

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

*Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel*

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : des Sciences de la Terre et de  
l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم: علوم الأرض و الكون

## **Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

Option : **Hydrogéologie**

**Thème**

**Suivi de la qualité et traitement des eaux destinées aux  
activités industrielles du complexe sidérurgique de  
Bellara, El-Milia (Wilaya de Jijel)**

### **Membres de Jury**

**Président : H.KINIOUAR**

**Examinatrice : S.CHEDDAD**

**Encadrant : F.KESSASRA**

### **Présenté par**

**M<sup>lle</sup> BENACER Radia**

**M<sup>lle</sup> BRIK Sara**

**Année Universitaire 2020-2021**

**Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....**

## *Remerciements*

*Tout d'abord nous remercions notre Dieu de nous avoir donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail.*

*Nos remerciements s'adressent en premier lieu à Monsieur FARES KESSASRA, pour sa disponibilité, son effort qu'il a fourni, sa précision et son bon cœur tout en suivant la progression de cet humble travail.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à Mr « Rouíkha Youssef » pour son soutien et Son encouragement.*

*Nous remercions les membres du jury qui nous font l'honneur d'examiner notre travail.*

*Nous adressons aussi nos vifs remerciements à BOUHCICHA ASMA (Ingénieur en environnement à l'AQS) d'avoir accepté de nous accueillir à plusieurs reprises au sein de son laboratoire et de son équipe. Ce séjour à AQS été pour nous l'occasion de découvrir un autre laboratoire, d'acquérir de nouvelles techniques, de croiser et discuter avec beaucoup de personnes.*

*Nos remerciements vont aux employés d'AQS plus particulièrement à l'équipe QHSE : le directeur OULMI Ammar, Mme CHENNOUF SARAH, M. H-Mohamed et M. B-AIMED pour leur aide et leurs encouragements.*

*Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

# *Dédicace*

*Avant tous je dis « ALHAMDYOU LI ALLAH » Qui m'a aidée et  
donnée l'effort, la volonté et le Courage de réaliser et permis de  
présenter mon Modeste travail qui est les résultats de langues  
années d'étude.*

*Ce modeste travail est dédié à : deux personnes exceptionnelles :  
Ma mère et mon père, qui m'ont entouré par leur soutien,  
Leurs compassions et leurs encouragements.*

*A mes chers frères : **Salah** ; **Anis**.*

*A mes chères sœurs : **Amira** ; **Awatef** et son mari **Yasser**.*

*Ma nièce : **Elina**.*

*A toute ma grande famille sans exception.*

*A mes amies : **Chehla** ; **Lina** ; **Ismahan** ; **Aida** ; **Hanane** ...*

*A tous mes collègues de la promotion.*

*Et en fin pour ceux qui ne sont pas sur les lignes mais dans le cœur je  
vous dis « mille merci ».*

*Sara*

# *Dédicace*

*Au nom de dieu le tout puissant qui m'a éclairé le bon chemin, je dédie ce travail :*

*A mon père qui dieu lui garde dans son vaste paradis.*

*A la femme qui a soufferts sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : **mon adorable mère.***

*A la personne qu'a toute sacrifiée pour me faire réussir, mon **grand-père***

*A ma **grande mère**, Que dieu lui donne une longue et joyeuse vie.*

*A Mes très chères sœurs pour l'amour qu'elles me réservent : **NESRIN, NOUSSA, ZINEB** et son fils **AMEN** et son mari **RABEH**. Je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.*

*A mon oncle « **Mohamed** », ma tante « **WIDAD** » et ses enfants : **ANIS, ISLEM, SOUDJOURD, GHOFRAN** et ma belle princesse « **CHAIMA** »*

*A mes tantes et oncles, mes cousins et cousines.*

*A Mon fiancé « **ADEL** » et sa famille.*

*Une spéciale dédicace A « **SARA** », chère amie avant d'être binôme.*

*A ma proche « **ISMAHAN** » et son père.*

*A toutes les amies que j'ai connu jusqu'à maintenant.*

*A toute personne qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie...*

**RADIA**

## **Résumé**

La surveillance de la qualité des eaux destinée à l'industrie est un aspect important qui doit être pris en compte, où l'eau polluée peut affecter directement les équipements industriels. En revanche, cette eau peut devenir une source de pollution après son utilisation industrielle du fait de son rejet sans traitement. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à étudier la qualité et le traitement de l'eau à usage industriel du complexe sidérurgique de Bellara situé à El Milia, wilaya de Jijel. Nous avons analysé trois catégories d'eau, à savoir, l'eau de production appelée MK water et soft water, l'eau de forage et l'eau de rejets industriel traités avant sa réinjection dans le circuit de l'usine. Nous avons conclu que l'eau destinée à l'industrie sidérurgique du complexe AQS de Bellara ne dépasse pas la norme algérienne fixée par l'ONNED, cela confirme que la qualité de ces eaux industrielles est généralement conforme avec exigences environnementales de préservation du milieu naturel. Sauf quelques échantillons signalés comme ceux contenant, du calcium, de la dureté totale, des sulfates, des chlorures et même du fer total. Les valeurs obtenues dépassent la norme requise pour chaque catégorie d'eau analysée en avril 2021.

**Mot clé : Ballara , industrielle , pollution ,traitement.**

## الملخص

تعد مراقبة جودة المياه المخصصة للصناعة جانباً مهماً يجب أخذه في الاعتبار ، حيث يمكن أن تؤثر المياه الملوثة بشكل مباشر على المعدات الصناعية. من ناحية أخرى ، يمكن أن تصبح هذه المياه مصدرًا للتلوث بعد استخدامها الصناعي بسبب تصريفها دون معالجة. في هذا العمل ، نحن مهتمون بدراسة جودة ومعالجة المياه للاستخدام الصناعي لمجمع الصلب في بيلارا. تقع في الميليا بولاية جيجل. قمنا بتحليل ثلاث فئات من المياه ، وهي مياه الإنتاج المسماة MK water and soft water ، ومياه الحفر ومياه الصرف الصناعي المعالجة قبل إعادة حقنها في دائرة المصنع. خلصنا إلى أن المياه المخصصة لصناعة الصلب في مجمع AQS في بيلارا لا تتعدى المواصفة الجزائرية التي حددها ONNED ، وهذا يؤكد أن جودة هذه المياه الصناعية تتوافق بشكل عام مع المتطلبات البيئية للحفاظ على البيئة الطبيعية. باستثناء عينات قليلة تم الإبلاغ عنها مثل تلك التي تحتوي على الكالسيوم والصلابة الكلية والكبريتات والكلوريدات وحتى الحديد الكلي. تتجاوز القيم التي تم الحصول عليها المعيار المطلوب لكل فئة من فئات المياه التي تم تحليلها في أبريل 2021.

الكلمة الرئيسية: بلارة ، صناعية ، تلوث ، علاج.

## **Abstract**

Monitoring the quality of water intended for industry is an important aspect that must be taken into account, where polluted water can directly affect industrial equipment. On the other hand, this water can become a source of pollution after its industrial use due to its discharge without treatment. In this work, we are interested in studying the quality and the treatment of water for industrial use of the steel complex of bellara. located in El Milia, wilaya of Jijel. We analyzed three categories of water, namely, production water called MK water and soft water, drilling water and industrial waste water treated before its reinjection into the plant circuit. we concluded that the water intended for the steel industry of the AQS complex in bellara does not exceed the Algerian standard set by the ONNED, this confirms that the quality of this industrial water generally complies with environmental requirements for the preservation of the natural environment. Except a few reported samples like those containing, calcium, total hardness, sulfates, chlorides and even total iron. The values obtained exceed the standard required for each category of water analyzed in April 2021.

**Keyword: Ballara, industrial, pollution, treatment.**

# TABLE DE MATIERE

**Remerciements**

**Dédicace**

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**INTRODUCTION GENERALE**

**PARTIE 1 : PRESENTATION DU SITE INDUSTRIEL DE BELLARA**

I.1. Localisation.....	03
I.2. Géologie du Nord et de la Kabylie de Collo et d'el-Milia .....	04
I.2.1. Socle Kabyle .....	04
I.2.2. Dorsale Kabyle (chaîne calcaire) .....	04
I.2.3. Domaine des Flysch.....	05
I.2.4. Domaine externe .....	05
I.2.5. Les séries stratigraphiques postérieures à la phase éocène .....	05
I.2.5.1. Le « Nummulitique II » .....	05
I.2.5.2. L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K) et les Olistostromes .....	05
I.2.6. Les formations post-nappes .....	05
I.2.7. Magmatisme.....	06
I.3. Géologie de la petite Kabylie.....	06
I.3.1. Terrains Sédimentaires.....	06
I.3.2. Terrains éruptifs .....	07
I.3.3. Terrains métamorphiques.....	07
I.4. Cadre géologique local .....	07
I.5. Cadre géologique et hydrogéologique régionaux .....	08
I.6. Hydrogéologie du site .....	09
I.7. L'alimentation de la nappe.....	10
I.8. ETUDE DE CLIMAT ET BILAN HYDRIQUE.....	11
I.8.1. CLIMAT .....	11
I.8.2. FACTEURS CLIMATIQUES .....	11
I.8.2.1. Précipitations.....	11
I.8.2.2. Températures.....	12
I.8.2.3. Diagramme Ombrothermique .....	13
I.8.3. Bilan hydrique.....	14
I.8.3.1. Evapotranspiration .....	15



I.8.3.2. Evapotranspiration potentielle (ETP) .....	15
I.8.3.3. Evapotranspiration réelle (ETR) .....	15
I.8.3.4. Ruissellement superficiel (R).....	16
I.8.3.5. Infiltration (I) .....	17
Conclusion.....	18

## **PARTIE II : EAU DANS LE CONTEXTE INDUSTRIEL**

II.1. Présentation de site .....	19
II.2. Description des processus du complexe technologique .....	19
II.2.1. Unité de Réduction Directe (DRI).....	20
II.2.2. Unité de l'acier avec Aciérie électrique (SMS).....	21
II.2.3. Laminoirs (RM).....	22
II.3. Description générale de l'installation de traitement d'eau .....	23
II.4. Fonctionnement de WTP .....	24
II.5. Unités XB12, XB11.....	24
II.5.1. Description générale de l'installation :(Xb12, Xb11) .....	24
II.6. Conception de l'analyse de l'eau en des points différents.....	25
II.7. Description de l'installation.....	26
II.7.1. Circuits ouverts sans contact CW – CWR.....	26
II.7.2. Circuits de refroidissement ferme sans contact QW – QWR .....	26
II.7.3. Circuits de refroidissement ouvert avec contact KW – KWR.....	26
II.8. Traitement de l'eau .....	27
II.8.1. Circuits sans contact .....	27
II.8.2. Circuits avec contact.....	27
II.9. Évaluation et analyse de l'eau .....	27
II.10. Utilisation de l'installation .....	27
II.10.1. Vérification des paramètres opérationnels .....	27
II.10.2. Nettoyage du filtre .....	27
II.10.3. Élimination du calcaire .....	27
II.10.4. Évacuation des boues.....	27
II.10.5. Évacuation des huiles et graisses .....	28
II.10.6. Nettoyage.....	28
II.10.7. Unités de dosage .....	28
II.10.8. Vérification du bassin et des boues .....	28
II.11. Valeurs limites d'émission .....	28
II.12. Consommation en eaux industrielles .....	29
II.13. Quantité des rejets liquides industriels traités .....	31

II.14. Conclusion .....	33
-------------------------	----

### **PARTIE III : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX INDUSTRIELLES**

III.1. Introduction .....	34
III.2. Sources d'approvisionnement en eau .....	34
III.3. Qualité et traitement des eaux .....	35
III.4. Interprétation des paramètres physico-chimiques des eaux de production .....	36
III.4.1. Eau de production.....	36
III.4.1.1. PH.....	37
III.4.1.2. Conductivité électrique CE .....	38
III.4.1.3. La dureté totale.....	39
III.4.1.4. Calcium .....	39
III.4.1.5. Magnésium +.....	40
III.4.1.6. M-alcalinité .....	41
III.4.1.7. Chlorure.....	41
III.4.1.8. Fer.....	42
III.4.1.9. Sulfate.....	43
III.4.1.10. Le total des solides dissous (TDS) .....	43
III.4.1.11. Tarif spécial de solidarité (TSS).....	43
III.4.1.12. Turbidité .....	44
III.4.2. Qualité de l'eau des forages Exécution du Forage .....	44
III.4.2.1. Potentiel hydrogène (pH) .....	45
III.4.2.2. Conductivité électrique (CE).....	46
III.4.2.3. Nitrates (No3).....	47
III.4.2.4. Sulfates .....	48
III.4.2.5. Chlorure.....	48
III.4.2.6. Fer dissous.....	49
III.4.2.7. Salmonelles .....	50
III.4.3. Traitement et qualité des rejets liquides industriels .....	50
III.4.3.1. Cuivre (Cu).....	51
III.4.3.2. Nickel .....	51
III.4.3.3. Chrome (Cr) .....	52
III.4.3.4. Fer.....	53
Conclusion.....	53
CONCLUSION GENERALE .....	54
BIBLIOGRAPHIE .....	56

## Liste des illustrations

### 1. Les figures :

<b>Figure n° : Désignation de l'illustration .....</b>	<b>Page/source.</b>
<b>Figure I.1 :</b> Localisation de la zone d'étude (Bellara) .....	03
<b>Figure I.2 :</b> Limites géographiques du site d'étude de Bellara (Google, 2021) .....	04
<b>Figure I.3 :</b> Carte géologique de l'Algérie Nord-orientale simplifiée d'après Roubault.M (1934) et Vila.JM (1980). .....	07
<b>Figure I.4 :</b> Carte géologique de la Petite Kabylie de Jijel (extrait de la carte structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens (Vila.JM, 1980)) .....	08
<b>Figure I.5 :</b> Grands domaines hydrogéologiques du Kebir-Rhume (In Idom, 2014) .....	09
<b>Figure I.6 :</b> Précipitations moyennes mensuelles à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015).....	12
<b>Figure I.7 :</b> Températures moyennes mensuelle à la Station météorologique d'El Milia) (LTP Est Constantine, 2015).....	13
<b>Figure I.8 :</b> Diagramme Ombrothermique.....	13
<b>Figure I.9 :</b> Graphe représentant ETP – C à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015).....	16
<b>Figure.I.10 :</b> Ruissellement calculé à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015).....	17
<b>Figure I.11 :</b> Infiltration mensuelle calculée à la Station météorologique d'El Milia) (LTP Est Constantine, 2015).....	18
<b>Figure.II.1 :</b> Aire d'implantation à bellara (état initial), (Idom, 2014) .....	19
<b>Figure.II.2 :</b> Étapes technologiques et bilan matière (Idom, 2014)) .....	20
<b>Figure.II.3 :</b> Sections du four de la réduction directe et chimie de la réaction (Idom, 2014) .	21
<b>Figure.II.4 :</b> Les étapes de la production dans sms. (Idom 2014) .....	22
<b>Figure.II.5 :</b> Les étapes de la production dans laminoir. ....	22
<b>Figure.II.6 :</b> Schéma de présentation de WTP. ....	23
<b>Figure.II.7 :</b> Schéma représenté le fonctionnement de WTP... ..	24
<b>Figure.II.8 :</b> Consommations des eaux industrielles en 2019 (AQS, 2021).....	30
<b>Figure.II.9 :</b> Quantité des rejets liquides industriels traités (AQS, 2021) .....	32
<b>Figure.II.10 :</b> Bilan total de WTPG (AQS, 2021) .....	33
<b>Figure.III.1 :</b> Prise de l'échantillon.....	36

<b>Figure.III.2</b> : Variabilité temporelle du pH en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	38
<b>Figure.III.3</b> : Variabilité temporelle du Conductivité en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	38
<b>Figure.III.4</b> : Variabilité temporelle de la dureté en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	39
<b>Figure III.5.</b> Variabilité temporelle de calcium en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	40
<b>Figure III.6.</b> Variabilité temporelle de magnésium en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	40
<b>Figure III.7.</b> Variabilité temporelle de M-alcalinité en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	41
<b>Figure III.8.</b> Variabilité temporelle de chlorure en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	41
<b>Figure III.9.</b> Variabilité temporelle de fer en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	42
<b>Fig. III.10.</b> Variabilité temporelle de sulfate en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	43
<b>Figure III.11.</b> Variabilité temporelle de Ph en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	46
<b>Figure III.12.</b> Variabilité temporelle de conductivité en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	47
<b>Figure III.13.</b> Variabilité temporelle de nitrate en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	47
<b>Figure III.14.</b> Variabilité temporelle de sulfatas en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	48
<b>Figure III.15.</b> Variabilité temporelle de chlorure en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	49
<b>Figure III.16.</b> Variabilité temporelle de fer dissous en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021 .....	49
<b>Figure III.17.</b> Résultats de cuivre de trois trimestres pour les rejets liquide industriel .....	51
<b>Figure III.18.</b> Résultats de Nickel de trois trimestres pour les rejets liquide industriel.....	51
<b>Figure III.19.</b> Résultats de Chrome de trois trimestres pour les rejets liquide industriel .....	52
<b>Figure III.20.</b> Résultats de Fer de trois trimestres pour les rejets liquides industriels .....	35

## 2. Les tableaux

<b>Tableau n° : Désignation de l'illustration .....</b>	<b>Page/Source.</b>
<b>Tableau 01</b> : Quantité moyennes mensuelles des précipitations à la Station météorologique d'El Milia (LTP Constantine, 2015).. .....	11
<b>Tableau 02</b> : Températures moyennes mensuelles à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015). .....	12
<b>Tableau 03</b> Bilan hydrique selon Thornthwaite à la station d'El Milia (1984-2010).....	14
<b>Tableau II.1</b> : Les résultats d'analyse de l'eau d'appoint et l'analyse attendue de la recirculation de l'eau dans les différents circuits (DANIELI, 2016).....	25
<b>Tableau II.2</b> : Valeurs limite d'émission pour les rejets liquides industriels.....	29
<b>Tableau II.3</b> : Eau industrielle consommée en 2019 (AQS, 2021).....	30
<b>Tableau II.4</b> : Eau industrielle consommée en 2019 (AQS, 2021).....	31
<b>Tableau II.5</b> : Bilan total de wtpG en 2020 (AQS, 2021).....	33
<b>Tableau III.1</b> : Analyse de l'eau industrielle MK Water et Soft Water (ONNED, 2021) .....	37
<b>Tableau III.2</b> . Paramètres physiques et chimiques de l'eau de forage (ONNED).....	45
<b>Tableau III.3</b> . Résultats d'analyse des trois trimestres 2020 pour les rejets liquides industriels .....	50

## **Sigles et Abréviations**

**ASU** : Unités de Séparation de l'Air

**DRI** : Direct Iron Reduction

**O.M.S.** : L'Organisation Mondiale de la Santé

**O.N.E.D.D** : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable

**RHF** : Restauration Hors Foyer

**RM** : Rolling Mills

**SMS** : Steel unit with electronic Steelworks

**SOFT WATER** : eau douce

**TDS** : le Total des Solides Dissous

**TSS** : Tarif Spécial de Solidarité

## **Introduction générale**

Les ressources mondiales en eaux sont inégalement réparties et sont sous l'influence directe des conditions géographique et climatologique qui règnent sur la planète. Cet état de fait est source d'un certain nombre de conflits et de pénurie d'eau qui se perpétuent davantage que les déficits en eau se fassent sentir dans certaines régions du globe.

Ceci dit, les spécialistes du domaine ont déjà signalé qu'il est temps de procéder à une gestion intégrée des ressources en eau. Beaucoup de pays développé en Europe et aux U.S.A ont entamé ce programme quoique leurs besoins en eau ne sont pas encore menacés.

C'est dans cette optique d'intégration des différents domaines d'utilisation de cette précieuse ressource naturelle comme l'agriculture, l'industrie, la consommation domestique que les spécialistes se sont penchés pour hiérarchiser et classer les domaines prioritaires quant à l'utilisation de l'eau saine naturelle et affecter les eaux traitées et les eaux de recyclage pour d'autres usages comme l'agriculture, l'industrie et l'hygiène environnementale.

Dans notre projet, la problématique se focalise sur la qualité de l'eau industrielle utilisée dans l'industrie de l'acier au sein du complexe de Bellara par Algerian QATARI STEEL (AQS). Cela ne correspond pas forcément aux critères de potabilité que nous utilisons habituellement dans un contexte d'alimentation en eau Potable. En effet, le contexte industriel répond à des besoins en termes de quantités et volumes, et à des critères de qualité en fonction du secteur et de la filière industriels.

