse Environnementale de l'eau brute Station Guenitra 100L/s

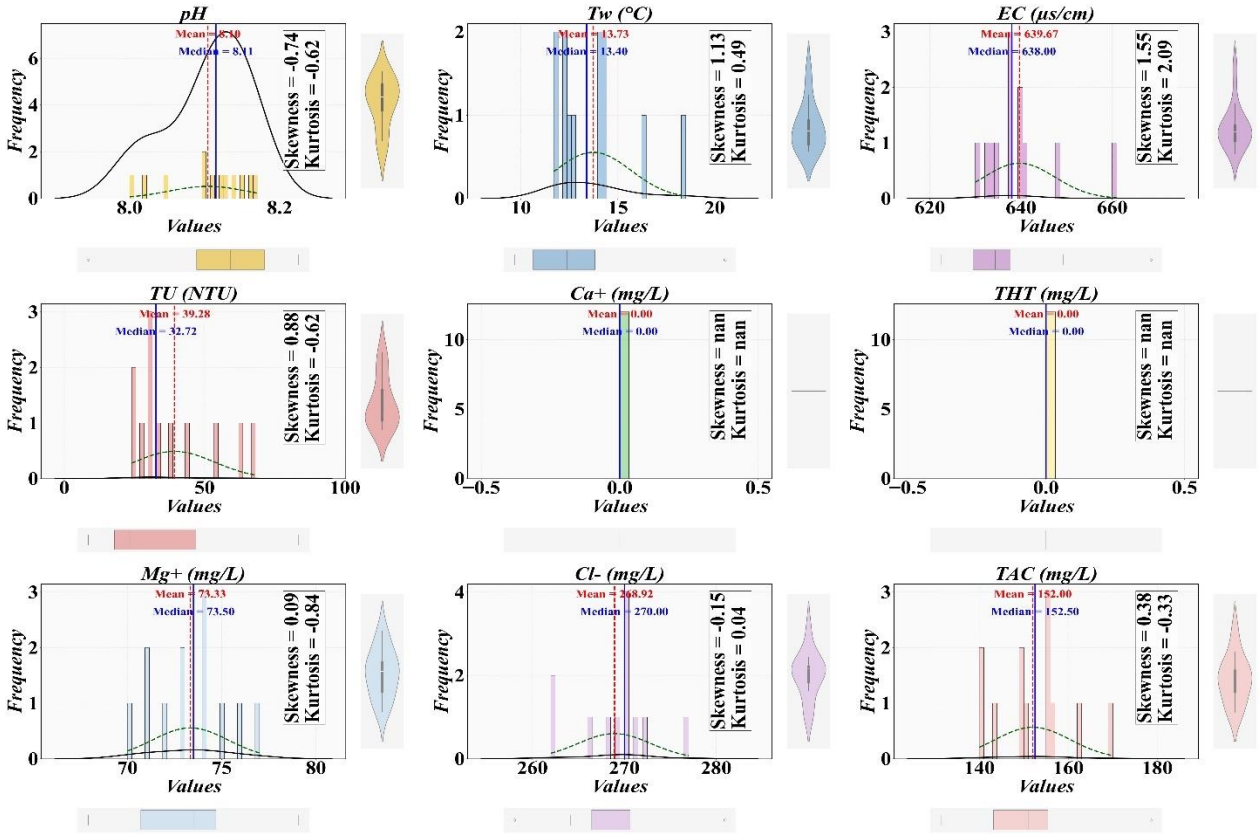
L'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux brutes alimentant la station de traitement de Guenitra (100L/s) met en évidence une qualité relativement stable durant la période d'étude. Les résultats montrent que l'eau présente un caractère légèrement alcalin, avec des valeurs de pH comprises entre 8.00 et 8.17, traduisant un bon pouvoir tampon et une stabilité chimique favorable aux processus de traitement. La conductivité électrique, variant entre 630 et 661µS/cm, témoigne d'une minéralisation modérée résultant principalement de la nature géologique du bassin versant et de la dissolution naturelle des minéraux présents dans les formations traversées par les eaux de ruissellement. La température de l'eau oscille entre 11.70 et 18.50°C, reflétant l'influence directe des conditions climatiques saisonnières. La forte corrélation positive observée entre la température et la conductivité électrique (R=0.774) suggère que les variations thermiques influencent en partie la concentration et la mobilité des ions dissous dans l'eau brute. La turbidité

constitue le paramètre le plus variable de l'étude, avec des valeurs comprises entre 24.04 et 68.03 NTU. Cette forte variabilité traduit l'influence des phénomènes de ruissellement, de l'érosion des sols et des apports de matières en suspension vers la retenue du barrage. Les corrélations négatives observées entre la turbidité et plusieurs paramètres tels que le pH (R=-0.741), la température (R=-0.618), le magnésium (R=-0.557) et le TAC (R=-0.405) montrent que les épisodes de forte charge particulaire sont généralement associés à une diminution relative de la minéralisation et de l'alcalinité de l'eau. Les concentrations en magnésium, chlorures et TAC présentent des variations limitées, traduisant une certaine stabilité de la composition chimique de l'eau brute. La corrélation positive entre le pH et le TAC (R = 0.542) confirme l'importance du système bicarbonaté dans le maintien de l'équilibre acido-basique de l'eau. D'un point de vue environnemental, la qualité de l'eau brute de la station de Guenitra (100 L/s) apparaît principalement contrôlée par deux facteurs majeurs : la géologie du bassin versant, responsable de la minéralisation naturelle de l'eau, et les conditions hydrométéorologiques qui influencent directement les apports de matières en suspension. La stabilité des paramètres de minéralisation contraste avec les fluctuations importantes de la turbidité, ce qui est caractéristique des eaux de surface soumises aux variations saisonnières et aux événements pluvieux. En conclusion, l'eau brute alimentant la station de Guénitra (100 L/s) présente une qualité physico-chimique globalement satisfaisante, caractérisée par une minéralisation modérée, une alcalinité stable et un pH relativement constant. Toutefois, les variations importantes de la turbidité soulignent la nécessité d'un traitement efficace de clarification et de filtration afin de garantir une eau potable conforme aux normes de qualité et de sécurité sanitaire avant sa distribution aux consommateurs.