Sachant bien que l'industrie en question est une grande consommatrice d'eau et pourrait être aussi une grande source de pollution liée aux rejets des micropolluants dans l'eau de surface et souterraine sous tous ces formes (solide, boue liquide ou gaz).

les chartes internationales exigent des industriels de se conformer aux lois qui regissent la préservation écologique par le traitement des eaux usées et de tous les rejets avant qu'ils ne soient déversés dans le milieu naturel.

L'AQS optimise les méthodes de technologie innovante dans les domaines de recyclage des eaux usées en général pour les réinjecter dans les différents circuits de son usine. Cette technologie est pratiquement mise à exécution dans le complexe sidérurgique de Bellara où les rejets sont carrément éliminés par l'économie circulaire des différentes phases de traitement au sein des différents modules de production.

Notre étude portera sur le traitement et la qualité des eaux de production provenant des eaux brutes du barrage de Boussiaba à El Milia, des eaux de forage d'eau qui capte la nappe alluviale d'oued el Kebir au sein du site industriel et nous interpréterons la qualité des eaux usées traitées et réinjectés dans le circuit de l'usine. Il faut noter que l'usine est équipée d'une station d'épuration des eaux industrielles.

Ce manuscrit se subdivise enttrois grandes parties :

- Partie 1 : présentation du site industriel de Bellara.

Consacrée à la présentation du cadre physique de la zone d'étude, le contexte géologique, hydrogéologique et climatologique.

- Partie 2 : eau dans le contexte industriel.

Consacrée à la présentation des caractéristiques du complexe industriel (capacité, production, superficie, ...etc.) et la Qualité et normes appliquées aux eaux industrielles et leur traitement.

- Partie 3 : suivi de la qualité des eaux industrielles :

Interprétation et discussions des résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques.



**PARTIE I**

**PRÉSENTATION DU SITE**

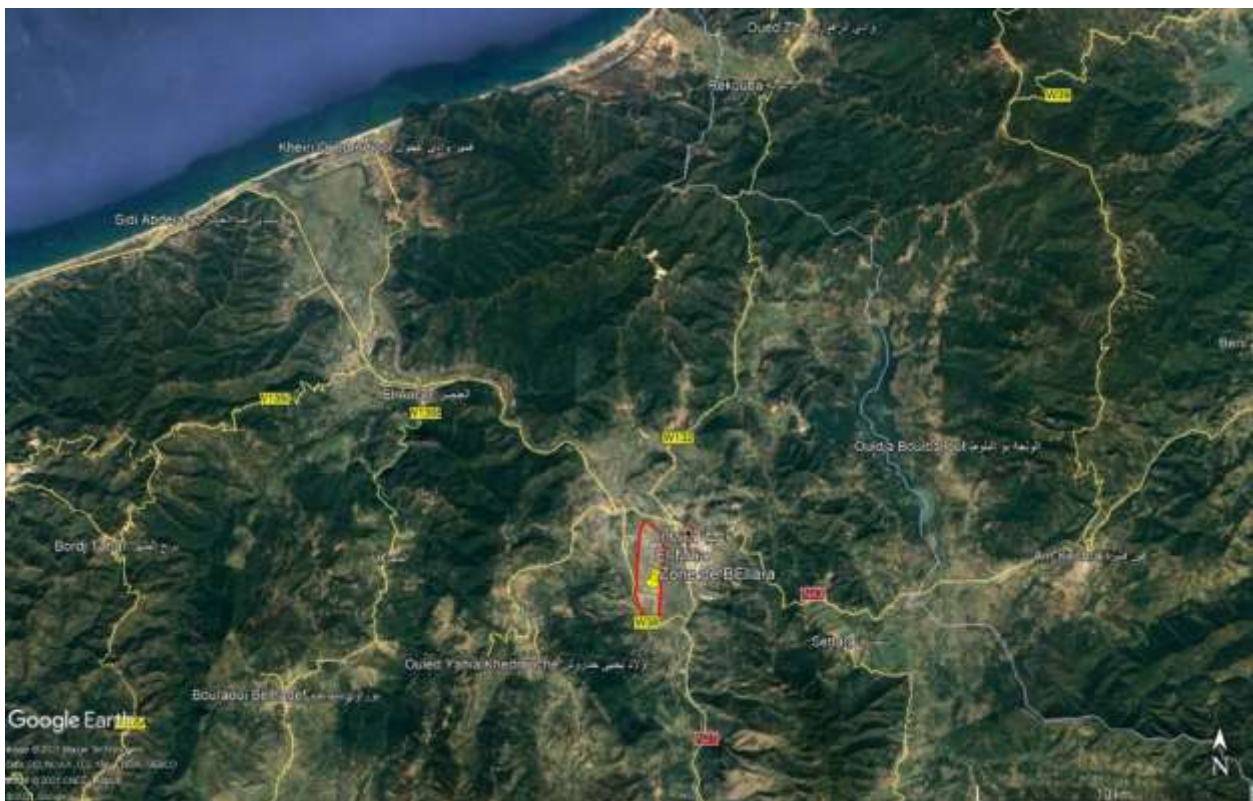
**INDUSTRIEL DE BELLARA.**

## I.1. Localisation

La région d'El Milia fait partie de la petite Kabylie, elle est située au Nord Est de l'Algérie plus précisément dans le nord constantinois.

Le complexe sidérurgique de Bellara est situé à El Milia, au Nord Est de de Jijel. De par sa superficie de 232.07 km<sup>2</sup>, El Milia occupe une position privilégiée à mi-distance entre les villes de Jijel, Mila, Constantine et Skikda et elle est à une vingtaine de kilomètres de la mer Méditerranée.

Le projet se localise sur le Site de Bellara à El Milia qui s'étend sur une superficie totale de 530 ha. Le site a été destiné et aménagé, pour recevoir un complexe sidérurgique. Les aménagements réalisés sur le site dans le passé en faveur du projet sidérurgique ont porté sur la préparation des terrassements généraux, la construction d'une digue de 4800m sur le côté Ouest pour protéger le site contre les inondations dues aux débordements de l'Oued El- Kebir et les ruissèlements des pluies ; le réseau de drainage des eaux pluviales ; deux forages pour l'alimentation d'eau potable ; les raccordements aux réseaux d'assainissement.



*Fig.I.1. Localisation de la zone d'étude (bellara)*

Le projet d'implantation à deux zones :

- Site de Bellara une parcelle de 216 hectares, pour abriter le Complexe Sidérurgique.
- Au Port de Djendjen (Taher), une parcelle de 10 ha.

Les deux zones, à une distance de 40 km l'une de l'autre, sont reliées par la voie ferrée sur laquelle le minerai sera transporté et par le couloir de transport routier formé par la route nationale 43.



*Fig.I.2. Limites géographiques du site d'étude de Bellara (Google, 2021)*

## **I.2. Géologie du Nord et de la Kabylie de Collo et d'el-Milia**

En Algérie du Nord, le domaine interne est représenté par les massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbre, schiste...) et leur couverture sédimentaire d'âge allant du Paléozoïque au Tertiaire, appelée Dorsale Kabyle ou Chaîne calcaire (Delga, 1969).

### **I.2.1. Socle Kabyle**

Il affleure principalement en Petite et en Grand Kabylie et dans les massifs côtiers du Chenoua et d'Alger. Il est recouvert en discordance par des dépôts détritiques d'âge oligocène supérieur et miocène inférieur appelés Oligo-Miocène Kabyle (OMK).

### **I.2.2. Dorsale Kabyle (chaîne calcaire)**

La Dorsale kabyle constitue la couverture méridionale du Socle Kabyle. Elle marque la limite entre ce dernier au Nord et les zones telliennes au Sud. Elle est constituée par des formations sédimentaires allant du Permo-Trias jusqu'à l'Oligocène (Vila, 1980).

### **I.2. 3. Domaine des Flysch**

Les flysch occupent une position allochtone et reposent en différents modes sur les zones internes (Vila, 1980). Deux grands types de flysch gréseux, respectivement, le flysch Maurétanien, et le flysch Massylien d'âge crétacé inférieur à paléogène. (Gélard. Raoult, 1969). Là ces deux types de flyschs'ajoutent le flysch Numidien. Ce type de flysch est représenté par une série d'âge allant de l'Oligocène supérieur au Burdigalien.

### **I.2.4. Domaine externe**

Le domaine externe est constitué par un ensemble des nappes allochtones pelliculaires à matériel essentiellement marno-calcaire chevauchant le Sud de l'avant pays africain (Vila, 1980 ; Coiffait, 1992). En Algérie orientale, il est représenté par :

Les séries telliennes, les séries de l'avant pays allochtones et les séries de l'avant pays atlasique autochtones.

### **I.2.5. Les séries stratigraphiques postérieures à la phase éocène**

#### **I.2.5.1. Le « Nummulitique II »**

Ce sont des formations grés-micacées, d'âge priabonien à oligocène supérieur qui constituent la couverture des séries de la chaîne calcaire et des flysch maurétaniens (Bouillin, 1977).

#### **I.2.5.2. L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K) et les Olistostromes**

L'Oligo-Miocène Kabyle (OMK) forme la couverture sédimentaire transgressive du Socle Kabyle. Il est constitué de trois termes lithologiques : des conglomérats à la base. Au-dessus, s'installent des pelites micacées, des grés micacés et des conglomérats fins. Au sommet, des niveaux de silexites à radiolaires d'Aquitaniens ( Delga, 1969 ; Bouillinet Raoult, 1971 ; Bouillin et al, 1973).

A l'Oligo-Miocène kabyle succèdent des Olistostromes, qui sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch, intercalées avec des passées grés-micacées d'âge aquitanien à burdigalien inférieur (Bouillin, 1977).

### **I.2.6. Les formations post-nappes**

Les formations post nappes sont développées sur tout le domaine du socle kabyle. Elles comportent deux cycles sédimentaires, l'un marneux, l'autre gréseux au sommet. L'âge de ces formations va du Miocène supérieur au Miocène terminal.

Le Mio-Pliocène continental affleure sur de vastes espaces dans le secteur des Hautes Plaines sétifiennes ou constantinoises en remplissage de bassin (Bouillin, 1977).

### **I.2.7. Magmatisme**

La marge nord-africaine est marquée par une activité magmatique qui se manifeste essentiellement au Miocène moyen, sous forme de roches plutoniques et volcaniques à affinité calco-alcaline et passe au Miocène terminal et au Plio-Quaternaire à des produits volcaniques à affinité alcaline. En Algérie centrale et orientale, elle comporte principalement des granitoïdes (~16 Ma) associés à des andésites et dacites à affinité calcoalcaline. (Abbassene, 2016).

### **I.3. Géologie de la petite Kabylie**

L'aire géographique dénommée "Kabylie de Collo" occupe la partie centrale du massif cristallin de la Petite Kabylie, qui s'étend sur environ 150 Km le long du littoral entre Jijel à l'Ouest et Skikda à l'Est, sur une largeur d'environ 50 Km.

La géologie de la Kabylie de Collo est marquée par une prédominance des formations cristalphylliennes du socle kabyle, représentées dans la partie nord par des para-gneiss granulitiques, auxquels sont associées des roches basiques et ultrabasiques et dans la partie sud par des schistes, micaschistes et gneiss, roches basiques et ultrabasiques et dans la partie sud par des schistes, micaschistes et gneiss, ainsi qu'un important magmatisme Miocène qui a engendré d'importantes masses de granite (Béni-Toufout et Cap-Bougaroun), de granodiorites, de microgranites (Collo et El-Milia) et des injections de laves acides (Collo).

En rive droite, au niveau d'El Milia nous trouvons les granites tertiaires, alors qu'en rive gauche nous trouvons des affleurements triasiques et des éboulis gréseux du flysch numidien. Au sud, il s'agit des massifs calcaires jurassiques ou calcaires marneux du crétacé inférieur compliqués par les pointements triasiques. Sur les bordures de l'Oued El kebir, nous rencontrons un important remplissage alluvionnaire (Delga, 1969)

Les formations géologiques de la zone étudiée sont de trois types :

#### **I.3.1. Terrains Sédimentaires**

**I.3.1.1. Quaternaire**, Formé de plusieurs variétés de formations alluvionnaires et éboulis de grés numidien et brèches consolidées.

**I.3.1.2. Tertiaire**, composé de :

- Miocène : constitué de marnes grises à argiles, il affleure à l'Est de la plaine.
- miocène inférieur : formé de grés numidiens qui s'intercalent en minces couches d'argiles sableuses et forment de petites corniches.

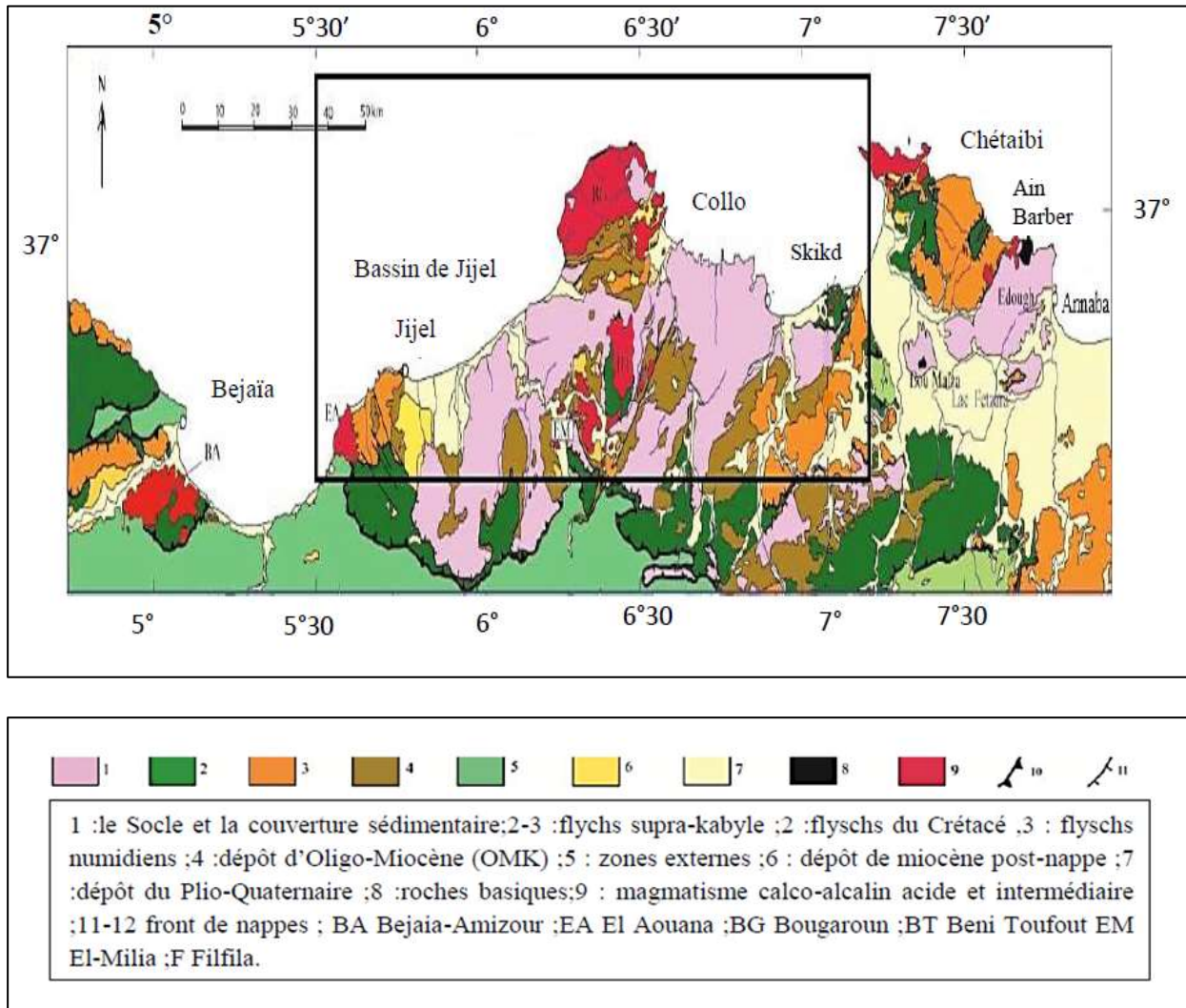
**I.3.1.3. Secondaire**, composé de :

- Aptien : calcaires marneux.
- Barrémien : marnes schisteuses.

- Néocomien : marno-calcaire.

**I.3.2. Terrains éruptifs** composés de Granites : roches éruptives tertiaires traversant la couverture sédimentaire.

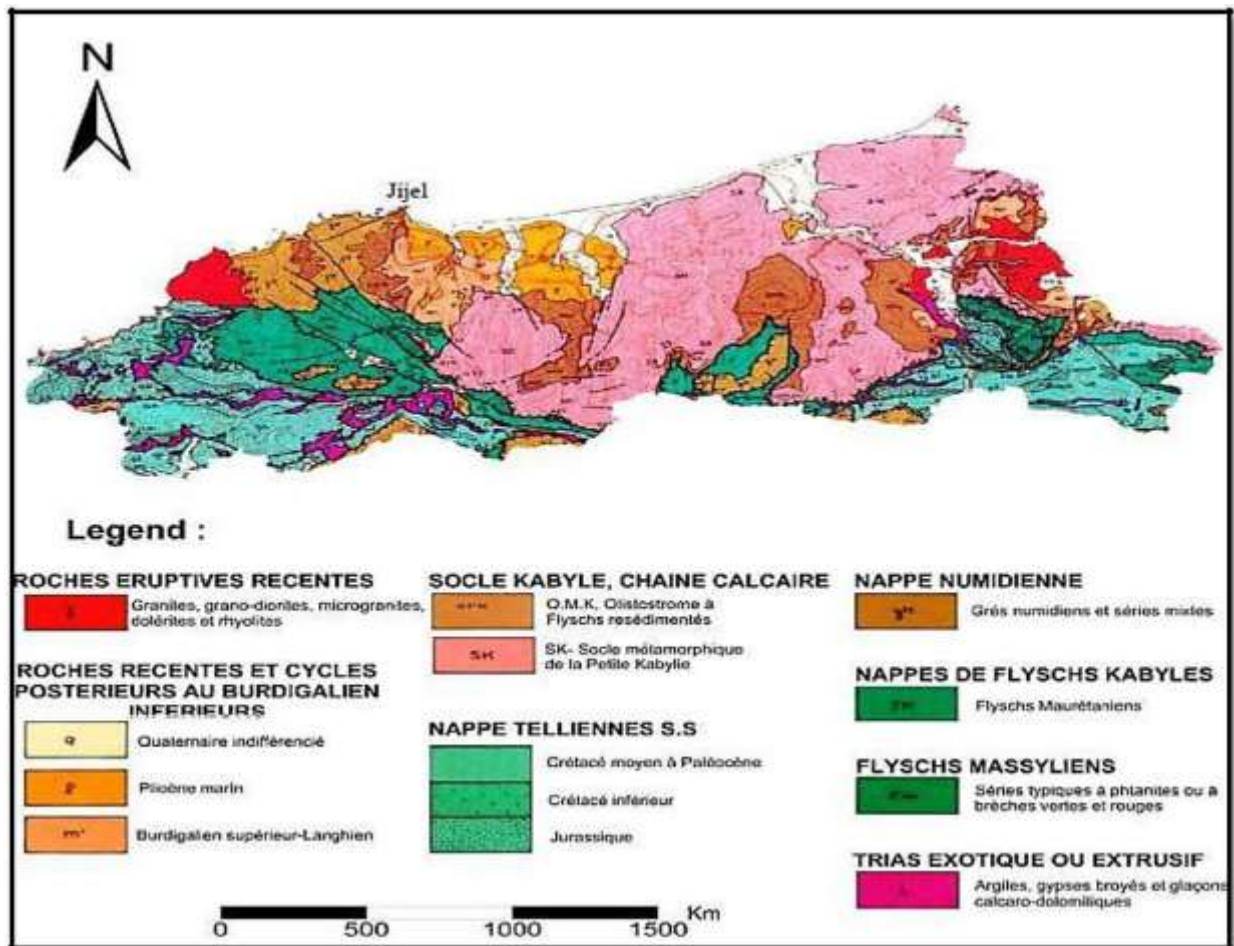
**I.3.3. Terrains métamorphiques** : schistes et phyllades.