IV.5.4. Analyse exploratoire de l'eau brute Station Guenitra 100L/s

L'analyse exploratoire des données des eaux brutes de la station de Guenitra (100 L/s) permet d'évaluer la distribution statistique des principaux paramètres physico-chimiques et d'identifier leur comportement au cours de la période d'étude. Les histogrammes, les courbes de densité, les diagrammes en boîte et les violons plots fournissent des informations précieuses sur la tendance centrale, la dispersion, l'asymétrie et l'aplatissement des distributions observées (Figure IV.10). Le pH présente une moyenne de 8.10 et une médiane de 8.11, indiquant une excellente stabilité de ce paramètre. Les valeurs observées sont regroupées dans un intervalle très étroit, traduisant une eau légèrement alcaline. Le coefficient d'asymétrie négatif (Skewness = -0.47) révèle une légère prédominance des valeurs faibles, tandis que la kurtosis négative (-0.62) indique

une distribution relativement aplatie. Cette stabilité reflète le bon pouvoir tampon naturel de l'eau brute.



Figures IV.10. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau brute illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 100L/s

La température présente une moyenne de 13.73 °C et une médiane de 13.40 °C. Le coefficient d'asymétrie positif (1.13) traduit la présence de quelques températures relativement élevées au cours de la période étudiée. La kurtosis de 0.49 suggère une distribution proche de la normalité avec une légère concentration des observations autour de la moyenne. La conductivité électrique affiche une moyenne de 639.67 µS/cm et une médiane de 638.00 µS/cm, témoignant d'une minéralisation relativement constante de l'eau brute. L'asymétrie positive (1.55) indique la présence de quelques valeurs élevées de conductivité, tandis que la kurtosis de 2.09 traduit une distribution leptokurtique caractérisée par un regroupement important des données autour de la moyenne. La turbidité présente une moyenne de 39.28 NTU et une médiane de 32.72 NTU. L'écart entre ces deux indicateurs traduit une influence notable de certaines valeurs élevées. Le coefficient d'asymétrie positif (0.88) confirme cette tendance vers les fortes turbidités. La kurtosis négative (-

0,62) indique une distribution relativement étalée. Cette variabilité reflète l'influence des phénomènes de ruissellement et des apports de matières en suspension dans la retenue du barrage. Les concentrations en calcium sont nulles pour l'ensemble des échantillons analysés. La moyenne et la médiane sont égales à zéro, ce qui ne permet pas de calculer les coefficients d'asymétrie et de kurtosis. L'absence de données exploitables empêche toute interprétation statistique de ce paramètre.

Comme pour le calcium, les valeurs de la dureté totale sont nulles dans l'ensemble des observations disponibles. Les indicateurs statistiques de forme (Skewness et Kurtosis) ne peuvent donc pas être déterminés. Aucune analyse exploratoire pertinente ne peut être réalisée pour ce paramètre à partir des données fournies. Le magnésium présente une moyenne de 73.33 mg/L et une médiane de 73.50 mg/L, traduisant une remarquable stabilité des concentrations. Le coefficient d'asymétrie très faible (0.19) indique une distribution pratiquement symétrique. La kurtosis négative (-0.84) montre une distribution légèrement aplatie. Ces résultats témoignent d'une contribution relativement constante du magnésium à la minéralisation de l'eau brute. Les chlorures présentent une moyenne de 268.92 mg/L et une médiane de 270.00 mg/L. La distribution est quasi symétrique avec une asymétrie légèrement négative (-0.15). La kurtosis proche de zéro (0.04) indique une distribution très proche de la normalité. La faible dispersion observée traduit une stabilité importante des teneurs en chlorures durant la période étudiée. Le TAC affiche une moyenne de 152.00 mg/L et une médiane de 152.50 mg/L. Le coefficient d'asymétrie légèrement positif (0.38) indique une faible prédominance des valeurs élevées. La kurtosis négative (-0.33) révèle une distribution relativement homogène. Ces résultats confirment la stabilité de l'alcalinité de l'eau brute et du système carbonaté naturel. Conclusion de l'analyse exploratoire.

L'analyse exploratoire des eaux brutes de la station de Guenitra (100 L/s) met en évidence une bonne stabilité des paramètres de minéralisation, notamment le pH, la conductivité électrique, le magnésium, les chlorures et le TAC. Les distributions observées sont globalement régulières et ne présentent pas de valeurs aberrantes significatives. En revanche, la turbidité apparaît comme le paramètre le plus variable, reflétant directement l'influence des conditions hydrologiques et des apports de matières en suspension dans le barrage. Les résultats montrent ainsi que la qualité de l'eau brute est principalement contrôlée par les processus naturels de minéralisation du bassin

versant et par les fluctuations de la charge particulaire, ce qui justifie l'importance des étapes de clarification et de filtration avant la distribution de l'eau potable.

IV.6. Qualité des eaux Traité Station de Traitement Guenitra 100L/s

Les résultats présentés dans le Tableau IV.7 correspondent aux analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux Traité au niveau de la station de traitement de 100 L/s. La Figure IV.11 représente l'évolution temporelle des différents paramètres de la qualité des eaux traités. Ces données permettent d'évaluer la qualité de l'eau produite par la station.