*Fig.I.3. Carte géologique de l'Algérie Nord-orientale simplifiée d'après Roubault.M(1934) et Vila.JM (1980).*

#### I.4. Cadre géologique local

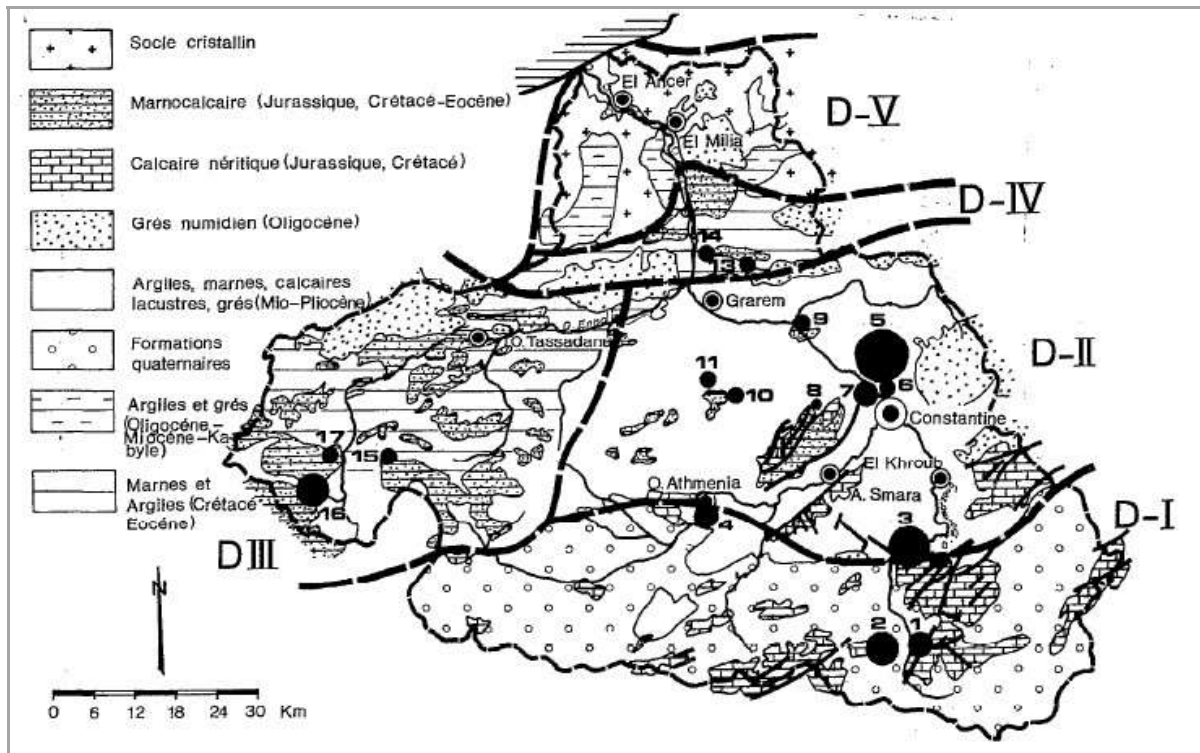
Les ensembles stratigraphiques de la région d'El Milia sont représentés par des formations allant du protérozoïque jusqu'à l'actuel. Les terrains les plus anciens sont de type métamorphique datant du protérozoïque supérieur, constituant l'ensemble kabyle qui occupe le Nord - Est du territoire d'étude. Les terrains ordoviciens, siluriens et permien ont une extension limitée. Les terrains les plus répandus sont d'âge mésozoïque (trias, jurassique, crétacé), cénozoïque (paléogène, Néogène) et Quaternaire.



*Fig.I.4. Carte géologique de la Petite Kabylie de Jijel (extrait de la carte structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens (Vila.JM, 1980))*

### I.5. Cadre géologique et hydrogéologique régionaux

Hydrologiquement parlant, l'emplacement du site industriel de Bellara et son domaine d'influence appartient au bassin versant de Kébir-Rhumel. Les différents paramètres morphométriques du bassin versant Rhumel – Kebir interviennent d'une façon combinée dans les modalités de l'écoulement. Le bassin versant se compose de sept sous bassins avec une superficie totale planimétrique égale 8815 km<sup>2</sup>. son **altitude moyenne** est de l'ordre de 785 m. Le sous bassin le plus compact correspond à celui d'Oued Bumerzoug à l'amont d'ElKhroub, alors que le plus allongé correspond à celui d'Oued Boussiaba. (Idom, 2014)



*Fig.I.5. Grands domaines hydrogéologiques du Kebir-Rhumel (Mr, Mebarki, 1979)*

(D-V) Domaine du socle granitique et cristallophyllien de la petite kabylie d'el Milia Au sud d'El Milia, la vallée du Kébir-Rhumel s'encaisse dans les formations du socle. Cette vallée, large de 1 à 2 km, renferme des graviers et sables alluviaux abondants. La nappe alluviale, en partie exploitée, constitue à l'opposé des formations du socle, la ressource hydrique la plus importante de la région à partir de laquelle est pompée une partie de l'eau destinée à l'AEP de la ville d'El Milia.

### **I.6. Hydrogéologie du site**

Le terrain du complexe sidérurgique de Bellara fait partie du domaine effondré du socle de la Petite Kabylie. Le projet est localisé sur la plaine alluviale de la rive gauche de l'Oued Kebir. Cette plaine était régulièrement submergée par les crues exceptionnelles de fréquence décennale de l'Oued Kebir ou par les ruissellements des Oueds et chaabats drainant les montagnes avoisinantes. L'altitude moyenne du terrain naturel sur le site avant toute intervention variait de 25 à 35 m NGA Pour obtenir la superficie adéquate, il a fallu rectifier le cours de l'Oued Kebir en coupant un méandre, remblayer l'ancien lit et surélever toute la plateforme pour se protéger par remblais contre les crues de fréquence vingtenale.



### **I.7. L'alimentation de la nappe**

La plaine d'el Milia se trouve dans une région à climat pluvieux et subhumide dont la moyenne des précipitations avoisine 900 mm/an et montrant ainsi les précipitations comme source importante pour l'alimentation de la nappe. Cette plaine est bordée par des massifs cristallophylliens avec des pentes considérables favorisent un ruissellement qui participe à son alimentation. L'alimentation de ces alluvions se fait directement par infiltration de la lame d'eau précipitée sur l'ensemble de la plaine. Le site présente donc un important système d'aquifère superficiel d'une épaisseur moyenne de 50m.

Plusieurs forages d'exploitation ont été réalisés dans la plaine ayant pour but l'exploitation de la nappe alluviale en vue de satisfaire les besoins en eau potable d'el Milia, répartis le long d'Oued El Kebir, surtout au sud et au nord de la plaine.

Ces forages ont des profondeurs moyennes à faibles variant entre 32m et 55m. De fait, le site de Bellara est déjà doté de deux forages de 25 l/s chacun, principale ressource envisagée pour l'obtention d'eau potable du Complexe.

Plusieurs puits exploitant la nappe alluviale où la majorité est localisé au Sud et au Nord de la plaine avec une présence de deux puits au niveau de la zone d'étude (Bellara) la partie centrale de la plaine.

Par ailleurs, plusieurs sources existent à proximité de la plaine alluviale ou émergente au pied des massifs cristallophylliens. Elles sont irrégulières ; la majorité ne dépasse guère un débit de 0,6 l/s malgré cela elles assurent l'alimentation en eau potable des habitants des villages alentours. (Idom, 2014)

## I.8. Etude de climat et bilan hydrique

### I.8.1. Climat :

Les conditions climatiques jouent un rôle primordial dans la compréhension du comportement hydrologique des cours d'eau ainsi que les facteurs climatiques, à savoir, les Précipitations, la Température, l'évaporation, l'infiltration et le ruissellement.

Ces facteurs permettent d'expliquer les variations des composantes du régime hydrologique et de déterminer le type de climat qui caractérise la région d'étude.

Le climat de la région d'El Milia est de type Méditerranéen tempéré, caractérisé par un été chaud et doux avec une température moyenne oscillant entre 5° et 10° et très humide. La région présente un degré hygrométrique élevé en été comme en hiver, des écarts de température modérés et des pluies irrégulières s'étendant principalement pendant la période hivernale (Octobre - avril).

Les précipitations moyennes enregistrées dans la région de Jijel varient de 850 mm à 1200 mm/an au niveau du littoral. On observe en moyenne 100 à 120 jours de pluie par an.

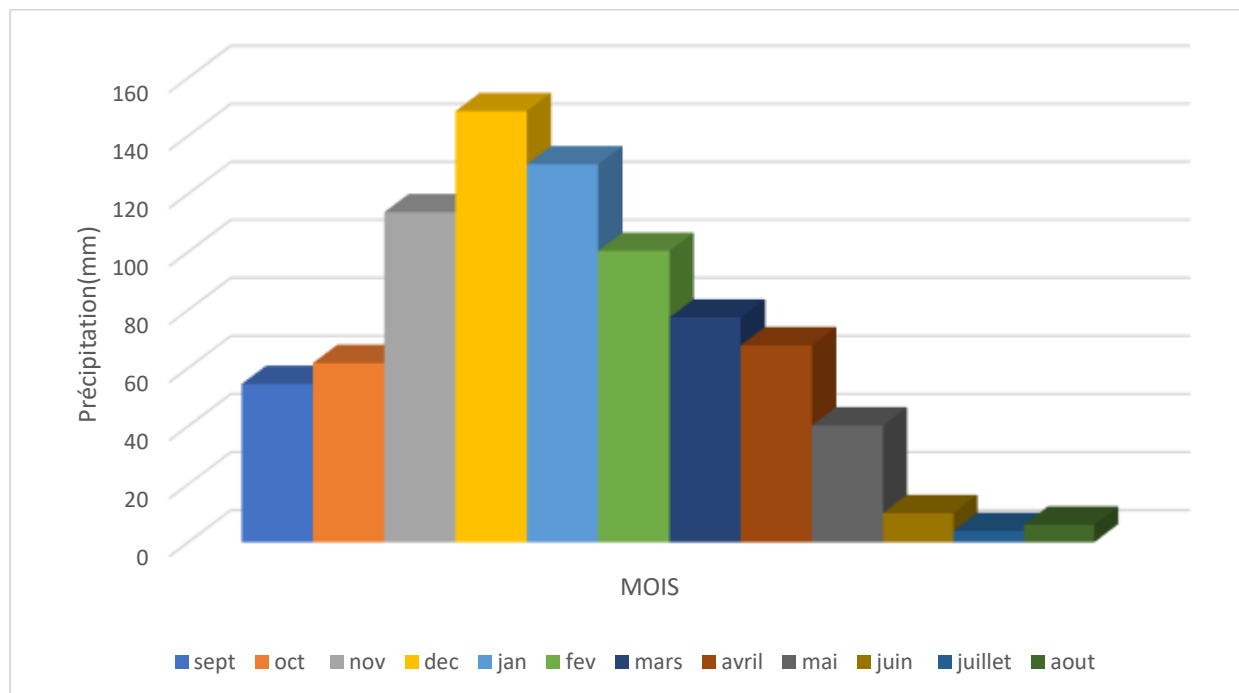
### I.8.2. Facteurs climatiques

#### I.8.2.1. Précipitations :

La précipitation est un facteur primordial pour l'établissement du bilan hydrique, elle joue un rôle essentiel dans la recharge des nappes aquifères et aussi dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Les quantités de pluies enregistrées à la station d'El Milia, sur une période de 26 ans (1984 - 2010), sont consignées dans le tableau 1.

**Tab 1 :** *Quantité moyennes mensuelles des précipitations à la Station météorologique d'El Milia (LTPest Constantine, 2015).*

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Total mensue lles
Précipitation	54.47	61.68	113.69	148.51	130.18	100.34	77.38	67.81	40.22	10.04	3.93	6.04	814,29



**Fig.I.6.** Précipitations moyennes mensuelles à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015)

En examinant les valeurs des précipitations mensuelles reportées sur le diagramme de la figure I.6, on constate que le mois de Janvier est le mois le plus pluvieux de l'année avec 140 mm de précipitations ; La saison humide s'étale de septembre à mars. La saison sèche quant à elle s'étale de la fin d'avril à septembre et le mois le plus sec est le mois de Juillet avec uniquement 6 mm.

#### I.8.2.2. Températures :

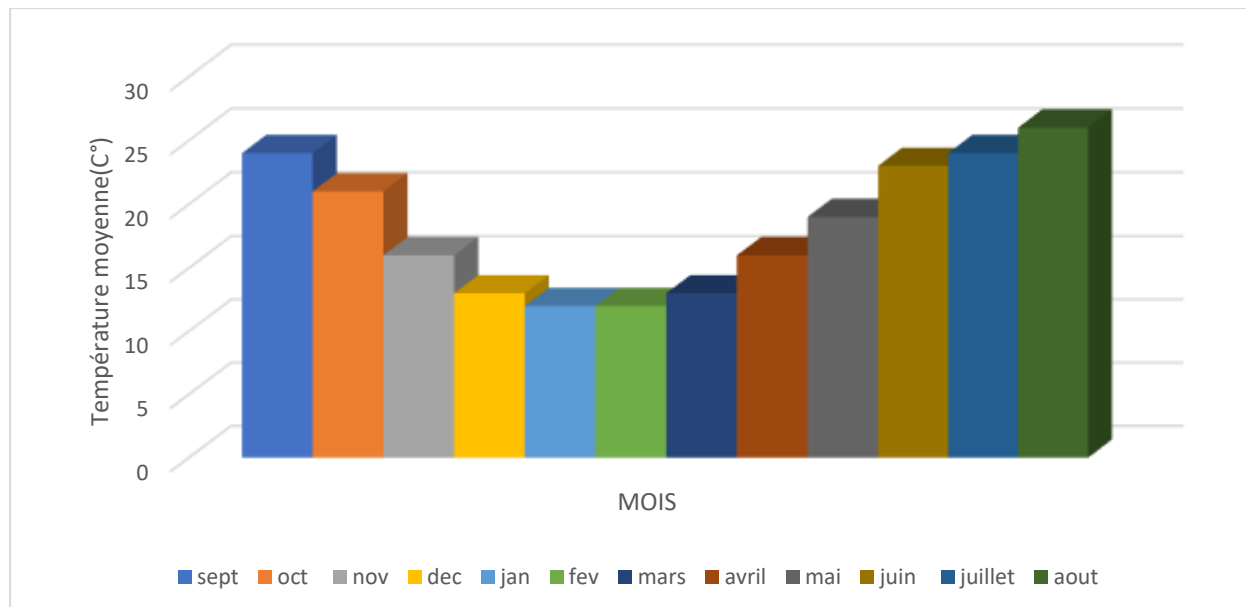
La température est un facteur important régissant le phénomène d'évapotranspiration et le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Le tableau 2 représente les températures moyennes mensuelles (station El Milia), durant la période (1984 - 2010).

**Tab2 :** Températures moyennes mensuelles à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015).

Moi	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Moyenne mensuelles
Température	24	21	16	13	12	12	13	16	19	23	24	26	18.24

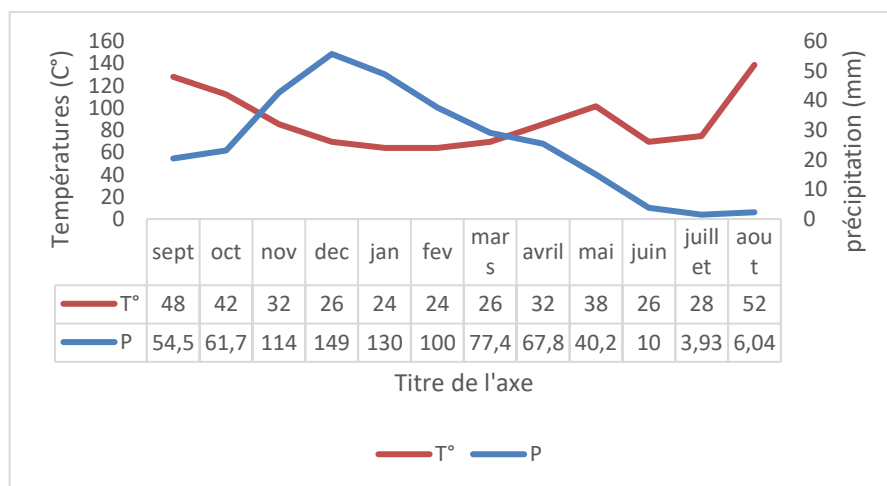
D'après le tableau 2, on peut distinguer deux saisons distinctes. Une saison froide où la température décroît à partir du mois de Septembre pour atteindre sa valeur minimale au mois de

Janvier à 12°C. Une saison relativement chaude où la température croit progressivement du mois de Février pour atteindre sa valeur maximale au mois d'Aout à 26°C.



**Fig.I.7.** Températures moyennes mensuelle à la Station météorologique d'El Milia) (LTP Est Constantine, 2015).

### I.8.2.3. Diagramme Ombrothermique



**Fig.I.8.** Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique résulte de la combinaison des températures et des précipitations mensuelles moyennes ou  $P=2T$  : Courbe de Gaussien et de Bagnouls. D'après ce diagramme, nous distinguons deux saisons :

- \*Une saison sèche : qui s'étend de la fin Avril jusqu'à Septembre
- \*Une saison humide : qui s'étale de Septembre jusqu'à Mars.

Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire. Par contre, si la courbe des températures reste au-dessus de celle des précipitations, la période correspondante est déficitaire.

### I.8.3. Bilan hydrique

L'établissement d'un bilan hydrologique est d'une grande nécessité pour évaluer les réserves d'eau transmises ou emmagasinées. Le bilan peut être établi selon la formule suivante :

$$P = E.T.R + R + I$$

**P** : Précipitation moyenne annuelle (mm)

**E.T.R** : Evapotranspiration réelle exprimée (mm)

**R** : Ruissellement exprimé (mm)

**I** : Infiltration exprimée (mm)

**Tab3.** Bilan hydrique selon Thornthwaite à la station d'El Milia (1984-2010)

Mois	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	année
<b>P</b>	54,47	61,68	113,69	148,51	130,18	100,34	77,38	67,81	40,22	10,04	3,93	6,04	814,29
<b>ETP</b>	111,6	81,55	43,12	28,39	25,25	24,67	34,81	55,15	84,11	121,91	134,35	146,32	891,23
<b>ETP - P</b>	57,13	19,87	70,57	120,12	104,93	75,67	42,57	12,66	43,89	11,87	130,42	140,28	/
<b>ETR</b>	54,47	61,68	43,12	28,39	25,25	24,67	34,81	55,15	84,11	66,15	3,93	6,04	487,77
<b>RFU</b>	0,000	0,000	70,570	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	56,110	0,000	0,000	0,000	/
<b>EXD</b>	0,000	0,000	0,000	90,690	104,930	75,670	42,570	12,660	0,000	0,000	0,000	0,000	326,520
<b>DA</b>	57,130	19,870	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,670	130,420	140,280	403,460

Où : **P** : précipitation mensuelle (mm) ;

**ETR** : Evapotranspiration réelle (mm) ;

**ETP** : Évapotranspiration potentielle (mm) ;

**RFU** : Réserve facilement utilisable (mm) ;

**EXD** : Excédent ;

**DA** : déficit agricole (mm).

L'année hydrologique dans la zone d'étude est caractérisée par l'existence de deux saisons bien différenciées : une saison humide qui débute en septembre et se prolonge jusqu'en mai avec une moyenne des précipitations de l'ordre de 88.25 mm et une évapotranspiration de 45.73mm, et une autre saison sèche qui s'étend de juin à août et coïncide avec la période des basses eaux avec une moyenne des précipitations de l'ordre de 6.67 mm, et une évapotranspiration maximale

de 94.19mm. Devant ce bilan hydrique, on constate que le déficit agricole dépasse l'excédent en eaux.