Tableau IV.7. Résultats des analyses des Eaux Traité : Station Guenitra 100L/s

Dates	pH	Tw (°C)	EC (µs/cm)	TU (NTU)	Ca^{+} (mg/L)	THT (mg/L)	Mg^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	TAC (mg/L)
15/02/2026	7.820	12.400	642.000	3.880	0.700	0.700	78.000	290.000	155.000
16/02/2026	7.810	11.300	648.000	3.800	0.600	0.700	77.000	298.000	158.000
17/02/2026	7.910	11.300	655.000	4.800	0.600	0.600	77.000	300.000	158.000
18/02/2026	7.880	11.000	650.000	3.380	0.700	0.700	79.000	314.000	160.000
19/02/2026	7.940	11.700	648.000	3.100	0.700	0.600	82.000	310.000	166.000
22/02/2026	7.980	11.300	648.000	3.480	0.700	0.600	77.000	320.000	167.000
23/02/2026	7.910	16.100	650.000	3.900	0.600	0.600	77.000	290.000	167.000
24/02/2026	7.980	17.100	648.000	4.100	0.600	0.700	60.000	291.000	168.000
25/02/2026	7.800	14.300	644.000	3.990	0.700	0.700	71.000	288.000	155.000
02/03/2026	7.740	14.100	644.000	4.100	0.600	0.600	75.000	280.000	170.000
03/03/2026	7.710	14.100	640.000	4.100	0.600	0.700	71.000	280.000	172.000
04/03/2026	7.900	13.700	644.000	3.200	0.600	0.700	77.000	288.000	168.000

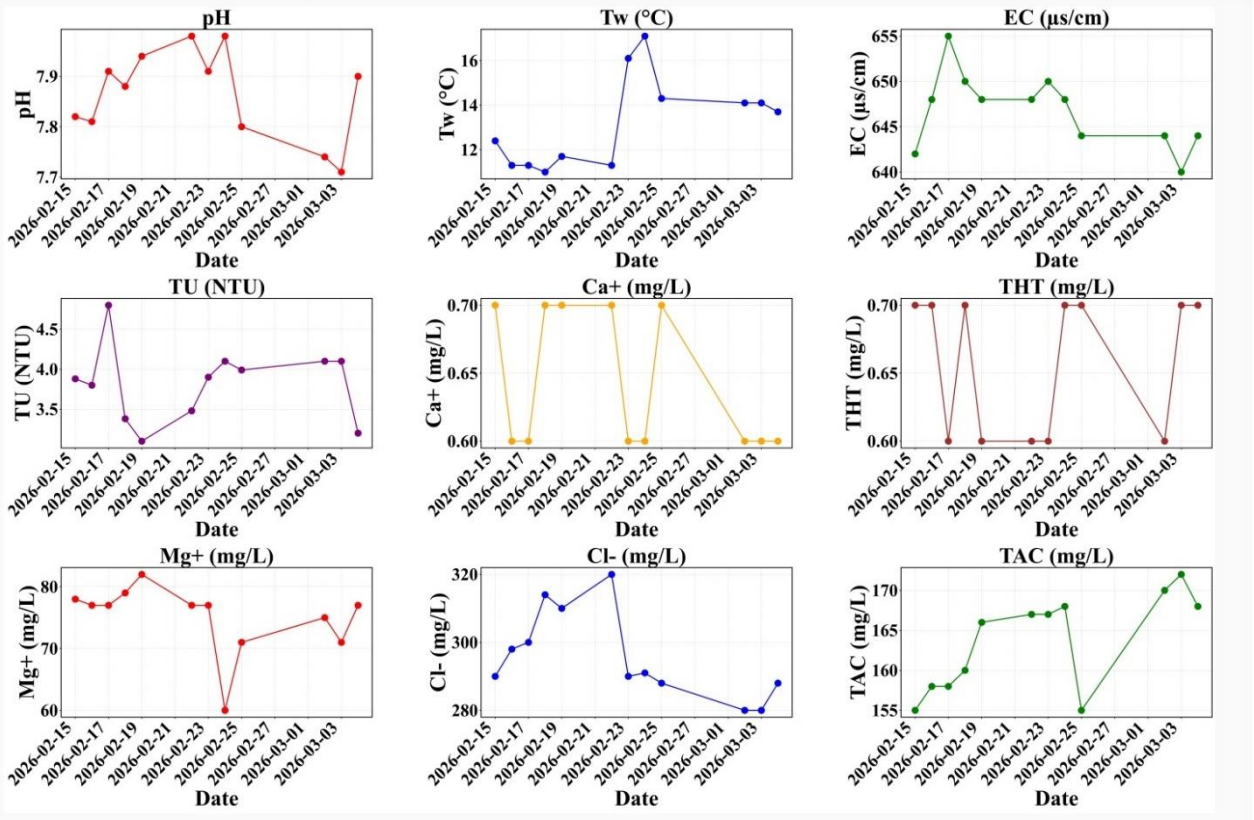


Figure IV.11. Variation Temporelle des Paramètres de la Qualité des Eaux traité : Station Guenitra 100L/s

IV.6.1. Statistiques Descriptives Eau Traité Station Guenitra 100L/s

L'analyse statistique descriptive des eaux traitées produites par la station de Guenitra (100 L/s) permet d'évaluer la stabilité et la qualité physico-chimique de l'eau après les différentes étapes de potabilisation (Tableau IV.8). Les principaux indicateurs statistiques calculés sont la moyenne, la médiane, les valeurs extrêmes, l'écart-type, la variance, ainsi que les coefficients d'asymétrie (Skewness) et d'aplatissement (Kurtosis). Les résultats montrent que le pH varie entre 7.71 et 7.98, avec une moyenne de 7.87 et une médiane de 7.89, indiquant une eau légèrement alcaline et remarquablement stable. La faible dispersion observée (σ = 0.089) confirme l'efficacité des procédés de correction et de stabilisation du pH. Les coefficients de Skewness (-0.394) et de Kurtosis (-0.864) traduisent une distribution relativement symétrique et légèrement aplatie.

La température de l'eau présente une moyenne de 13.20 °C et une médiane de 13.05 °C, avec des valeurs comprises entre 11.0 et 17.1 °C. L'écart-type de 2.03 °C indique une variabilité modérée principalement liée aux conditions climatiques. L'asymétrie positive (0,673) montre une légère prédominance des températures élevées.

Tableau IV.8. Statistiques descriptives des Eaux Traité : Station Guenitra 100L/s

Variable	Mean	Median	Max	Min	SD	Variance	Kurtosis	Skweness
pH	7.865	7.890	7.980	7.710	0.089	0.008	-0.864	-0.394
Tw (°C)	13.200	13.050	17.100	11.000	2.028	4.115	-0.562	0.673
EC (µs/cm)	646.750	648.000	655.000	640.000	4.115	16.932	0.156	0.252
TU (NTU)	3.819	3.890	4.800	3.100	0.472	0.222	0.457	0.294
Ca^{+} (mg/L)	0.642	0.600	0.700	0.600	0.051	0.003	-2.263	0.388
THT (mg/L)	0.658	0.700	0.700	0.600	0.051	0.003	-2.263	-0.388
Mg^{+} (mg/L)	75.083	77.000	82.000	60.000	5.648	31.902	4.479	-1.887
Cl^{-} (mg/L)	295.750	290.500	320.000	280.000	12.976	168.386	-0.525	0.703
TAC (mg/L)	163.667	166.500	172.000	155.000	6.050	36.606	-1.571	-0.312

La conductivité électrique (EC) affiche une moyenne de 646.75 µS/cm et une médiane de 648.00 µS/cm, traduisant une minéralisation relativement constante de l'eau traitée. La faible valeur de l'écart-type (4.12µS/cm) confirme la stabilité de ce paramètre après traitement. Les coefficients de Skewness (0.252) et de Kurtosis (0.156) indiquent une distribution proche de la normalité. La turbidité (TU) présente une moyenne de 3.82NTU et une médiane de 3.89NTU, avec des valeurs variantes entre 3.10 et 4.80 NTU. Cette faible turbidité constitue un indicateur direct de l'efficacité des procédés de coagulation, décantation et filtration appliqués au niveau de la station. La faible dispersion observée (σ = 0.47 NTU) traduit une excellente homogénéité de la qualité de l'eau produite. Les concentrations en calcium (Ca^{2+}) varient entre 0.60 et 0.70 mg/L, avec une moyenne de 0.642mg/L. De même, la dureté totale (THT) présente une moyenne de 0.658mg/L. Les très faibles valeurs de variance observées pour ces deux paramètres indiquent une stabilité remarquable. Les coefficients de Kurtosis fortement négatifs (-2.263) traduisent des distributions très aplaties résultant de la faible variabilité des mesures. Le magnésium (Mg^{2+}) affiche une moyenne de 75.08mg/L avec des valeurs comprises entre 60 et 82 mg/L. L'écart-type relativement élevé (5.65mg/L) montre que ce paramètre présente la plus forte variabilité parmi les ions dissous étudiés. La forte asymétrie négative (-1.887) indique une concentration importante des valeurs autour des fortes teneurs avec quelques observations plus faibles.

Les chlorures (Cl^{-}) présentent une moyenne de 295.75mg/L et une médiane de 290.50 mg/L, avec des concentrations comprises entre 280 et 320 mg/L. La dispersion modérée observée (σ= 12.98mg/L) témoigne d'une stabilité satisfaisante de ce paramètre. Le coefficient d'asymétrie positif (0,703) traduit une légère prédominance des valeurs élevées. Enfin, le titre alcalimétrique complet (TAC) affiche une moyenne de 163.67 mg/L et une médiane de 166.50 mg/L. Les faibles

valeurs de dispersion (σ = 6.05 mg/L) montrent que l'alcalinité demeure relativement constante après traitement. Les coefficients de Skewness (-0.312) et de Kurtosis (-1.571) indiquent une distribution homogène et peu influencée par des valeurs extrêmes.

Dans l'ensemble, les statistiques descriptives mettent en évidence une bonne stabilité physico-chimique des eaux traitées produites par la station de Guenitra (100 L/s). La faible dispersion observée pour la majorité des paramètres, notamment le pH, la conductivité électrique, la turbidité et le TAC, traduit une excellente maîtrise des procédés de traitement. La réduction importante de la turbidité par rapport aux eaux brutes confirme l'efficacité des opérations de clarification et de filtration, garantissant ainsi une eau de qualité satisfaisante pour l'alimentation en eau potable.

IV.6.2. Matrice de corrélation de l'eau Traité Station Guenitra 100L/s

La matrice de corrélation des eaux traitées de la station de Guenitra (100 L/s) permet d'évaluer les relations linéaires existant entre les différents paramètres physico-chimiques après les opérations de traitement (Figure IV.12). Les coefficients de corrélation élevé varient entre -0.736 et 0.655**,** traduisant des relations allant de fortes corrélations négatives à des corrélations positives modérées. L'analyse de ces interactions permet de mieux comprendre le comportement de l'eau après les différentes étapes de potabilisation.

IV.6.2.1. Corrélations fortes

La corrélation la plus importante observée est une corrélation négative forte entre la température (T_w) et le magnésium (Mg^{2+}) avec un coefficient de *R*= -0.736. Cette relation indique qu'une augmentation de la température s'accompagne généralement d'une diminution des concentrations en magnésium. Cette évolution peut être liée à des phénomènes de dilution, de précipitation ou aux variations saisonnières influençant simultanément ces deux paramètres. Parmi les corrélations positives les plus élevées, on observe :

- pH & Cl^- : R = 0.655
- pH & EC : R = 0.639
- Ca^{2+} & Cl^- : R = 0.588
- EC& Cl^- : R = 0.579

Ces relations montrent que l'évolution du pH et de la conductivité est en partie liée aux variations des ions dissous présents dans l'eau traitée, notamment les chlorures.