### I.8.3.1. Evapotranspiration :

Dans l'étude hydrogéologique, les deux éléments principaux du bilan évaporation transpiration sont représentés en un seul : l'évapotranspiration. A cet effet, nous distinguons :

- L'évapotranspiration potentielle (ETP)
- L'évapotranspiration réelle (ETR)

### I.8.3.2. Evapotranspiration potentielle (ETP)

Elle est estimée selon la formule de Thornthwaitè  $E.T.P = 16 (10 T / I)^a . K$

**ETP** : Evapotranspiration potentielle en mm

**T** : Température moyenne mensuelle en C°

**i** : Indicethermiquemensuel  $i = (T / 5)$

**I** : Indice thermique annuel  $I = \sum i^2$

**K** : Coefficient d'ajustement

Les calculs selon cette formule ont donné un ETP de 891.43 (mm/an)

### I.8.3.3. Evapotranspiration réelle (ETR)

On appelle évapotranspiration réelle effective actuelle ou encore déficit d'écoulement (ETR), la somme de l'évaporation et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie. Parmi les méthodes proposées pour calculer l'ETR, citons celle de Turc :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}}$$

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

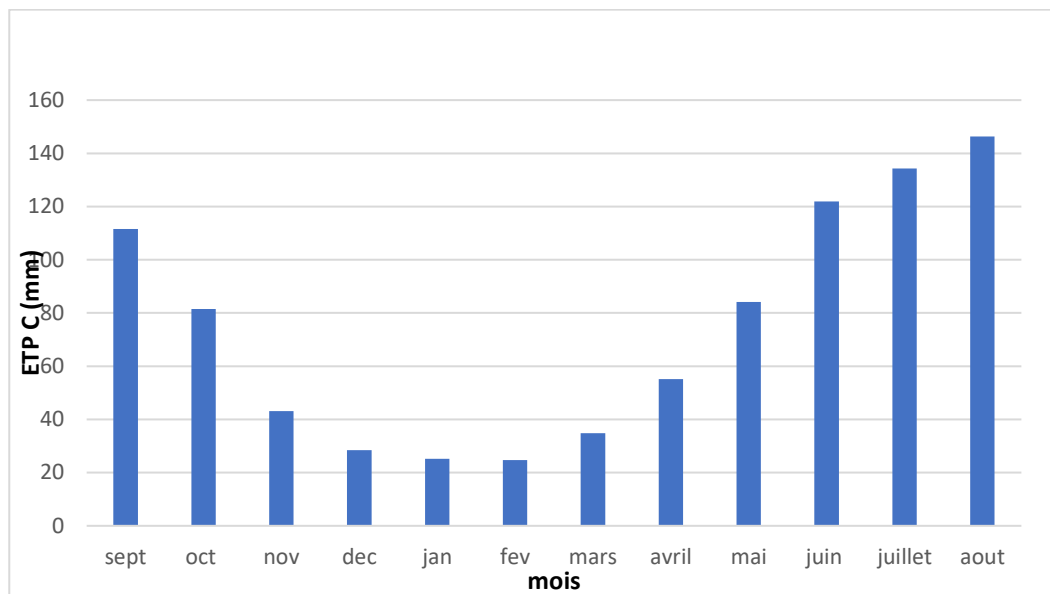
**E.T.R** : Evapotranspiration réelle exprimée (mm)

**P** : Précipitation moyenne annuelle exprimée (mm)

**T** : Température (C°)

**L** : Pouvoir évaporant (limite vers laquelle tend l'ETR lorsque P devient grand)

Les calculs ont donné une ETR de 487.77 mm/an.



**Fig.I.9.** Graphe représentant ETP à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015).

#### I.8.3.4. Ruissellement superficiel (R)

L'évaluation du ruissellement est dans le but d'apprécier l'importance de l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface (Lecbere 1992). Le coefficient de ruissellement (R) est évalué à partir de la formule TixerontBerkaloff :

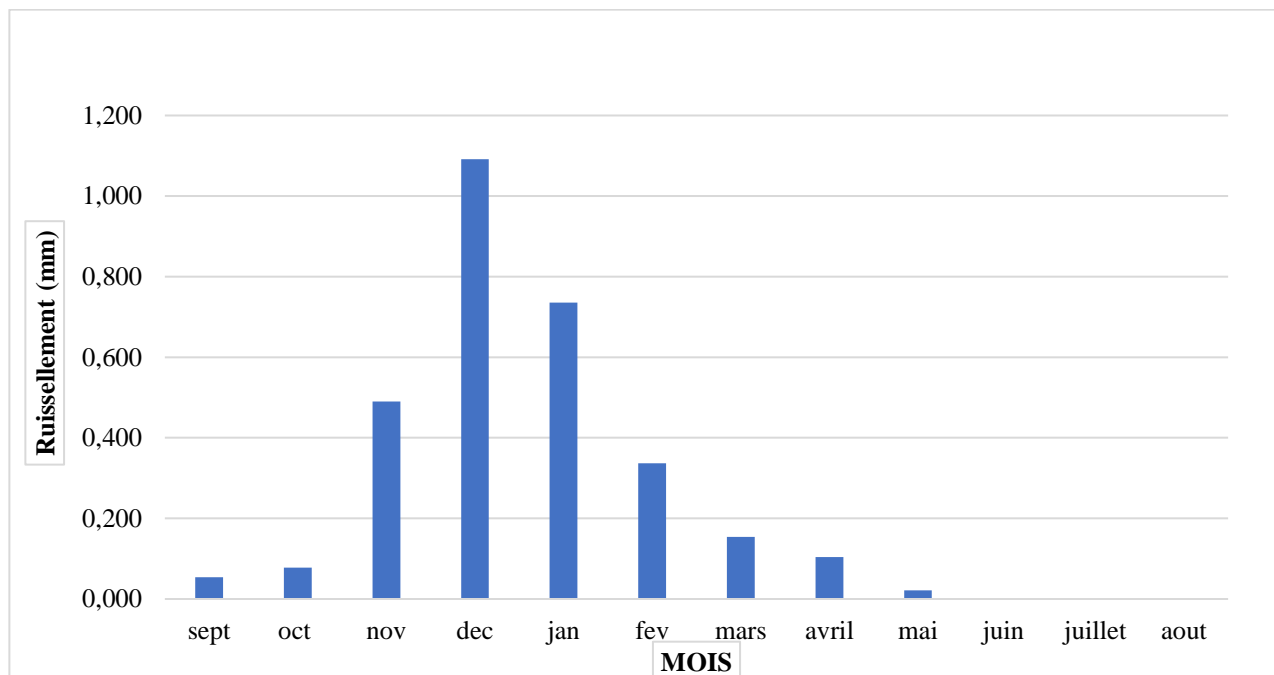
$$R = P^3/3$$

**P** : Précipitation moyenne annuelle (mm)

**R** : Ruissellement (mm)

Les calculs ont donné un R de 226.59 mm, ce qui représente 27.80 % de la totalité de la lame d'eau précipitée.

Les ruissellements mensuels les plus élevés sont observés pendant la période hivernale, allant du mois de novembre jusqu'au mois mars, avec des ruissellement de l'ordre de 0,154 à 0,735 mm , tandis que les taux de ruissellements les plus bas ( 0 à 0,104 mm) sont Observés pendant la période allant du mois de avril jusqu'au mois octobre ,avec un minimum enregistré pendant le mois de juin , juillet et aout de l'ordre de 0 mm .



**Fig.I.10.** Ruissellement calculé à la Station météorologique d'El Milia (LTP Est Constantine, 2015).

#### I.10.3.5. Infiltration (I)

L'infiltration est le passage de l'eau à travers la surface du sol dite : pénétration dans le sol ; elle est Calcul par la formule suivante :

$$I = P - (ETR+R)$$

**E.T.R** : Evapotranspiration réelle annuelle (mm)

**P** : Précipitation moyenne annuelle (mm)

**R** : Ruissellement (mm)

**I** : Infiltration (mm)

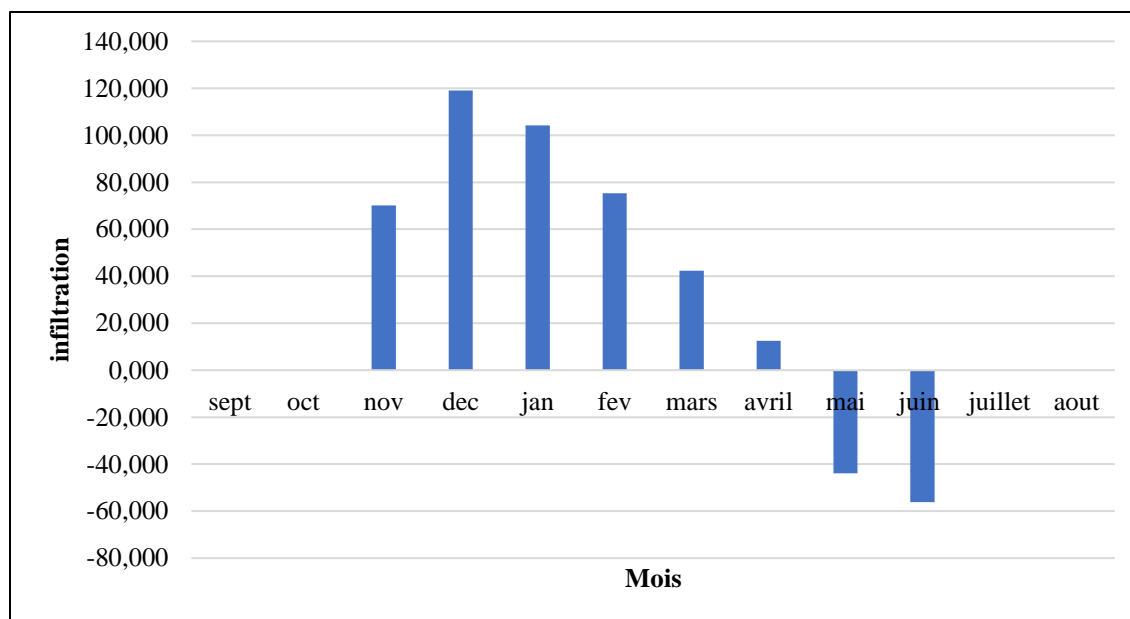
Les calculs ont donné une I de l'ordre de 200 mm, ce qui représente uniquement 16 % de la totalité de la lame d'eau précipitée.

Les taux d'infiltration mensuelle les plus élevés sont observés naturellement pendant la période hivernale, allant du mois de novembre jusqu'au mois avril, de l'ordre de 12,556 à 119,028 mm, tandis que les taux les plus bas sont observées pendant la période allant du mois de mai jusqu'au mois octobre, avec un minimum enregistré pendant le mois de juin de l'ordre de - 56,110 mm.

Si  $I > 0$  : les entrées sont supérieures aux sorties.

Si  $I < 0$  : les entrées sont inférieures aux sorties.





**Fig.I.11.** Infiltration mensuelle calculée à la Station météorologique d'El Milia) (LTP Est Constantine, 2015).

L'examen des différentes valeurs de la composante hydrologique relatives aux taux de précipitations annuelles dans la région d'El Milia montre :

- les précipitations annuelles atteignent 814.23mm.
- l'excédent des précipitations s'amorcedurant la saison des hautes eaux, soit au mois de Décembre et dure jusqu' à début Avril.
- Le déficit agricole s'amorcependant la saison des basses eaux, soit de Juin jusqu'àOctobre.On remarque aussi que l'ETP est plus forte que les précipitations cequ'explique un déficitestimé à 403.46 mm en eau durant le cycle annuel.

## Conclusion

Le complexe sidérurgique se situe dans une zone topographiquement basse d'attitude moyenne de 25 m sur la rive gauche d'Oued El Kebir. La plaine de Bellara constitue une zone d'effondrement tectonique tertiaire comblée par les dépôts oligo-miocènes et quaternaires. Le seul ourd qui traverse la dépression est Oued El Kebir coulant de Sud vers le Nord. Les dépôts fluviatiles anciens et récents constituent de bons aquifères. La région d'El Milia est soumise à un climat de type Méditerranéen tempéré, caractérisé par un été chaud et doux, cette région présente un degré hygrométrique élevé en été comme en hiver, des écarts de température modérés et des pluies irrégulières s'étendant principalement pendant la période hivernale (Octobre - avril), avec des précipitations moyennes varient de 850 mm à 1200 mm/an L'analyse de bilan hydrique montre des précipitations moyennes mensuelles de l'ordre de 814,29 mm, un déficit agricole allant du mois de Juin jusqu'au mois d'octobre avec un total de 403,460 et la reconstitution de la RFU atteint son maximum (100 mm) à partir de mois de décembre jusqu'à avril.

**PARTIE II**

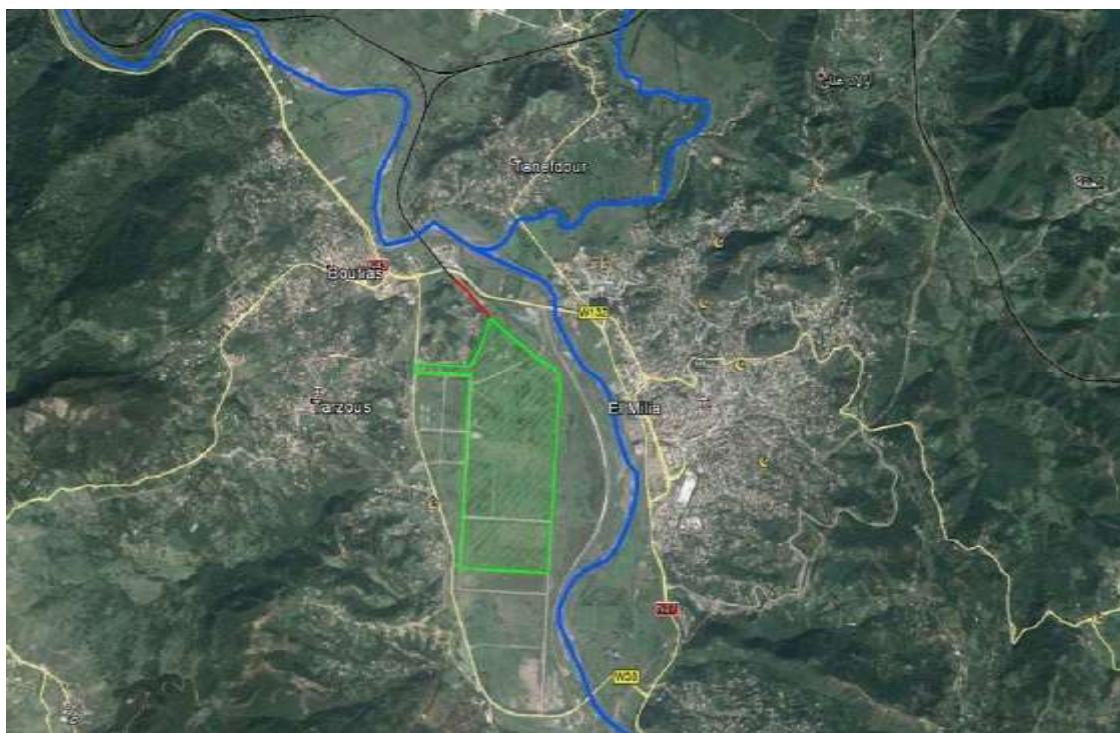
**EAU DANS LE CONTEXTE  
INDUSTRIEL.**

## II.1. Présentation de site

Le projet consiste en en une usine Sidérurgique Intégrale pour une capacité de quatre millions de tonnes de produits sidérurgique en (deux) phases :

**Phase 1**(démarrage en 2017) 02 millions de tonnes de produits longs sidérurgiques par an (1,5 M t de rond à béton et 0,5 M t de fil machine)

**Phase 2** (démarrage en 2019) 02 millions de tons de produits plats sidérurgiques par an.



*Fig.II.1. Aire d'implantation à bellara (état initial), (Idom, 2014)*

## II.2. Description des processus du complexe technologique

Le processus technologique industriel pour la fabrication de produits sidérurgiques se développe en trois étapes. Dans la première étape (Réduction Directe) il y a une transformation chimique de la matière première (le Fer combiné avec l'oxygène et en état d'oxydation III passe à « fer métallique » en état d'oxydation 0). A l'aciérie électrique et aux laminoirs, le Fer métallique subit une transformation principalement physique. et il y' a autre unité auxiliaire (Bop, unité de fabrication de chaleur, unité de traitement des eaux industrielles) (Idom, 2014)

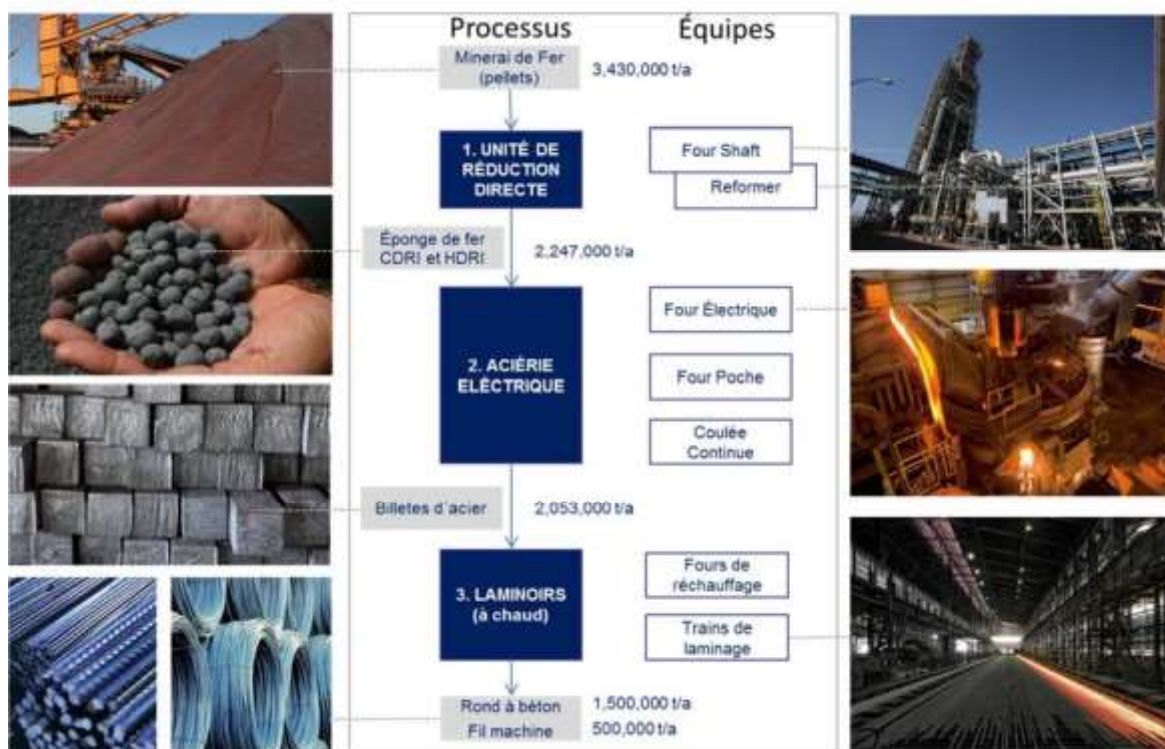
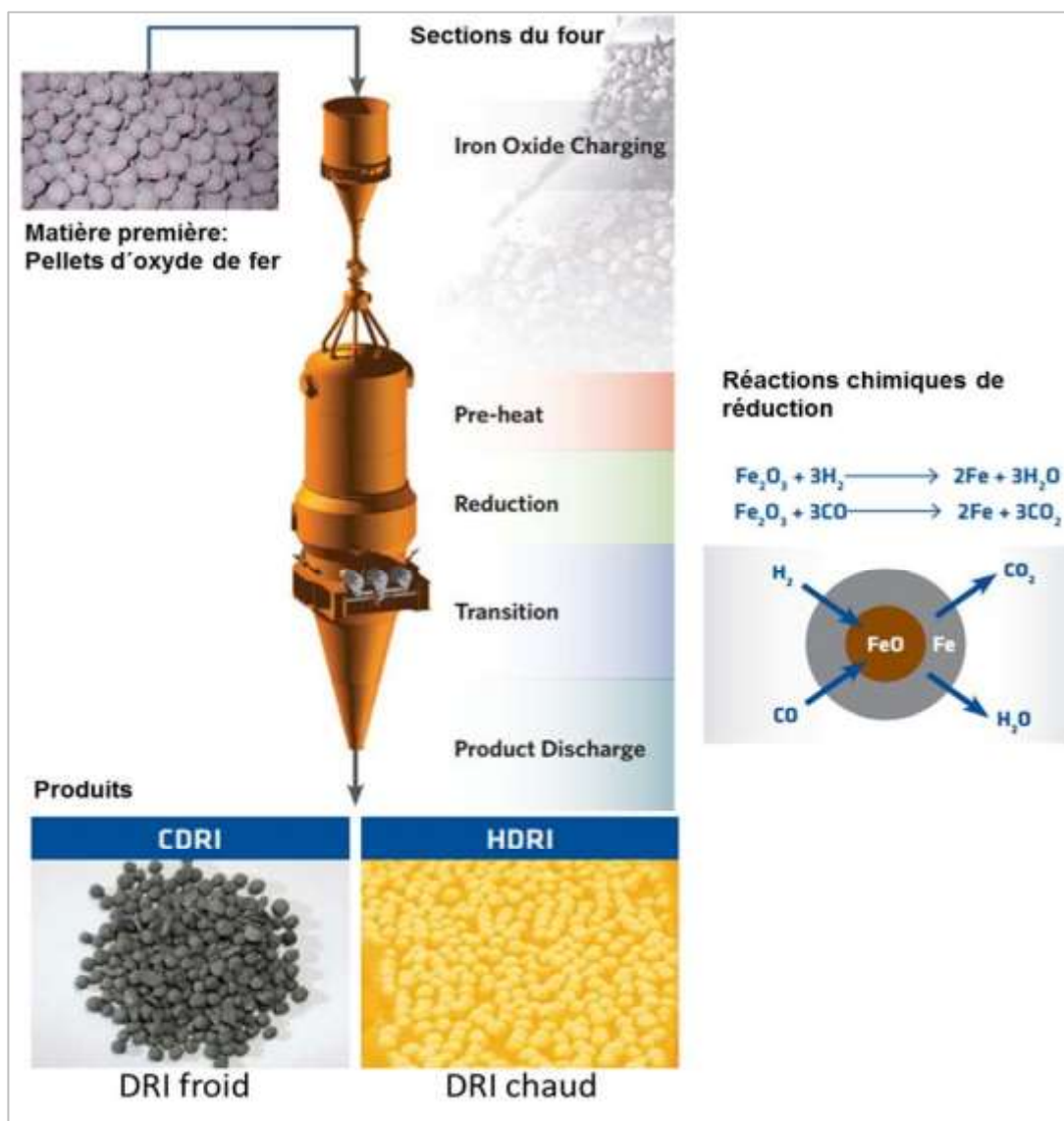