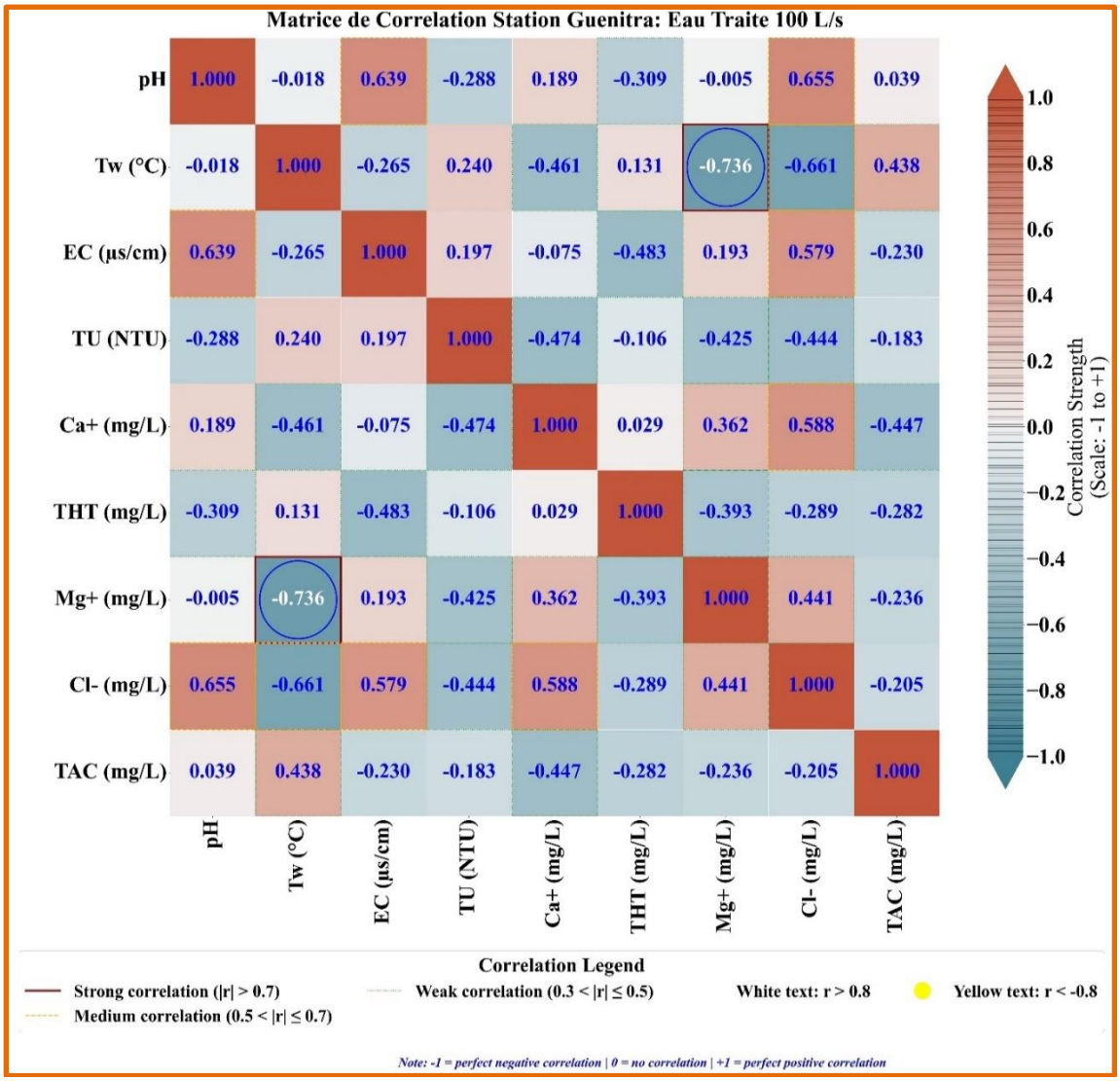


Figure IV.12. Matrice de corrélation Eaux traité : Station Guenitra 100L/s

IV.6.2.2. Corrélations négatives fortes

La principale corrélation négative forte concerne : T_w & Mg^{2+} : R = -0.736. Cette relation met en évidence une évolution inverse marquée entre la température et le magnésium. D'autres corrélations négatives relativement importantes sont également observées :

Tw & Cl^- : R = -0.661,
EC &THT : R = -0.483,
TU &Ca^{2+} : R = -0.474,
Tw &Ca^{2+} : R = -0.461
Ca^{2+} 1 TAC : R = -0.447,
TU & Cl^- : R = -0.444

Ces résultats suggèrent que certains paramètres liés à la minéralisation évoluent indépendamment ou en sens inverse des paramètres physiques tels que la température et la turbidité.

IV.6.2.3. Corrélations modérées

Plusieurs corrélations modérées sont observées au sein de la matrice :
Ca^{2+} & Cl^{-} : R = 0.588
EC& Cl^{-} : R = 0.579
Tw &TAC : R = 0.438
Mg^{2+} & Cl^{-} : R = 0.441
Mg^{2+} & TAC : R = 0.236
Ca^{2+} & Mg^{2+} : R = 0.362

La corrélation positive entre le calcium et les chlorures indique que ces ions peuvent avoir une origine commune ou être influencés par les mêmes mécanismes de minéralisation. De même, la relation entre la conductivité et les chlorures confirme la contribution de ces derniers à la minéralisation globale de l'eau. Ces corrélations montrent que l'augmentation de certains paramètres de minéralisation peut être associée à une diminution relative de la turbidité ou de la dureté totale.

TU & Mg^{2+} : R= -0.425
THT & Mg^{2+} : R= -0.393
pH & THT : R = -0.309

IV.6.2.4. Corrélations faibles

La majorité des corrélations observées restent faibles (|R| < 0,30), ce qui traduit une relative indépendance entre plusieurs paramètres après traitement. Parmi les principales corrélations faibles figurent :

pH & Tw : R = -0.018
pH & Mg^{2+} : R = -0.005
EC & Ca^{2+} : R = -0.075
THT & Ca^{2+} : R = 0.029
pH & TAC : R = 0,039
TU &THT : R = -0,106
Cl^{-} & TAC : R = -0.205
Ces faibles coefficients témoignent d'une stabilisation des paramètres physico-chimiques après les traitements de clarification et de filtration.

L'analyse de la matrice de corrélation des eaux traitées de la station de Guenitra (100 L/s) montre une diminution globale des interdépendances entre les paramètres par rapport aux eaux brutes, ce qui traduit une meilleure homogénéité de l'eau produite. La relation la plus marquée est la corrélation négative entre la température et le magnésium (R = -0.736), tandis que plusieurs corrélations positives modérées impliquent les chlorures, la conductivité électrique et le pH. La prédominance de corrélations faibles indique que les procédés de traitement contribuent à stabiliser les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et à réduire l'influence des facteurs environnementaux observés dans l'eau brute. Ces résultats confirment ainsi l'efficacité de la station de Guenitra (100 L/s) dans la production d'une eau de qualité physico-chimique relativement homogène et stable.

IV.6.3. Synthèse Environnementale de l'eau traité Station Guenitra 100L/s

L'évaluation des paramètres physico-chimiques des eaux traitées produites par la station de Guenitra (100 L/s) met en évidence une qualité globale satisfaisante et une bonne stabilité de l'eau après les différentes étapes de potabilisation. Les résultats montrent que le pH demeure légèrement alcalin, avec une moyenne de 7.87, favorisant la stabilité chimique de l'eau et limitant les phénomènes de corrosion au sein du réseau de distribution. La conductivité électrique moyenne de 646.75 µS/cm traduit une minéralisation modérée, essentiellement liée à la présence naturelle des sels dissous dans les eaux du barrage. La faible turbidité observée, avec une moyenne de 3.82 NTU, constitue l'un des principaux indicateurs de l'efficacité des procédés de coagulation, décantation et filtration appliqués au niveau de la station. Cette réduction significative des matières en suspension améliore la qualité esthétique de l'eau et contribue à renforcer sa sécurité sanitaire. Les concentrations en calcium, magnésium, chlorures et TAC demeurent relativement stables, traduisant la conservation d'un équilibre minéral favorable après traitement. L'analyse des corrélations montre une diminution globale des interactions entre les paramètres, témoignant d'une homogénéisation de la qualité de l'eau produite. D'un point de vue environnemental, les résultats confirment l'efficacité de la station de Guenitra (100 L/s) dans la production d'une eau physico-chimiquement stable, répondant aux exigences de l'alimentation en eau potable et assurant une distribution sécurisée aux populations desservies.

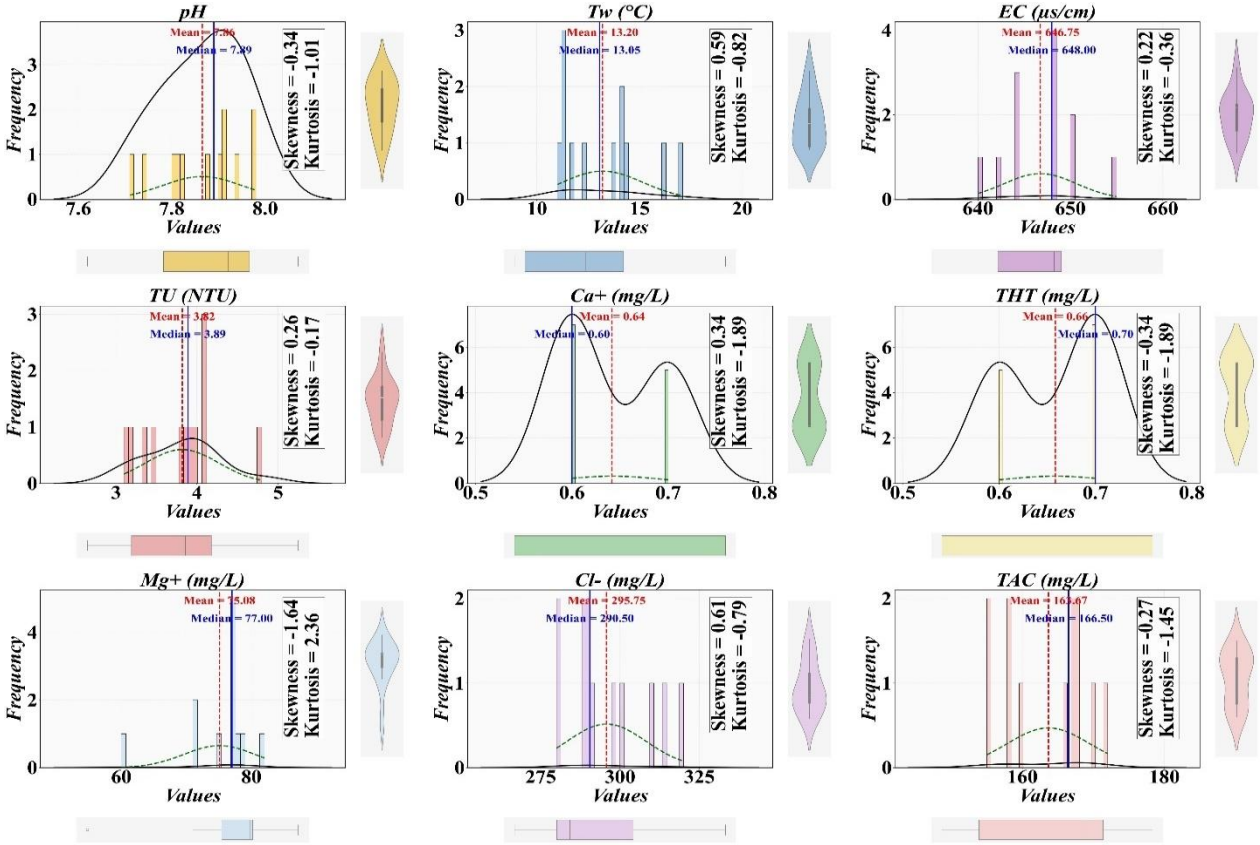
IV.6.4. Analyse exploratoire de l'eau traité Station Guenitra 100L/s