Fig.II.2. Étapes technologiques et bilan matière (Idom, 2014)

### II.2.1. Unité de Réduction Directe (DRI)

Dans le processus de réduction directe, des pellets d'oxyde de fer en vrac sont réduits en fer métallique à l'état solide par un gaz réducteur. Le minerai de fer est sous forme d'hématite  $Fe_2O_3$  ou de magnétite  $Fe_3O_4$ . Le gaz réducteur est composé d'hydrogène et de monoxyde de carbone. Les températures de transformation sont proches à  $1\ 000^\circ C$ . Il en résulte un produit solide que l'on appelle éponge de fer ou DRI (Direct Reduced Iron en anglais). (Idom, 2014)

Le minerai est introduit par le haut dans un four de forme cylindrique (shaft), revêtu de réfractaires, d'où il descend par gravité et est contacté par le gaz s'écoulant vers le haut. Le gaz réducteur réagit avec l'oxyde de fer pour réduire et carburer les matériaux. De là, le produit peut être déchargé froid (comme CDRI) ou chaud (comme HDR), ce dernier prêt pour être chargé chaud au four à arc électrique (EAF). (Idom, 2014)



*Fig.II.3. Sections du four de la réduction directe et chimie de la réaction (Idom, 2014)*

## II.2.2. Unité de l'acier avec Aciérie électrique(SMS)

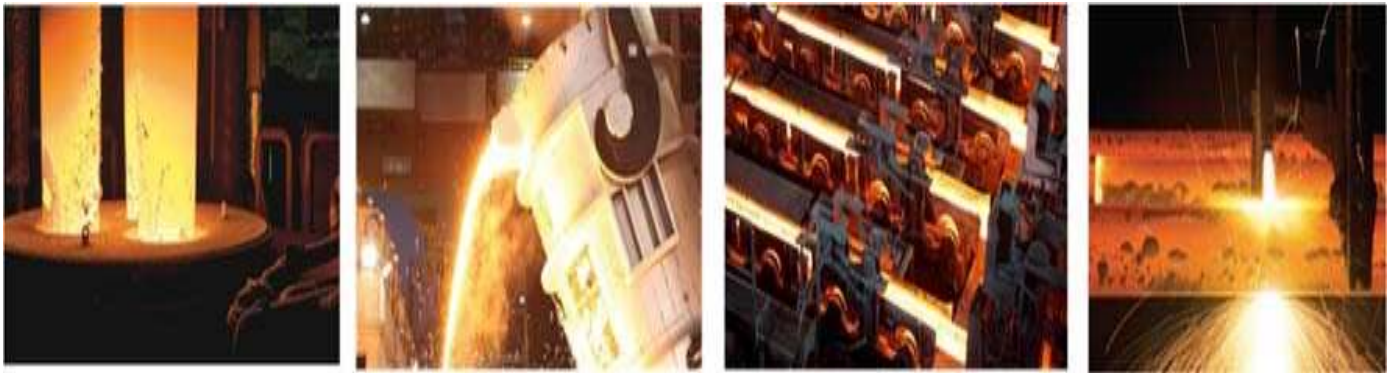
L'aciérie électrique est un outil de production d'acier liquide à partir du DRI produit sur le site. A ces DRI s'ajouteront une part de ferraille (<20%) à minimiser, compte tenu de la faible ressource du pays et de leur teneur résiduelle. (Idom, 2014)

La conception de cette unité se caractérise par un stockage de DRI, un parc à ferraille et de ferro alliages, deux fours de fusion, des poches de coulée, deux Fours poche, deux installations de traitement en poche et une coulée continue de billettes

Le four de fusion est constitué d'une cuve d'acier garnie de réfractaires et l'énergie nécessaire à la fusion des sources de fer (DRI) est fournie sous forme d'énergie électrique. La charge subit une fusion sous l'effet d'un arc électrique. Le métal liquide est oxydé.

La scorie oxydée est ensuite éliminée par surverse, par légère inclinaison du creuset du four. Après cette élimination, le contenu du four est prêt à passer à la phase ultérieure : l'affinage réducteur. Le métal liquide est alors transféré dans une poche, lui-même transféré vers la zone d'affinage réducteur par un chariot roulant. Le deuxième affinage a pour objet d'amener la composition de l'acier aux spécifications souhaitées par le client. La poche utilisée a les mêmes propriétés que celle utilisée pour la fusion initiale mais n'est pas refroidie par eau.

L'étape de coulée continue a pour but de solidifier l'acier liquide sous forme de barres, appelées billettes. Elle est réalisée par lignes de coulée, disposées parallèlement et alimentées en continu. Tirées par un jeu de rouleaux, les barres sortent des moules solidifiées sur leur face externe. La solidification du centre des barres est ensuite obtenue par aspersion directe d'eau, d'où les besoins croissants en eau exprimés dans ce genre de projet industriel d'envergure. Les barres solidifiées sont ensuite redressées, mises en longueur.



*Fig.II.4. Les étapes de la production dans sms. (Idom 2014)*

### II.2.3. Laminoirs(RM)

Le processus de laminage à chaud comprend le réchauffage billettes, le laminage et les opérations de formage. Dans le laminage à chaud, la taille, la forme et les propriétés métallurgiques des billettes de métal sont modifiées par la compression répétée du métal entre des rouleaux à entraînement électrique.



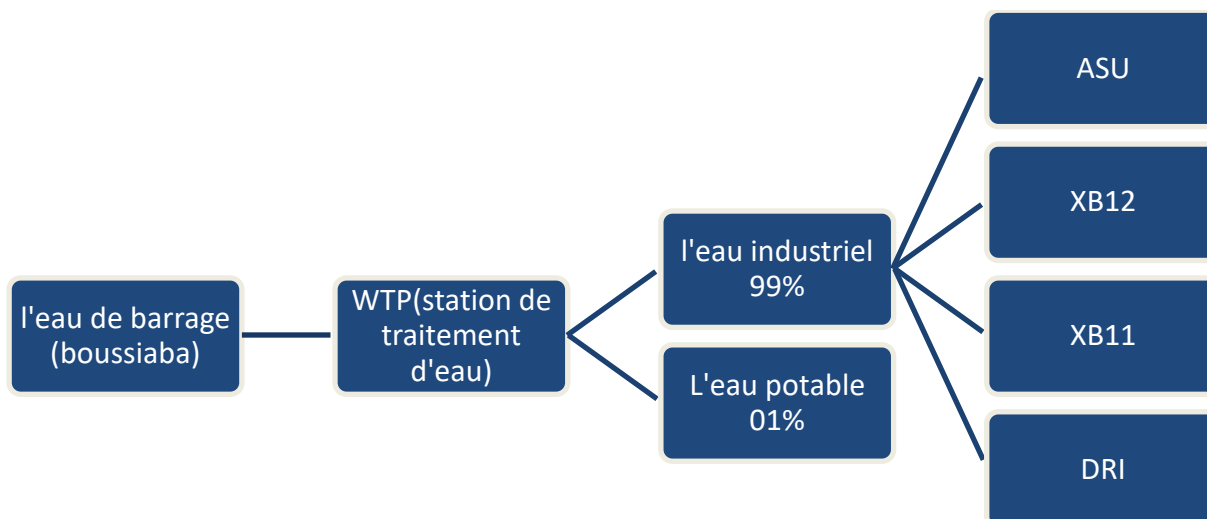
*Fig.II.5. Les étapes de la production dans laminoir.*

Il existe d'autres unités auxiliaires pour assurer le bon fonctionnement des unités principales nous les mentionnons comme suit :

- Unités de séparation de l'air (ASU)
- Sous-station électrique (MRSS)
- Unité traitement de chaux (LMP)
- Système de manutention(MHS)
- Fume treatment plant(FTP).
- Unité de traitement d'eaux(WTP) : le traitement de l'eau et un procédé qui rend l'eau plus acceptable pour une utilisation finale spécifique.

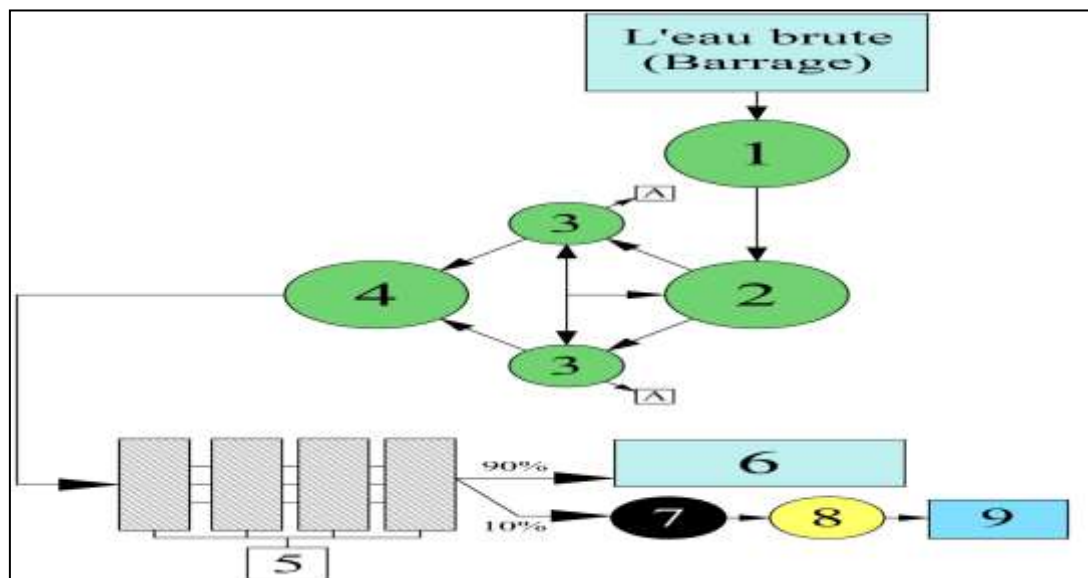
### II.3. Description générale de l'installation de traitement d'eau

La station de traitement a comme finalité la réception le stockage et le traitement des eaux. Le traitement s'effectue en amont (eaux de barrage) et en aval rejets des trois systèmes de refroidissement de chacune des trois stations principales DRI XB11 et XB12 (*Fig.II.6*)



*Fig.II.6. Schéma de présentation de WTP.*

## II.4. Fonctionnement de WTP



### Légende :

- (1) Coagulation par  $\text{FeCl}_3$  pour déstabilisée les charges de MES (neutralisée),
- (2) Floculation et l'injection de la chaux (CAO), cette étape pour diminuer l'alcalinité et au même temps la décantation des Ca et Mg. ;  $(\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O})$  ;  
 $(\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O})$ ,
- (3) Décantation de MES et  $\text{CaCO}_3(\text{MgCO}_3)$
- (4). L'injection de L'acide sulfurique pour la neutralisation de l'eau,
- (5). Filtre à sable pour la filtration de  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  et  $\text{Mn}_x\text{O}_y$ ,
- (6). L'eau industrielle (99%),
- (7). Installation de charbon actif pour élimination des biomasses,
- (8). Désinfection le l'eau par l'eau de javel,
- (9). L'eau potable (1%), A. La boue, B. L'injection une quantité de la boue pour la décarbonation totale de Ca et Mg.

*Fig.II.7. Schéma représenté le fonctionnement de WTP.*

## II.5. Unités XB12, XB11

### II.5.1. Description générale de l'installation :(Xb12, Xb11)

L'installation a pour finalité de permettre le refroidissement des machines constituant trois laminoirs. La chaleur absorbée par le cycle hydraulique fonctionnant en continu est libérée dans l'air ambiant. L'ensemble de l'installation a été conçu afin de minimiser la consommation d'eau à réintégrer et minimiser la quantité d'eau de purge à évacuer. À cette fin, l'eau, qui entre en contact avec les produits et qui est polluée par le calcaire, est soumise à un processus de clarification complexe, ce qui réduit au minimum les pertes d'eau. Le débit total de l'eau soumise au processus de refroidissement sans contact est de  $3,120 \text{ m}^3/\text{h}$ . Le débit total de l'eau soumise



au processus de refroidissement avec contact est de l'ordre de 5,300 m<sup>3</sup>/h. Le circuit ferme sans contact 3\*450 m<sup>3</sup>/h.

## II.6. Conception de l'analyse de l'eau en des points différents

Les résultats d'analyse de l'eau d'appoint et l'analyse attendue de la recirculation de l'eau dans les différents circuits sont indiqués dans le tableau suivant :

**Tab.II.1.** Les résultats d'analyse de l'eau d'appoint et l'analyse attendue de la recirculation de l'eau dans les différents circuits (DANIELI, 2016)

PARAMETRES D'ANALYSE		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10
1	Température °C	< 35	< 35	38	35	35	40	35	35	< 35	
2	Valeur de pH	7-9	7-9	8-9	7,5-8,5	7-9	8-9	7,5-8,5	7-9	6-9	
3	Conductivité à 25 °C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	462	530	< 1500	1050	1260	< 1500	690	1260	< 15000	
4	Quantité totale des matières sol mg/l	< 1	< 1	< 10	< 20	< 20	< 10	< 20	< 20	< 20	
5	Total des solides dissous (TDS) mg/l	320	365	< 1000	700	840	< 1000	460	840	< 10000	
6	Residuum fixe à 180 °C mg/l										
7	Huiles et graisses (H & G) mg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 5	< 1	< 1	< 5		
8	Dureté totale (TH) mg/l CaCO <sub>3</sub>	160	5	< 10	320	384	160	208	384	4700	
9	Dureté calcique (CaH) mg/l CaCO <sub>3</sub>	120	3	< 5	240	288	120	156	288	3500	
10	Dureté en magnésium (MgH) mg/l CaCO <sub>3</sub>	40	2	< 5	80	96	40	52	96	1200	
11	Alcalinité M (Malk) mg/l CaCO <sub>3</sub>	35	35	< 40	70	84	35	46	84	35	
12	Exempt de dioxyde de carbone mg/l CO <sub>2</sub>										
13	Alcalinité P (Palk) mg/l CaCO <sub>3</sub>										
14	Chlorure (Cl <sup>-</sup> ) mg/l Cl	60	60	60	120	144	60	78	144	< 5000	
15	Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg/l SO <sub>4</sub>	130	130	130	260	312	130	169	312	< 1000	
16	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l NO <sub>3</sub>	5	5	5	10	12	5	7	12	5	
17	Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) mg/l NO <sub>2</sub>										
18	Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) mg/l PO <sub>4</sub>										
19	Molybdate (MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg/l Mo <sup>VI</sup>										
20	Chromate (Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> ) mg/l Cr <sup>VI</sup>										
21	Sodium et potassium (K Na) mg/l Na	43	120	120	90	109	45	59	109	4500	
22	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/l NH <sub>4</sub>										
23	Fer total (TFe) mg/l Fe	< 0,1	< 0,1	< 0,5	< 1	< 2	< 0,5	< 1	< 2	< 0,1	
24	Fer soluble total (Fe <sup>II</sup> ) mg/l Fe										
25	Manganèse (Mn <sup>II</sup> ) mg/l Mn	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,2	< 0,2	< 0,05	< 0,2	< 0,2		
26	Zinc (Zn <sup>II</sup> ) mg/l Zn										
27	Chrome (Cr <sup>III</sup> ) mg/l Cr <sup>III</sup>										
28	Silice (SiO <sub>2</sub> ) mg/l SiO <sub>2</sub>	10	10	10	20	24	10	13	24	10	
29	Chlore libre (Cl <sub>2</sub> ) mg/l Cl <sub>2</sub>				< 1	< 1		< 1	< 1		
30	Nombre total de bactéries (NTC) N <sup>o</sup> /ml					< 10000			< 10000		
31	CaH + Malk mg/l CaCO <sub>3</sub>			< 50	310	372	155	202	372		
32	TOC ppm	< 2									
33	DBO ppm O <sub>2</sub>					< 20			< 20		
34	DCO ppm O <sub>2</sub>					< 10			< 10		
35	Indice de saturation de Langelie				0,2 +/- 0,2	0,5 +/- 0,2		-0,6 +/- 0,2	0,4 +/- 0,2		
36	Indice de stabilité de Ryznar :				7,1 +/- 0,5	6,5 +/- 0,5		8,3 +/- 0,5	6,9 +/- 0,5		

**Observations :** Les chiffres les plus élevés représentent les valeurs maximales.  
 Les chiffres ne tiennent pas compte des agents de conditionnement, sauf pour la conductivité et TDS aux points 3 et 6  
 L'eau de refroidissement doit être conditionnée avec des produits chimiques appropriés pour éviter la corrosion et les phénomènes de tartre.  
 Pour les points de 2 à 9 oscillations - 20% doit être considéré comme une valeur acceptable,

**II.7. Description de l'installation :** L'installation est principalement constituée de :

### **II.7.1. Circuits ouverts sans contact CW – CWR**

L'eau qui circule dans ces circuits est utilisée pour des laminoirs à refroidissement sans contact et n'entre pas en contact avec l'acier en cours de production. L'eau qui quitte les installateurs est transmise à la tour de refroidissement où elle est refroidie. L'eau refroidie recueillie dans le réservoir est renvoyée aux utilisateurs par une station de pompage.

Le niveau d'eau dans le bassin de collecte est maintenu automatiquement par un système de contrôle de niveau et par actionnement d'une vanne pneumatique qui actionne l'alimentation en eau d'appoint. Le transmetteur de débit est inséré dans la conduite de refoulement de la pompe destinée aux utilisateurs.

### **II.7.2. Circuits de refroidissement ferme sans contact QW – QWR**

Des circuits en boucle fermés sont prévus pour permettre le refroidissement sans contact des fours de réchauffage

Les circuits de l'eau de refroidissement des RHF sont constitués par des échangeurs de chaleur un bassin collecteur d'eau refroidie et des stations de pompage dédiées à cet effet. L'eau d'appoint non traitée est utilisée pour le remplissage. L'ensemble de l'installation est commandé par le PLC situé dans la zone WTP. Le niveau d'eau dans le bassin de collecte est maintenu automatiquement par un système de commutateurs de niveau et par l'actionnement de vannes pneumatiques régulant l'approvisionnement en eau d'appoint. Un transmetteur de débit unique sera fourni sur la conduite de refoulement de la station de pompage, tandis qu'un transmetteur de température dans le bassin froid surveillera la température de l'eau refroidie. Des indicateurs de température et des manomètres sont également fournis à l'entrée - sortie des échangeurs de chaleur à plaques.

### **II.7.3. Circuits de refroidissement ouvert avec contact KW – KWR**

Ces circuits sont utilisés pour la circulation de l'eau de refroidissement, qui entre en contact avec l'acier en cours de production. Le contact direct avec le métal provoque une élévation de température dans l'eau, et surtout l'enrichit de résidus métalliques et d'huile, qui en sont la plupart du temps séparés au cours des traitements. L'eau d'écoulement des laminoirs utilisateurs 1-2-3 est transportée à travers un canal jusqu'à l'accumulateur de calamine prévu à cet effet et où les résidus calcaires sont séparés. Chaque fosse est munie d'un godet submersible et d'un dispositif de levage pour la collecte périodique de la calamine qui s'accumule au fond de la fosse. Chaque fosse est équipée d'une pompe permettant le rinçage du canal de béton tandis que l'écumoire d'huile élimine l'huile flottant dans l'accumulateur.