L'analyse exploratoire des données des eaux traitées de la station de Guenitra (100 L/s) permet d'évaluer la distribution statistique des principaux paramètres physico-chimiques après les opérations de traitement (Figure IV.13). Les histogrammes, les courbes de densité, les diagrammes en boîte et les violons plots mettent en évidence la tendance centrale, la dispersion ainsi que les caractéristiques de forme des distributions à travers les coefficients d'asymétrie (Skewness) et d'aplatissement (Kurtosis). Le pH présente une moyenne de 7.86 et une médiane de 7.89, indiquant une excellente stabilité de l'équilibre acido-basique de l'eau traitée. La faible asymétrie négative (Skewness = -0.31) traduit une distribution relativement symétrique, tandis que la kurtosis négative (-1.01) révèle une distribution légèrement aplatie. Ces résultats confirment l'efficacité des traitements de correction du pH.

La température affiche une moyenne de 13.20 °C et une médiane de 13.05 °C. Le coefficient d'asymétrie positif (0.59) indique une légère prédominance des températures élevées. La kurtosis négative (-0.82) suggère une distribution relativement homogène sans valeurs extrêmes marquées. La conductivité électrique (EC) présente une moyenne de 646.75 µS/cm et une médiane de 648.00 µS/cm, témoignant d'une minéralisation stable. Les coefficients de Skewness (0.22) et de Kurtosis (-0.36) montrent une distribution proche de la normalité, traduisant une grande régularité de ce paramètre après traitement. La turbidité (TU) constitue un excellent indicateur de la performance du traitement. Avec une moyenne de 3.82 NTU et une médiane de 3.89 NTU, elle demeure faible et relativement stable. Le coefficient d'asymétrie légèrement positif (0.26) et la kurtosis négative (-0.17) indiquent une distribution homogène. La faible dispersion observée confirme l'efficacité des étapes de coagulation, décantation et filtration dans l'élimination des matières en suspension.

Les concentrations en calcium (Ca^{2+}) présentent une moyenne de 0.64 mg/L et une médiane de 0.60 mg/L. L'asymétrie positive (0.34) traduit une légère prédominance des fortes concentrations, tandis que la kurtosis négative (-1.89) indique une distribution très étalée. Malgré cette dispersion statistique, les valeurs demeurent très faibles et peu variables. La dureté totale (THT) affiche une moyenne de 0.66 mg/L et une médiane de 0.70 mg/L. L'asymétrie négative (-0.34) révèle une légère concentration des observations vers les valeurs élevées. La kurtosis fortement négative (-1.89) confirme une distribution aplatie liée à la faible amplitude des données.

Le magnésium (Mg^{2+}) présente une moyenne de 75.08 mg/L et une médiane de 77.00 mg/L. La forte asymétrie négative (-1.64) indique la présence de quelques valeurs relativement faibles par rapport à la majorité des observations. La kurtosis élevée (2.36) traduit une concentration importante des données autour de la moyenne avec quelques valeurs extrêmes. Les chlorures (Cl^-) montrent une moyenne de 295.75 mg/L et une médiane de 290.50 mg/L. Le coefficient d'asymétrie positif (0.61) traduit une légère prédominance des valeurs élevées, tandis que la kurtosis négative (-0.79) indique une distribution relativement homogène. Les concentrations observées restent globalement stables au cours de la période étudiée. Enfin, le TAC présente une moyenne de 163.67 mg/L et une médiane de 166.50 mg/L. L'asymétrie négative (-0.51) traduit une légère dominance des fortes valeurs, alors que la kurtosis négative (-1.45) indique une distribution relativement étalée. La faible dispersion observée confirme la stabilité de l'alcalinité de l'eau traitée.



Figures IV.13. Interprétation des distributions statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau traité illustrées par les histogrammes, les Boxplot et les diagrammes en Violon : Station Guenitra 100L/s

L'analyse exploratoire met en évidence une grande homogénéité des eaux traitées produites par la station de Guenitra (100 L/s). La majorité des paramètres présentent des distributions

relativement régulières, une faible dispersion et l'absence de valeurs aberrantes significatives. La faible turbidité observée confirme l'efficacité des procédés de traitement, tandis que la stabilité du pH, de la conductivité électrique, des chlorures et du TAC témoigne du maintien d'un équilibre physico-chimique satisfaisant. Dans l'ensemble, les résultats montrent que la station assure une production d'eau potable de qualité constante et adaptée aux exigences de distribution aux consommateurs.

IV.7. Conclusion

Ce chapitre a permis d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux brutes et des eaux traitées au niveau des deux stations de traitement de Guenitra, d'une capacité respective de 400 L/s et 100 L/s**.** Les résultats obtenus montrent que les eaux brutes présentent une minéralisation modérée, un pH légèrement alcalin et une composition chimique relativement stable. Toutefois, la turbidité apparaît comme le paramètre le plus variable dans les deux stations. Les analyses statistiques descriptives, les matrices de corrélation et les analyses exploratoires ont mis en évidence des relations significatives entre certains paramètres de minéralisation, notamment le calcium, le magnésium, la dureté totale et le TAC, traduisant l'influence de la géologie du bassin versant sur la qualité des eaux brutes. Ces résultats témoignent de la performance des installations de traitement et de leur capacité à fournir une eau potable répondant aux exigences de sécurité sanitaire et aux besoins des populations desservies.

Conclusion Générale

Ce travail a permis d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux brutes et des eaux traitées au niveau des stations de traitement de Guénitra de 400 L/s et 100 L/s, qui jouent un rôle essentiel dans l'alimentation en eau potable des communes de Tamalous, Oum Toub et Sidi Mezghiche. Les résultats obtenus montrent que les procédés de traitement mis en œuvre assurent une amélioration significative de la qualité de l'eau, notamment par une réduction importante de la turbidité et le maintien d'une stabilité satisfaisante des principaux paramètres physico-chimiques. Cependant, les défis liés à la sécurité hydrique de la région demeurent préoccupants. Le taux actuel de remplissage du barrage de Guénitra, estimé à seulement 32 %, constitue un signal d'alarme qui traduit la vulnérabilité de cette ressource face aux changements climatiques, à la baisse des précipitations et à l'augmentation continue de la demande en eau. Dans ce contexte, la réalisation d'une nouvelle station de traitement actuellement en cours représente une étape importante pour renforcer les capacités de production et permettre une meilleure sécurisation de l'alimentation en eau potable, notamment en dissociant davantage les systèmes d'approvisionnement d'Oum Toub et de Sidi Mezghiche.

Par ailleurs, il apparaît indispensable d'envisager une stratégie intégrée reposant sur la diversification des ressources. Le renforcement de l'alimentation par les eaux dessalées constitue aujourd'hui une alternative stratégique pour réduire la pression exercée sur le barrage. De même, une réévaluation de l'exploitation des eaux souterraines, dans le cadre d'une gestion durable et contrôlée, pourrait contribuer à améliorer la résilience du système d'alimentation en eau. Ainsi, la préservation des ressources conventionnelles, le développement de ressources non conventionnelles et l'amélioration continue des infrastructures hydrauliques apparaissent comme des conditions indispensables pour garantir durablement la sécurité hydrique des populations de Tamalous, Oum Toub et Sidi Mezghiche.

Références Bibliographiques

1. ADE (2026). Algérienne des Eaux, Direction Skikda.

2. ANBT (2026). Agence Nationale des Barrages et Grands Transferts.

3. Athamena, M. (2021). Techniques de mobilisation des ressources en eau : Barrages [Cours de Master 2 Hydrogéologie]. Université Mostefa Ben Boulaïd Batna 2.

4. Benzeghaia, S., Bouchoukh, K., Bouyeddou, G., Ali Nara, R. (2023). Modélisation des variables physico-chimiques au niveau des stations de traitement des eaux par le biais de l'intelligence artificielle : Une étude de cas. Mémoire de Master en Aménagement Hydro-Agricole, Université 20 Août 1955 Skikda, Département des Sciences Agronomiques, 66 p.

5. Clément, R., & Galand, A. (1978). Programmes d'irrigation. Editions TI. Techniques de l'Ingénieur, C4 250, 18p.

6. Clément, R., Galand, A., & Meylan, J. (2026). Systèmes d'irrigation. Techniques de l'Ingénieur. C 5 250, 42p.

7. ETIC. (2026). Concepts fondamentaux de l'irrigation groupe ETIC BTS2 ATPV IRIGATION. 112p. https://fr.scribd.com/document/854015855/Cour-Irrigation#sidebar

8. FAO. (2020). The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture. 178p. https://doi.org/10.4060/cb1447en

9. Gilot, L. & Ruf, T. (2006). Principes et pratiques de la distribution de l'eau dans les systèmes gravitaires. Traité d'irrigation. 22p.

10. Gottmann, J. (1939). L'irrigation. L'Information Géographique, 3-4, 153-157. https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_1939_num_3_4_4930

11. ICOLD. (d.t). Rôle des barrages. https://www.icold-cigb.org/gb/dams/dams.asp

12. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). (2026). Role of dams for irrigation, drainage and flood control. 24p. https://www.icid.org/dam_pdf.pdf

13. Payan, S. (2007). Caractérisation des ouvrages hydrauliques et analyse de leur impact sur le régime hydrologique [Thèse de doctorat]. Université Montpellier II.

14. Québec, G.D. (2008). Guide de Conception des Installations de Production d'eau Potable. Volume 1. 315pp. https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/eau-potable/installations-municipales/conception-installations-production#c340121

15. Raven, P., Berg, L., & Hassenzahl, D. (2009). Environnement (Nouveaux Horizons). Groupe De Boeck. 687p.

16. Schleiss, A. J., & Pougatsch, H. (2020). Les barrages (TGC volume 17) : Du projet à la mise en service (2e éd.). Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR). https://fr.scribd.com/document/538336278/Les-Barrages-du-Projet-a-La-Mise-en-Service-1.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف /2026

Skikda le : .....

قسم العلوم الفلاحية

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : **Dr. Chekroud Hassina** Président de Jury

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Boukhnnane Roumaissa**

Spécialité : **Aménagement Hydro-Agricole**

Intitulé : **Évaluation Globale du Système d'Alimentation en Eau d'Irrigation à Partir du Barrage Kenitra Wilaya de Skikda : Description du Schéma Globale de Distribution et Suivi de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de Mémoire	Président(e) de Jury

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف /2026

Skikda le : .....

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : **Dr. Chekroud Hassina** Président de Jury

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Boursas Meriem**

Spécialité : **Aménagement Hydro-Agricole**

Intitulé : **Évaluation Globale du Système d'Alimentation en Eau d'Irrigation à Partir du Barrage Kenitra Wilaya de Skikda : Description du Schéma Globale de Distribution et Suivi de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de Mémoire	Président(e) de Jury

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

Skikda le : .....

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف /2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : **Dr. Chekroud Hassina** Président de Jury

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Debbah Rania**

Spécialité : **Aménagement Hydro-Agricole**

Intitulé : **Évaluation Globale du Système d'Alimentation en Eau d'Irrigation à Partir du Barrage Kenitra Wilaya de Skikda : Description du Schéma Globale de Distribution et Suivi de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de Mémoire	Président(e) de Jury