## II.8. Traitement de l'eau

Le traitement de l'eau d'appoint, et tous les problèmes liés au conditionnement chimique de l'eau en circulation, visent à éliminer ou au moins réduire les deux risques importants suivants qui pourraient survenir : La corrosion et la formation de croûtes. Toutefois, ils apparaissent encore plus souvent si l'eau est polluée au contact de la matière traitée. Il est donc observé les phénomènes suivants :

**II.8.1. Circuits sans contact :** l'eau n'entre pas en contact avec la matière traitée.

**II.8.2. Circuits avec contact :** l'eau entre en contact avec la matière traitée. De ce fait elle est polluée par l'huile et la calamine. Il est évident que les dommages sont encore plus importants avec la présence d'agents polluants, le traitement à appliquer doit être différent. Par ailleurs il est conseillé de procéder à un prétraitement pour les systèmes de refroidissement à eau afin d'assurer une durée de longévité maximale à l'équipement. Le prétraitement consiste en l'application d'un programme en deux phases, à savoir le nettoyage et la passivation. Traitement permettant d'améliorer la séparation et la sédimentation de l'huile dans l'accumulateur de calamine. Pour la séparation de l'huile et de la graisse de la calamine, il est conseillé d'utiliser un dosage de produit de déshuilage sur le canal à l'entrée de l'accumulateur de calamine. (DANIELI, 2016)

## II.9. Évaluation et analyse de l'eau

Dans les systèmes de refroidissement à eau, des analyses chimiques sont nécessaires afin de bien régir le processus de traitement. Les analyses chimiques permettent aux exploitants d'une installation d'ajuster le dosage des produits chimiques, ainsi que le dosage de l'eau de purge et d'appoint. L'ensemble conduit à une amélioration de la consommation d'eau et de produits chimiques.

## II.10. Utilisation de l'installation

**II.10.1. Vérification des paramètres opérationnels :** Le contrôle des paramètres opérationnels de l'installation doit s'effectuer en continu.

**II.10.2. Nettoyage du filtre :** Les filtres doivent être automatiquement lavés à contre-courant en fonction de la quantité d'eau filtrée et de l'efficacité des filtres.

**II.10.3. Élimination du calcaire :** Le calcaire se trouvant dans l'accumulateur de calamine et dans le bassin de décantation longitudinal devra être retiré régulièrement de manière à empêcher son accumulation sur le fond.

**II.10.4. Évacuation des boues :** La boue qui se trouve dans les lits de séchage devra être régulièrement retirée et mise au rebut.

**II.10.5. Évacuation des huiles et graisses :** L'installation devra être contrôlée en permanence, en particulier les stations de pompage, les ventilateurs, les engrenages et courroies de transmission, les tuyaux flexibles, les joints de façon générale, de manière à prévenir ou à éliminer à nouveau toute avarie possible

**II.10.6. Nettoyage**

**II.10.7. Unités de dosage :** Les unités de dosage devront être vérifiées et les produits de conditionnement rétablis de manière à assurer un conditionnement en continu.

**II.10.8. Vérification du bassin et des boues :** Les bassins doivent être vérifiés régulièrement pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuites, de fissures, de boues ou de corps étrangers s'accumulant au fond et sur les parois.

**II.11. Valeurs limites d'émission.** Les tableaux ci-après présentent les valeurs limites d'émission d'application pour les rejets liquides.

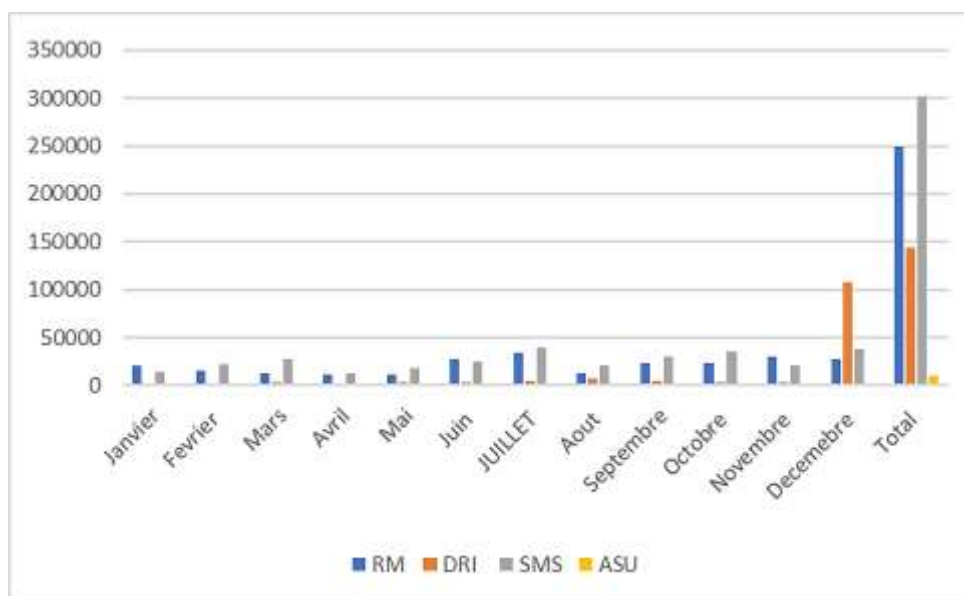
**Tab.II.2. Valeurs limite d'émission pour les rejets liquides industriels (Idom, 2014)**

Polluants	Unité	Réglementations Algériennes	Lignes Directrices international SFI	Norme européenne
Température	C°	30		
Augmentation de la Température	C°		<3C°	
Ph		6,5-8,5	6-9	
Matières en suspension	Mg/L	35	04-02	20
Azote total	Mg/L	30	30	
Ammoniac	Mg/L		5	
Phosphore total	Mg/L	10	2	
COD	Mg/L	120	250	
BOD	Mg/L	35		
Aluminium	Mg/L	3		
Substances toxiques bio Cumulative	Mg/L	0,005		
Cyanures(libre)	Mg/L	0,1	0,1	
Cyanures(total)	Mg/L		0,5	
Fluorure	Mg/L	15	5	
Phénol	Mg/L	0,3	0,5	
Hydrocarbures totaux	Mg/L	10		5
Huile et graisse	Mg/L	20	10	
Cadmium	Mg/L	0,2	0,01	
Cuivre	Mg/L	0,5	0,5	
Mercure	Mg/L	0,01	0,01	
Plomb	Mg/L	0,5	0,2	
Chrome(total)	Mg/L	0,5	0,5	0,5
Chrome (hexa valent)	Mg/L	0,1		
Etain	Mg/L	2	2	
Manganèse	Mg/L	1		
Nickel	Mg/L	0,5	0,5	0,5
Zinc	Mg/L	3	2	2
Fer	Mg/L	3	5	5
Composés Organique Chlorés	Mg/L	5		
Sulfures	Mg/L		0,1	
PAH	Mg/L		0,05	

## II.12. Consommation en eaux industrielles

Les données récupérées de l'AQS ont été classées, représentées graphiquement et interprétées. Ainsi, le graphe des consommations annuelles des différentes unités de fabrication de l'aciérie comme le montre la figure 8 indique des valeurs disproportionnées. Ceci revient à la phase de démarrage des différentes unités du complexe qui n'était pas synchrone. En effet l'unité SMS est entrée en production bien avant le reste des unités, c'était en 2019. Expliquant ainsi la forte consommation d'eau industrielle par rapport aux autres unités en phase de préparation de démarrage qui ne nécessitent pas, naturellement, une grande quantité d'eau à consommer. Le graphe montre que la quantité d'eau industrielle totale consommée et répartie par mois en 2019,

elle reflète le cumul de toutes les unités qui composent le site et dont l'eau est un élément indispensable à leur fonctionnement.



**Fig.II.8.** Consommations des eaux industrielles en 2019 (AQS, 2021)

**Tab.II.3.** Eau industrielle consommée en 2019 (AQS, 2021)

	RM(m³)	DRI(m³)	SMS(m³)	ASU(m³)
janvier	20324	1339	13887	999,75
Fevrier	15566	1125	21545	999,92
Mars	12342	2995	27422	1999,81
Avril	11477	1829	13235	500
Mai	11588	3244	18571	647
Juin	27709	2881	24039	265
Juillet	34642	4375	39070,9	1119
Aout	12239	6773,24	20592,1	664
Septembre	23057	4372,48	30159	1068
Octobre	23516	3678,34	35179	677
Novembre	29731	3726,57	20303	755
Decembre	27090	106971,5	37805	620
Total	249281	143370,13	301808	10314,48

L'eau industrielle consommée par le site sidérurgique est évaluée à 704 773.93 m<sup>3</sup> en 2019. Entre les différentes unités du site industriel, on constate un écart de consommation en eau. La différence des taux de consommation des eaux industrielles est due à un retard de démarrage enregistré dans les unités DRI et ASU comme il a été mentionné auparavant. Par conséquent, une faible consommation d'eau industrielle y est associée, (DRI & ASU en commissioning) les quantités sont égales respectivement à 143370.13 m<sup>3</sup> et 10314,48 m<sup>3</sup>, représentant

respectivement 20.43% et 1.46% du volume total consommé. Celles-ci restent relativement négligeables comparativement aux autres unités.

En effet, le SMS était rentré déjà en production en 2019, et cela explique la forte consommation d'eau industrielle qui approche 301808 m<sup>3</sup>, soit 42.82%. Il en est de même pour la consommation annuelle de l'unité RM qui approche 249281 m<sup>3</sup>, soit 35.37% de la quantité totale consommée en 2019.

### II.13. Quantité des rejets liquides industriels traités

Les valeurs sont affichées dans le bilan annuel comme le montre le tableau 4, elles indiquent que la station de traitement et de recyclage interne des différentes unités fonctionne efficacement car les quantités d'eau usée rejetées sont très faibles voire quasi absentes.

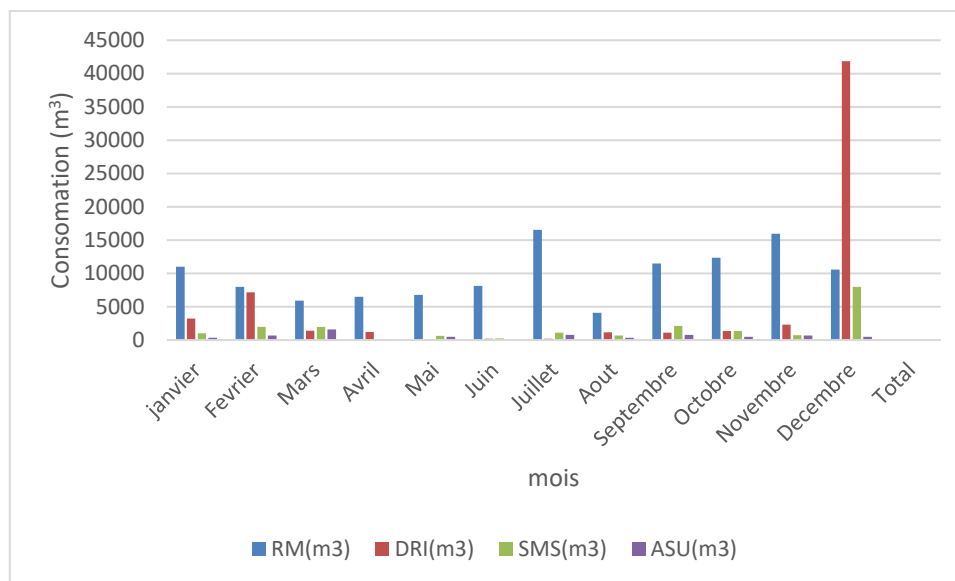
**Tab.II.4. Eau Usée industrielle rejetée (AQS, 2021)**

	RM (m <sup>3</sup> )	DRI (m <sup>3</sup> )	SMS (m <sup>3</sup> )	ASU (m <sup>3</sup> )
janvier	11014	3242	1000	350
Fevrier	7970	7148	2000	700
Mars	5942	1402	2000	1600
Avril	6472	1200	155	0
Mai	6790	118	647	500
Juin	8144	187	265	0
Juillet	16534	187	1119	800
Aout	4114	1161,02	664	350
Septembre	11506	1102,67	2136	800
Octobre	12380	1348,62	1354	500
Novembre	15952	2329,21	747	700
Decembre	10598	41865,5	7985	500
Total	117416	61291,02	20072	6800

Ceci étant dit, les quantités d'eau usée générée par les différentes unités de production suivent la tendance de consommation en industrielle évoquée précédemment. En effet, l'Eau Usée industrielle rejetée par le site sidérurgique est évaluée à environ 205579.02 m<sup>3</sup> en 2019, et répartie d'une manière inéquitable entre les différentes unités du site industriel. La différence des taux de rejets d'eau usée industrielle est due, également, à ce même retard au démarrage enregistré dans les deux unités SMS et ASU. Par conséquent, de faibles quantités d'eau usée industrielle y sont associées, (SMS & ASU en commissioning), les quantités sont égales respectivement à 20072 m<sup>3</sup> et 6800 m<sup>3</sup>, soit respectivement 9.75% et 3.30%. Celles-ci restent négligeables comparativement aux autres unités.

En effet, le RM était rentré déjà en production en 2019, et cela explique la forte quantité d'eau usée industrielle générée qui approche 117416 m<sup>3</sup>, soit 57.11%, la plus importante part lui

revient. Il en est de même pour la consommation annuelle de l'unité DR qui approche 61291.02m<sup>3</sup>, soit 29.81% du volume total rejeté en 2019.



**Fig.II.9.** Quantité des rejets liquides industriels traités (AQS, 2021)

L'analyse des taux de consommation mensuelle au niveau du complexe en 2020 inséré dans le tableau 6 montre que la consommation totale est évaluée à environ 704773,81m<sup>3</sup>. A cet égard, la consommation maximale s'observe au mois de Décembre 2020 avec un taux de consommation mensuelle de l'ordre de 172486,5m<sup>3</sup>, soit presque 25% du total du volume consommé en 2020. Ainsi, le minimum de la consommation est observé au mois d'avril 2020 avec une quantité évaluée à 47061 m<sup>3</sup>, représentant 6.67% du volume total.

La consommation minimale du mois d'avril 2020 s'explique par un ralentissement de l'activité du complexe touché par les retombées et la restriction de déplacement et autres causées par la pandémie COV19, la reprise au mois de décembre 2020 a fait augmenter le taux à son maximum.

En examinant le graphe du bilan général on constate que les valeurs de WTG relatives aux quantités d'eaux brutes sont totalement injectées dans les circuits de production. Les quantités d'eau de refroidissement prélevées sur le WTG sont systématiquement recyclées en circuit interne. De ce fait on constate que les déperditions des eaux sont nulles d'où les mentions de 0 m<sup>3</sup> rejeté dans le bilan final.



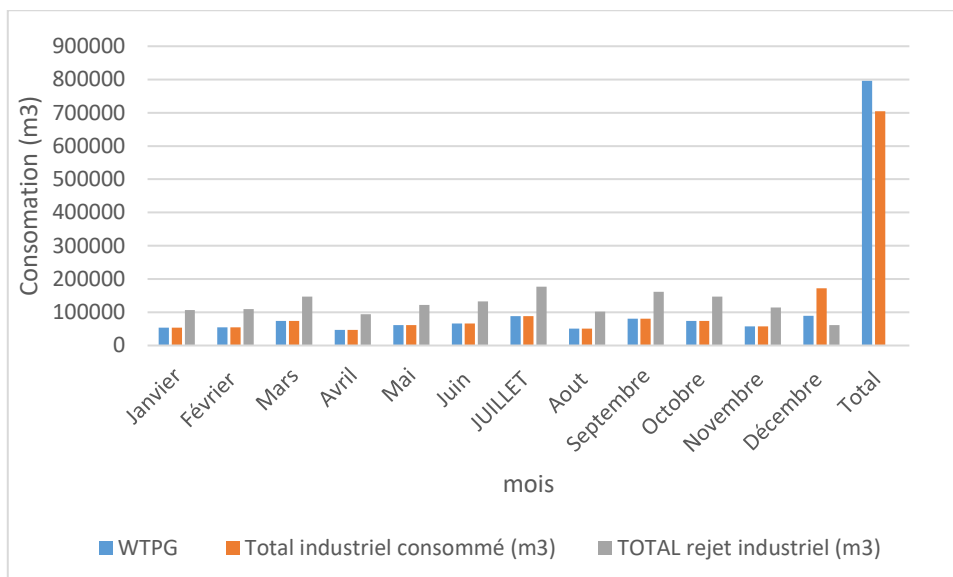


Fig.II.10. Bilan total de WTPG (AQS, 2021)

Tab.II.5. bilan total de WTP<sub>G</sub> en 2020 (AQS, 2021)

	WTP <sub>G</sub>	Total industriel consommé (m <sup>3</sup> )	TOTAL rejet industriel (m <sup>3</sup> )
Janvier	53230	53230	106460
Février	54609	54609	109218
Mars	73738	73738	147476
Avril	47061	47061	94122
Mai	61070	61070	122140
Juin	66174	66174	132348
JUILLET	88626	88626	177252
Aout	50745	50745	101490
Septembre	80798	80798	161596
Octobre	73509	73509	147018
Novembre	57322	57322	114644
Décembre	88835	172486,5	60921,5
Total	795717	704773,81	0

## II.14. Conclusion

Le Complexe Sidérurgique de Bellara est un projet stratégique d'un intérêt national, son emplacement dans la Wilaya de Jijel correspond à des critères de développement économiques, de cohésion et d'équilibre territorial. Le projet satisfera la grande demande interne de produits sidérurgiques. Concernant la consommation annuelle de l'eau industrielle par les différentes unités(DRI ,SMS,RM,ASU) du complexe en 2020, le **SMS** a une forte consommation d'eau industrielle parce que elle entrait en production à la fin de 2019,par rapport aux deux autres unités **DRI** et **ASU** qui ne sont pas encore entrées en production. Cela explique la faible consommation d'eau industrielle et le faible volume d'eau usée générée par la production.

**PARTIE III**  
**SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX**  
**INDUSTRIELLES**

### III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous interpréterons nos séries d'analyses d'eau récupérées de l'AQS. Trois catégories d'eau ont été analysées. Les eaux destinées à la production et au process industriel du site sidérurgique, les eaux de rejets qui rejoignent la station de traitement de l'usine et enfin les eaux pompées du forage d'eau réalisé au sin du complexe. Les séries datent de 2018, 2019 et 2020 et concernent les paramètres physiques de l'eau, les paramètres chimiques également et l'analyse de quelques métaux lourds présents dans l'eau tels que le fer, le nickel, le cuivre et le chrome. Pour le traitement des eaux usées qui proviennent du barrage de Boussiaba, les eaux brutes passent par l'unité de WTP et après l'analyse, l'eau est prête pour un usage industriel et sanitaire. L'eau traitée est utilisée pour refroidir les diverses installations industrielles. L'unité de WTP située dans l'usine sidérurgique (AQS) est considérée comme une unité primordiale. Le traitement des eaux usées est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel ou sa réutilisation. Les eaux usées sont les eaux qui à la suite de leur utilisation domestique, commerciale ou industrielle sont de nature à polluer les milieux dans lesquels elles seraient déversées. L'objectif des traitements est de réduire l'impact des eaux usées sur l'environnement et protéger les installations industrielles contre les risques de corrosion.

### III.2. Sources d'approvisionnement en eau

L'eau industrielle d'alimentation pour le procédé et la réfrigération provient des réserves d'eau superficielles stockées dans le Barrage de Boussiaba situé à 7 km au Nord-Est de Bellara. Nous disposons d'une analyse initiale de ces eaux qui confirme qu'il s'agit d'une eau propre, pour être utilisée dans l'industrie après un simple procédé de traitement très basique.

Il faut souligner que la disponibilité des ressources hydriques et la capacité de fourniture d'une eau brute industrielle au Complexe est assurée par les autorités responsables des ressources en eau. L'alimentation en eau industrielle à Bellara s'inscrit concrètement dans le cadre d'un macro-projet hydraulique stratégique, à l'échelle régionale consistant en la réalisation d'un transfert entre le barrage de Boussiaba (El-Milia) et le Barrage de Beni Haroun (Mila).

La station de traitement des eaux dans le complexe d'une capacité de 8000m<sup>3</sup> par jour comprenant, six stations de pompage et neuf réservoirs.

### III.3. Qualité et traitement des eaux

L'eau distribuée entre les différentes unités du Complexe, sa fonction principale étant la réfrigération des différents processus thermiques industriels. Les trois systèmes de réfrigération de chacune des trois stations principales (réduction directe, aciérie électrique et laminoir) sont des concepts similaires. Chacun est configuré sous forme de deux cycles fermés de réfrigération.

Cela permet d'atteindre un niveau de recyclage de l'eau industrielle utilisée dans le complexe de plus de 90%. Dans le premier cycle, appelé de refroidissement indirect, il n'y a pas de contact entre l'eau de réfrigération et les milieux réfrigérés ; l'eau de réfrigération ne reçoit donc pas d'apport de pollution industrielle. Il s'agit d'un cycle fermé de réfrigération, avec un fort volume d'eau en circulation dans lequel le refroidissement de l'eau du circuit se produit par contact de l'eau avec l'environnement dans les tours de réfrigération. Les débits d'eau apportés à ce circuit se produisent pour permettre de compenser les débits des purges du système et des pertes par évaporation. Les purges sont programmées pour ajuster le nombre de cycles de réfrigération de telle sorte que la concentration de sel dissous dans les circuits ne dépasse pas les 1500 mg/L de sels dissous. Le deuxième cycle de réfrigération configuré en série par rapport au premier et qui est alimenté à partir des purges de celui-ci est un cycle de réfrigération direct, également fermé dans lequel il se produit un contact entre l'eau de Réfrigération et le milieu réfrigéré (c'est-à-dire le minéral, les gaz, l'acier brut, l'acier raffiné, les semi-produits et les produits sidérurgiques, selon l'étape du procédé considérée). Puisqu'il y a contact entre les milieux, l'eau de réfrigération qui abandonne finalement le circuit voit sa qualité initiale altérée par l'introduction de polluants tels que le fer, métaux et ses oxydes. D'autre part ces effluents ont également vu leur salinité totale augmenter par rapport à celle contenue dans l'eau d'alimentation. Chacune des stations principales du processus dispose de sa propre station de conditionnement et de traitement des eaux des circuits de réfrigération.

L'effluent final de ces trois stations, appelé « blowdown » est à son tour conduit vers la station finale de traitement des eaux où a lieu le dernier traitement, en assurant que la qualité de l'effluent est conforme à la législation selon la convention pour la réalisation d'analyses physico-chimique entre l'observatoire national de l'environnement et du développement durable (O.N.E.D.D) et Algérie Qatari steel (AQS). Le respect du décret exécutif N°06-141 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels le tableau 01 présenté les valeurs limite des rejets liquides mesuré par O.N.E.D.D.

### III.4. Interprétation des paramètres physico-chimiques des eaux de production

Le laboratoire de WTP effectue des analyses d'eau quotidiennes et périodiques. Les quantités des inhibiteurs ajoutées appropriées sont également déterminées au niveau dudit laboratoire sur la base des analyses. Le laboratoire contient de nombreux appareils et équipements qui facilitent l'analyse.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques ainsi que l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Avant de commencer le prélèvement, il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau et du détergent puis le rincer à l'eau. On peut avant utilisation, rincer le matériel d'échantillonnage dans l'eau dans laquelle sera effectué le prélèvement, afin de réduire au minimum le risque de contamination.



*Fig.III.1. Prise de l'échantillon (Eau de production)*

#### III.4.1. Eau de production

La mise en service de l'unité DRI a eu lieu en 2021, cette unité est alimentée par les eaux de barrage de Boussiaba. Ces eaux sont brutes ; elles sont traitées au niveau d'unité appelée WTP (traitement physico-chimique).

Deux types d'eaux sont le résultat de ce traitement l'une eau industrielle appelée MK WATER avec 1325 m<sup>3</sup>/h, destinée vers les trois unités de production.

Au cours de la production d'unité DRI elles déversent des rejets d'eau, qui sont traités également et appelée SOFT WATER. Cette dernière est réutilisée dans un système fermé.

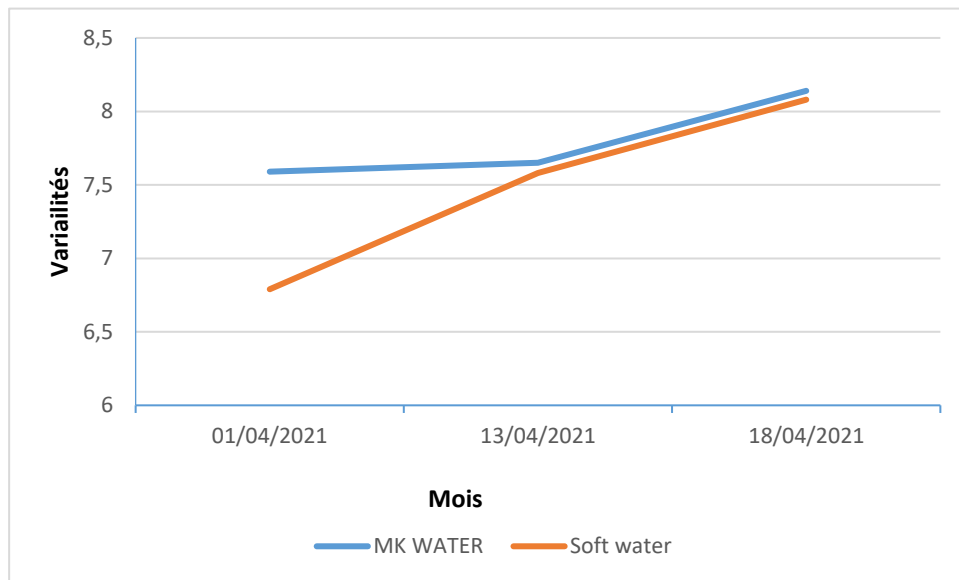
Les résultats des analyses des MK WATER et SOFT WATER sont illustrés dans le tableau 1.

paramètres	Unité	Trimestre 01				Trimestre 02				Trimestre 03			
		MK WATER		SOFT WATER		MK WATER		SOFT WATER		MK WATER		SOFT WATER	
		Norm	Actual	Norm	Actual	Norm	Actual	Norm	Actual	Norm	Actual	Norm	Actual
Ph		7,0-9,0	7,59	8,0-9,0	6,79	7,0-9,0	7,65	8,0-9,0	7,58	7,0-9,0	8,14	8,0-9,0	8,08
Conductivité	us/cm	462	330		335	462	329		329	462	246		248
La dureté totale	PPM	<50	109,2	<20	0	<50	109,6	<20	110,8	<50	112,4	<20	109,6
Ca	PPM	<35	69	<10	0	<35	70,2	<10	72	<35	102,8	<10	99
Mg	PPM	<50	40,2	<10	0	<50	39,4	<10	38,8	<50	9,6	<10	10,6
P-alcalinité	PPM		0		0		0		0		0		0
M-alcalinité	PPM	<35	27		26	<35	26		26	<35	34		33
Chlorure	PPM	<60	69,41	<60	64,44	<60	65,9	<60	66,45	<60	70,8	<60	69,95
Fer totale	PPM	<0,1	0,3	<0,1	0,2	<0,1	0,39	<0,1	0,22	<0,1		<0,1	
TDS	PPM	<320	247		250								
TSS	PPM	1	1	<1	1								
Turbidité	NTU	<2	1	<2	1,14								
Sulfate	PPM	130		100		<320	246	<1	246	<320	330	<1	332
Remarque	les indicateur de la marque rouge,les valeur sont dépassent la norme.												

**Tab .III.1.** Analyse de l'eau industrielle MK Water et Soft Water (ONNED, 2021).

#### III.4.1.1. PH

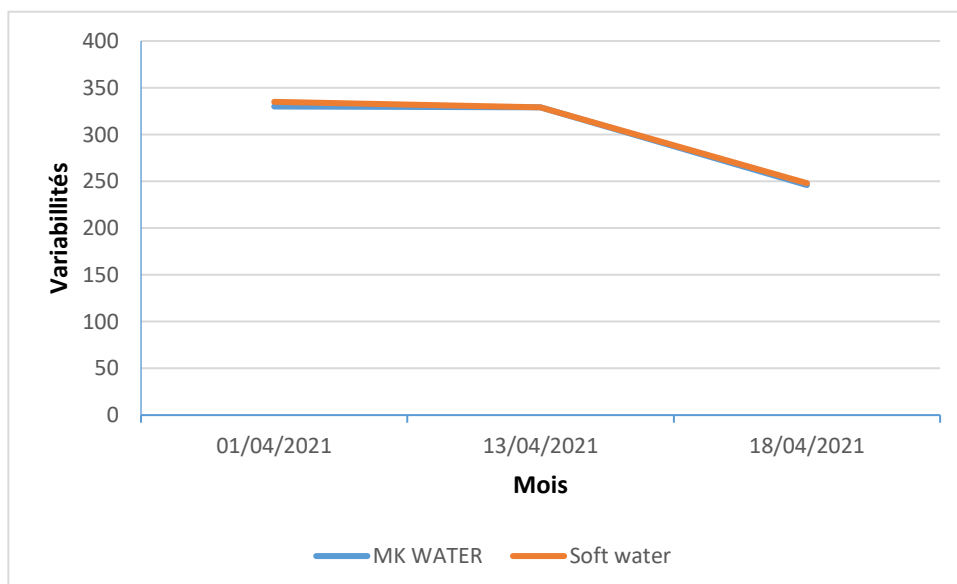
D'après la figure III.2 on remarque que toutes les valeurs de ph sont acceptables et ne dépassent pas la norme fixée pour le pH qui doit être comprise entre 7 et 9 pour le MK WATER et 8 et 9 pour SAFT WATER. Cette norme est différente comparée à celle fixée par l'OMS qui varie entre 6,5 et 9,5. Les valeurs de ph enregistrées dans les eaux de barrage de Boussiaba après traitement allant oscillent entre 7.59 et 8.14 pour MK WATER et entre 6.79 et 8.08 pour Soft Water.



**Fig. III.2.** Variabilité temporelle du pH en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021

#### III.4.1.2. Conductivité électrique CE

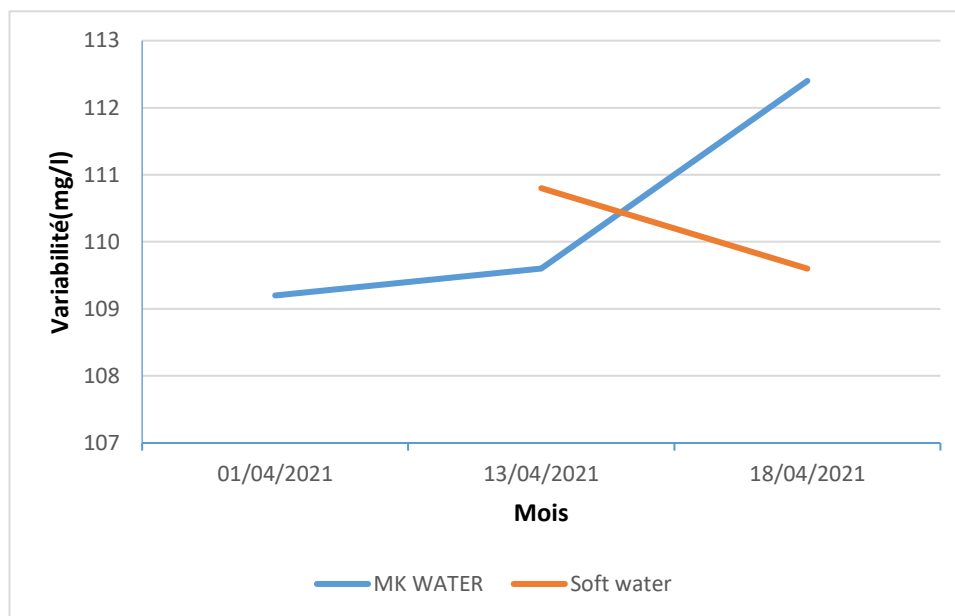
D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau 1 et représentés dans la Figure III.3, La norme industrielle fixée pour la conductivité doit être de  $462 \mu\text{s}/\text{cm}$  pour MK WATER. Cette norme est largement inférieure à la norme de potabilité des eaux fixée par l'OMS à  $2500 \mu\text{s}/\text{cm}$ . En effet, les eaux de production traitée présentent une conductivité assez faible comprise entre  $246 \mu\text{s}/\text{cm}$  et  $330 \mu\text{s}/\text{cm}$ . Il en est de même pour soft water qui présentent des concentrations également faibles et comprises de  $248$  à  $335 \mu\text{s}/\text{cm}$ .



**Fig. III.3.** Variabilité temporelle du Conductivité en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021

### III.4.1.3. La dureté totale :

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.1 et représentés dans la Figure III.4, La norme industrielle fixée pour la dureté totale doit être inférieure à 50 mg/l, les eaux de production (MK WATER, Soft water) présentent des teneurs de la dureté variant entre 109,2 et 112,4 mg/l, qui dépassent largement la norme.



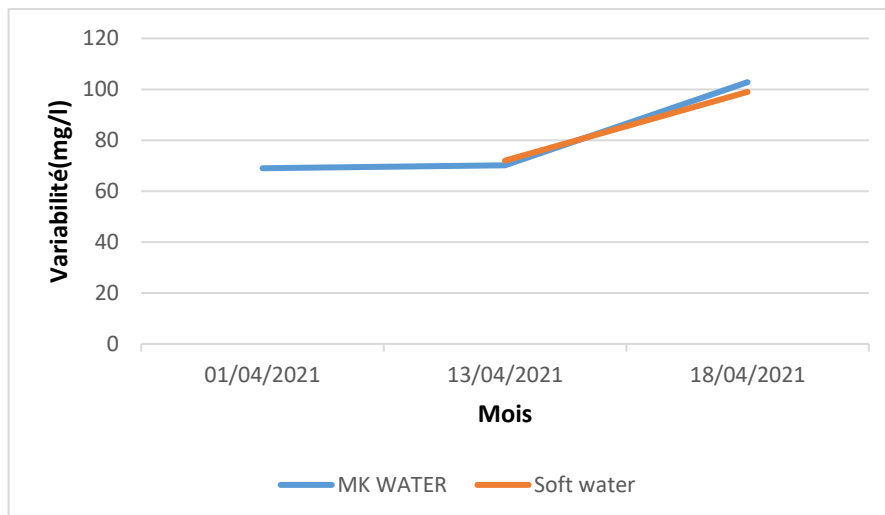
**Fig. III.4.** Variabilité temporelle de la dureté en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021

### III.4.1.4. Calcium

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.1 et représentés dans la Figure III.5, La norme industrielle fixée pour le calcium doit être inférieure à 35 mg/l pour MK WATER. Cette dernière présente des concentrations oscillantes entre 69 mg/l et 102.8 mg/l. on remarque qu'elles dépassent largement dépasse le seuil admis par la réglementation en vigueur en matière de qualité de l'eau industrielle.

Pour soft water, la norme industrielle fixée pour le calcium doit être inférieure à 10mg/l pour, toutes les Concentrations sont supérieures de la norme fixée. Cela devrait favoriser le processus d'entartrage et de cumul des sels minéraux dans les équipements industriels du site.



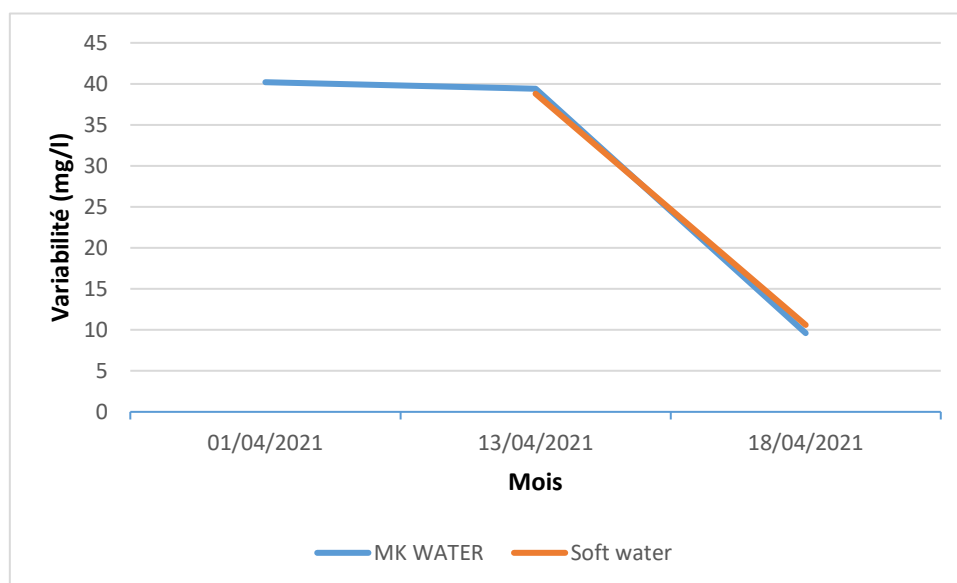


**Fig. III.5.** Variabilité temporelle de calcium en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021

#### III.4.1.5. Magnésium <sup>+</sup>

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.1 et représentés dans la Figure III.6, La norme industrielle fixée pour le magnésium doit être inférieure à 50mg/l pour MK WATER. Cette dernière présente des concentrations comprises entre 9.6 mg/l et 40.2 mg/l. on remarque que la concentration analysée est inférieure à la norme. Ces valeurs sont en lien avec celles de la dureté totale de l'eau qui semblent également assez élevées.

En revanche, la norme industrielle fixée pour le magnésium doit être inférieure à 10mg/l pour Soft Water, toutes les concentrations sont supérieures au seuil fixé.



**Fig. III.6.** Variabilité temporelle de magnésium en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021

### III.4.1.6. M-alcalinité

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.1 et représentés dans la Figure III.7, La norme industrielle fixée pour le M-alcalinité doit être inférieure à 35mg/l, les eaux de production (MK WATER, Soft water) présentent des teneurs de M-alcalinité oscillant entre 26 mg/l et 34 mg/l, qui ne dépassent pas la norme.

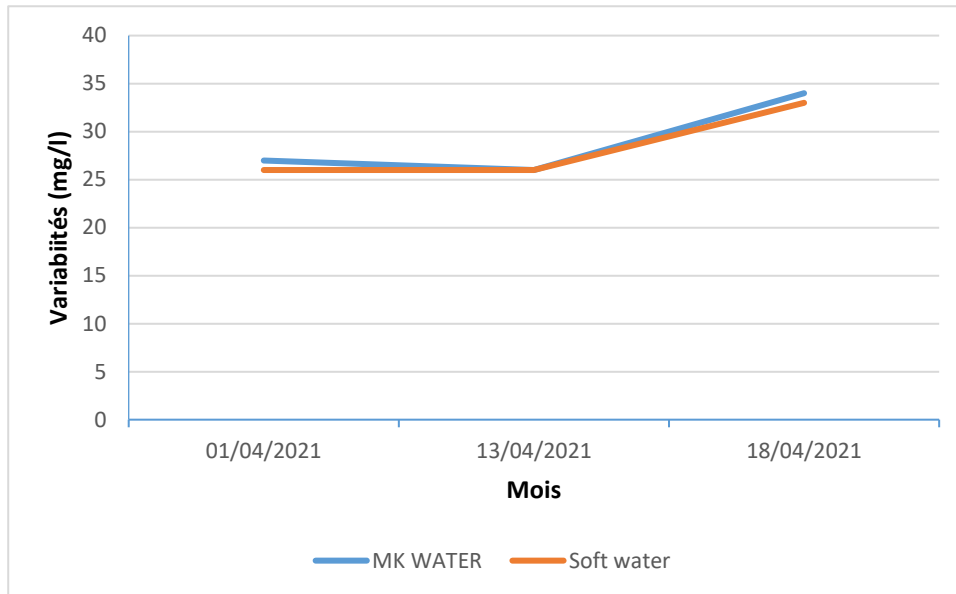


Fig. III.7. Variabilité temporelle de M-alcalinité en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

### III.4.1.7. Chlorure

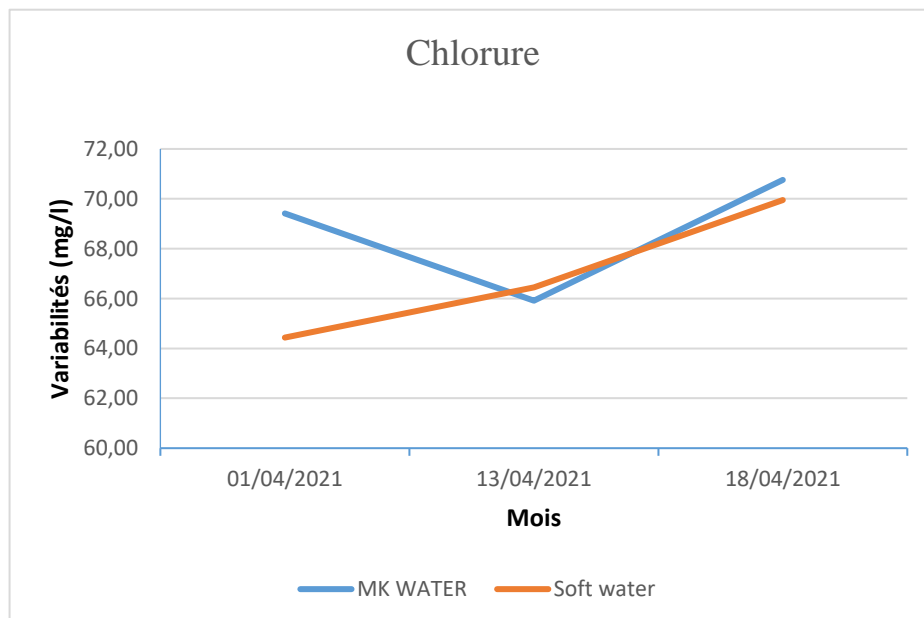
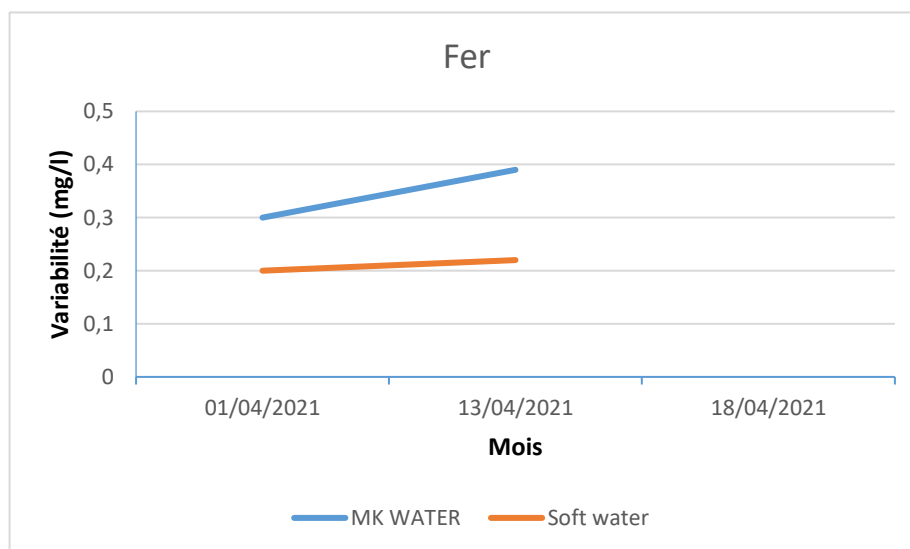


Fig. III.8. Variabilité temporelle de chlorure en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.1** et représentés dans la Figure **III.8**, La norme industrielle fixée pour les chlorures doit être inférieure à 60 mg/l. Comparativement à la norme de potabilité de l'OMS, les chlorures sont fixés à 250 mg/L, c'est pour montrer l'importance d'avoir une eau moins chargée dans les process de production industrielle. Les eaux de production analysée à l'AQS bellara en l'occurrence MK WATER, présentent des teneurs de chlorures comprises entre 64,4 et 70.8 mg/l. Elles dépassent la norme fixée. Pour ce qui de Soft water, les teneurs indiquées montrent également des valeurs variant de 64.4 à 69.9 mg/l. Ces teneurs sont élevées et devraient être revues à la baisse lors du traitement des rejets d'eau.

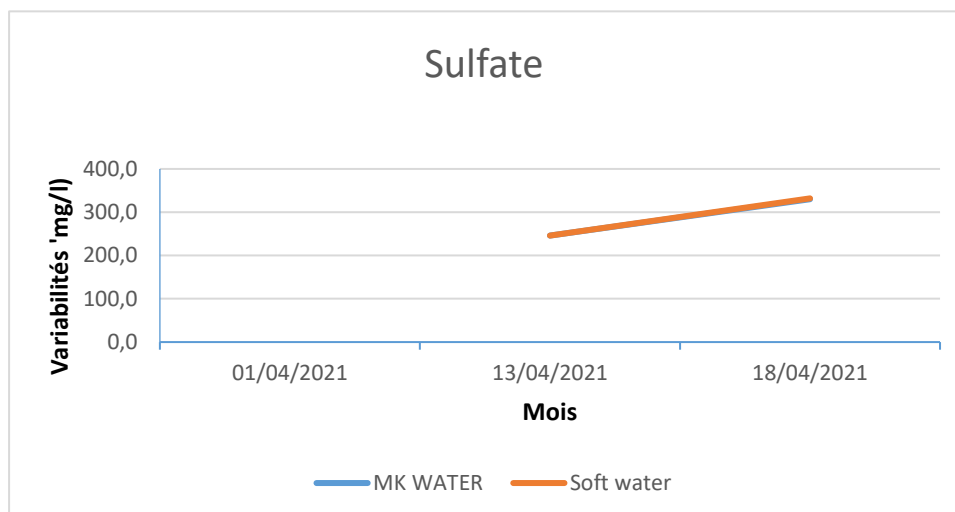
#### III.4.1.8. Fer



**Fig. III.9.** Variabilité temporelle de fer en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

Les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.1** et représentés dans la Figure **III.9**, La norme industrielle fixée pour le fer total doit être inférieure à 0.1 mg/l. Les eaux de production de MK WATER et Soft water présentent des teneurs en fer total comprises entre 0,2 mg/l et 0,3 mg/l, qui dépassent largement la norme fixée. La présence du fer dans les rejets d'eau est problématique et pourrait affecter l'écosystème de ce fait, il faudrait encore retraiter ses eaux.

### III.4.1.9. Sulfate



**Fig. III.10.** Variabilité temporelle de sulfate en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.1** et représentés dans la Figure **III.10**, La norme industrielle fixée pour le Sulfate doit être inférieure à 320 mg/l les eaux de MK WATER, présentent des concentrations comprises entre 246 et 330 et mg/l. on remarque qu'elles sont supérieures à la norme fixée. Pour Soft Water, nous avons analysée au 18 avril 2021, la teneur en sulfate est de 332 mg/l. Aucune mention à la norme Soft Water dans leur tableau d'analyse.

### III.4.1.10. Le total des solides dissous (TDS)

Le TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent les cations et les anions.

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.1**, La norme industrielle fixée pour le TDS doit être inférieure à 320 mg/l les eaux de MK WATER et Soft Water, présentent des concentrations comprises entre 247 et 250 et mg/l. on remarque qu'elles sont inférieure à la norme fixée. Pour Soft Water et MK Water, nous avons analysée sauf un seul jour au 01 avril 2021.

### III.4.1.11. Tarif spécial de solidarité (TSS)

Le TSS est tarif spécial de solidarité, en désigne spécifiquement l'aide pour le gaz à laquelle sont tenus les fournisseurs.

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau 1, La norme industrielle fixée pour le TSS doit être inférieure à 1 mg/l les eaux de MK WATER et Soft Water, présentent des

concentrations comprises entre 247 et 250 et mg/l. on remarque qu'elles sont égales à la norme fixée. Pour Soft Water et MK Water, nous avons analysée sauf un seul jour au 01 avril 2021.

#### **III.4.1.12. Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argile, limons, grains de silice, matières organiques, etc.

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale.

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.1**, La norme industrielle fixée pour le turbidité doit être inférieure à 1 mg/l les eaux de MK WATER et Soft Water, présent des concentrations comprises inférieur à 2 et mg/l. les eaux de MK WATER et Soft Water, présent des concentrations comprises entre 1 et 1.14 et mg/l. on remarque qu'elles sont inférieure à la norme fixée. Pour Soft Water et MK Water, nous avons analysée sauf un seul jour au 01 avril 2021.

#### **III.4.2. Qualité de l'eau des forages Exécution du Forage**

Un forage est une cavité, approximativement tubulaire, ayant un diamètre nominal défini par l'outil de forage. Le diamètre peut varier énormément, on parle de forage petit diamètre pour des diamètres allant jusqu'à 250 mm puis de forages à gros diamètres. Le forage est généralement rempli d'un fluide qui peut être de nature variable : boue à la bentonite, eau, mousse, boue à l'huile ou air.

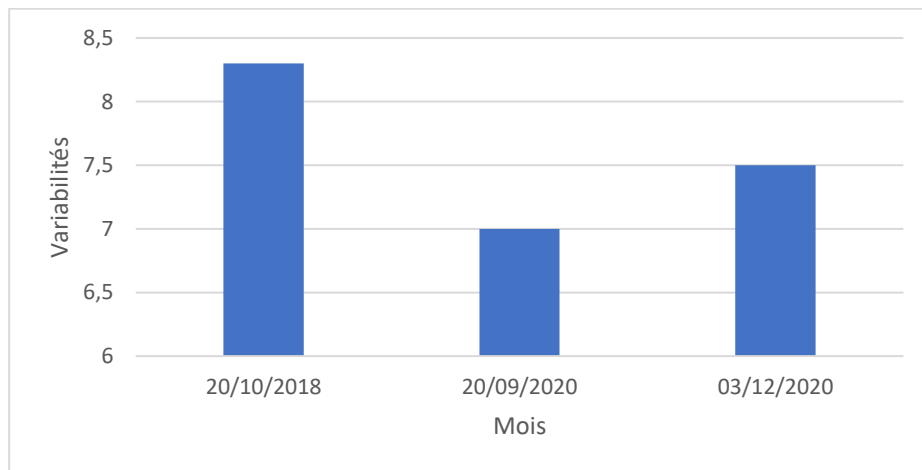
**Tab .III.2.paramètres physiques et chimiques de l'eau de forage (ONNED)**

	Paramètres	Unités	Valeur limite	31/10/2018	31/12/2019	31/11/2020
1	Température	°C	25	-	17,2	26,4
2	Ph	/	6,5-9	8.3	7	7,5
3	Conductivité	µs/cm	2800	556,25	1693	1508
4	Saturation en oxygène	Mg/l	>70	-	73,1	80
5	Demande chimique en oxygène	Mg/l	-	-	< 30	< 30
6	Demande biochimique en oxygène	Mg/l	< 3	-	< 1	< 1
7	Matière en suspension	Mg/l	25	-	< 1	< 1
8	Azote kjeldah	Mg/l	1	-	< 0,5	< 0,5
9	Nitrate	Mg/l	50	17	< 0,5	2
10	Ammonium	Mg/l	0,5	-	< 0,05	< 0,05
11	Phosphore	Mg/l	5	-	< 0,01	< 0,01
12	Chlorures	Mg/l	500	32,5	276,9	220
13	Sulfates	Mg/l	400	130,4	86	77
14	Bore	Mg/l	1	--	0,2	< 0,04
15	Fer dissous	Mg/l	0,3	0	0,03	0,04
16	Manganèse	Mg/l	0,05	-	<0,05	<0,05
17	Chrome6	Mg/l	0,05	-	0,03	0,05
18	Zinc	Mg/l	5	-	0,03	0,04
19	Escherichia coli	/100ml	20	-	5	0
20	Entérocoques	/100ml	20	-	5	0
21	Salmonelles	/	Abs dans 5000 ml	Abs	Abs	Abs

#### III.4.2.1. Potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. Avec un pH-mètre on mesure le ph des prélèvements.

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.2** et représentés dans la Figure **III.11**, La norme industrielle fixée pour le pH doit être comprise entre 6,5 et 9. Cette norme est presque la même que celle de potabilité des eaux fixées par l'OMS entre 6,5 et 9,5. Les eaux souterraines captées du forage présentent donc un pH situé entre 7 et 8.3. Les résultats obtenus semblent conformes aux exigences de l'industrie métallurgique et ses normes appliquées à son eau de production. Il faut signaler comme illustré entre octobre 2018 où la tendance est à l'alcalinité et en octobre 2020 où la tendance est généralement à la neutralité.

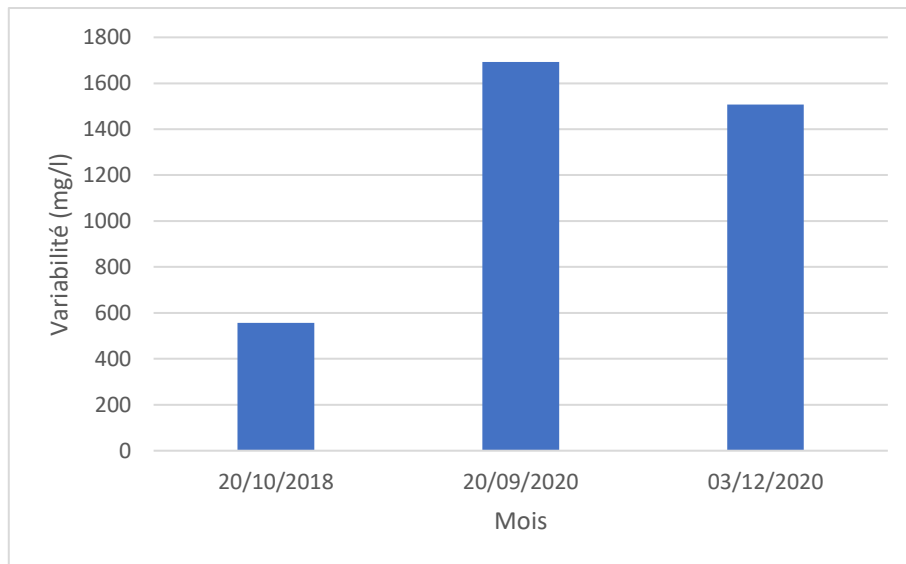


**Fig. III.11.** Variabilité temporelle de Ph en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

#### III.4.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une eau est définie comme étant la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm<sup>2</sup>, elle s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'évolution.

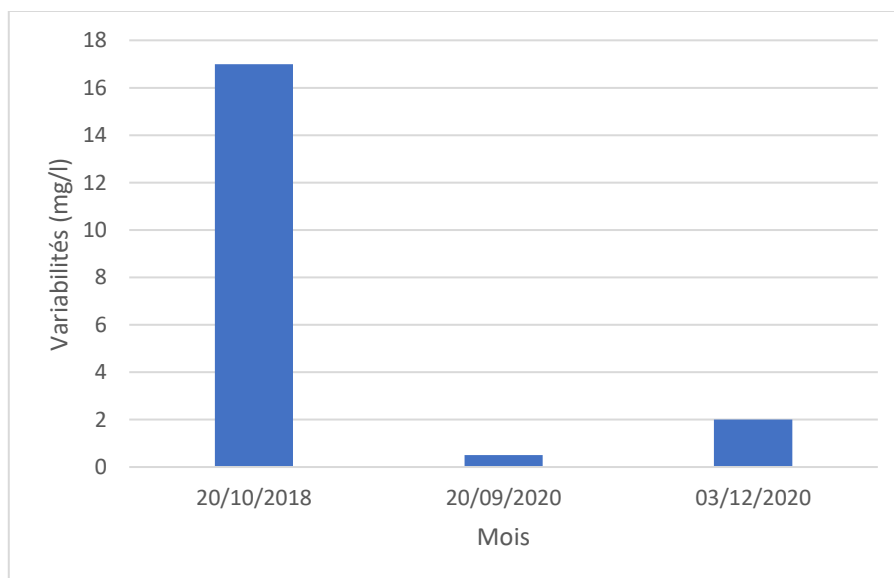
D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.2** et représentés dans la Figure **III.12**, La norme industrielle fixée pour la conductivité doit être 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette norme est supérieure à la norme de potabilité des eaux fixée par l'OMS à 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En effet, les eaux souterraines capté de forage présentent une conductivité comprise entre 556,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1693 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les résultats obtenus semblent conformes aux exigences de l'industrie métallurgique et ses normes appliquées à son eau de production. La valeur de 2018, moins concentrée coïncidait avec le démarrage de la production, aussitôt le processus de production est accéléré en 2019, les teneurs de l'eau en sels dissous ont augmenté jusqu'à atteindre 1693 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Fig. III.12.** Variabilité temporelle de conductivité en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

#### III.4.2.3. Nitrates (No3) :

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.2 et représentés dans la Figure III.13, La norme industrielle fixée pour le Nitrate doit être de 50 mg/l. Cette norme est analogue à celle des eaux potables fixée par l'OMS. Les eaux souterraines captées du forage présentent des teneurs en Nitrate assez faibles, elles sont comprises entre 0,5 et 17 mg/l. Les résultats obtenus semblent conformes aux exigences de l'industrie métallurgique et ses normes appliquées à son eau de production.

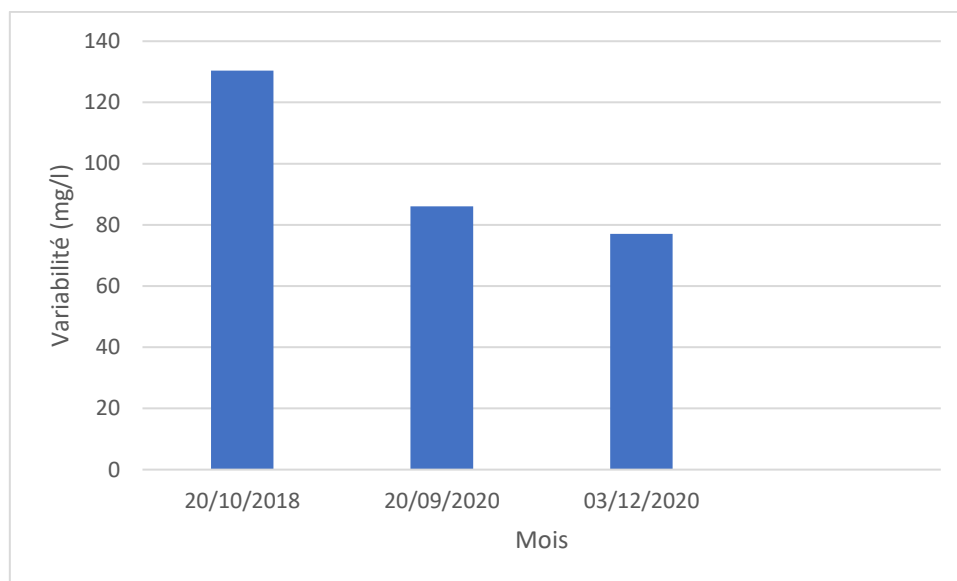


**Fig. III.13.** Variabilité temporelle de nitrate en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.



#### III.4.2.4. Sulfates

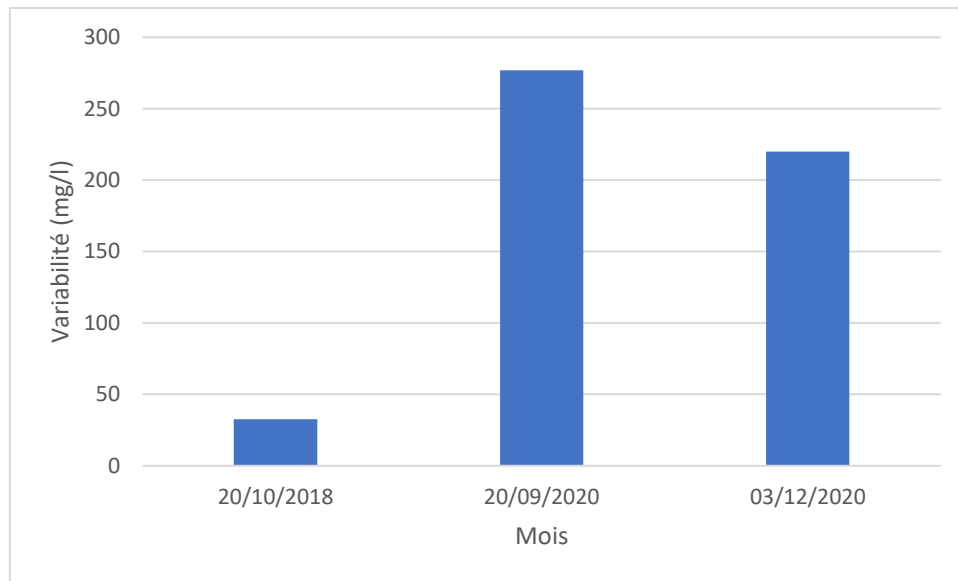
D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.2 et représentés dans la Figure III.14, La norme industrielle fixée pour le Sulfate doit être 400 mg/l, Cette norme est inférieure à la norme de la potabilité des eaux fixée par l'OMS à 500 mg/l. Les eaux souterraines capté de forage présentent des teneurs en sulfates oscillant entre 77 mg/ et 86 mg/l. Les résultats obtenus semblent également conformes aux exigences de l'industrie métallurgique et ses normes appliquées à son eau de production.



**Fig. III.14.** Variabilité temporelle de sulfatas en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

#### III.4.2.5. Chlorure

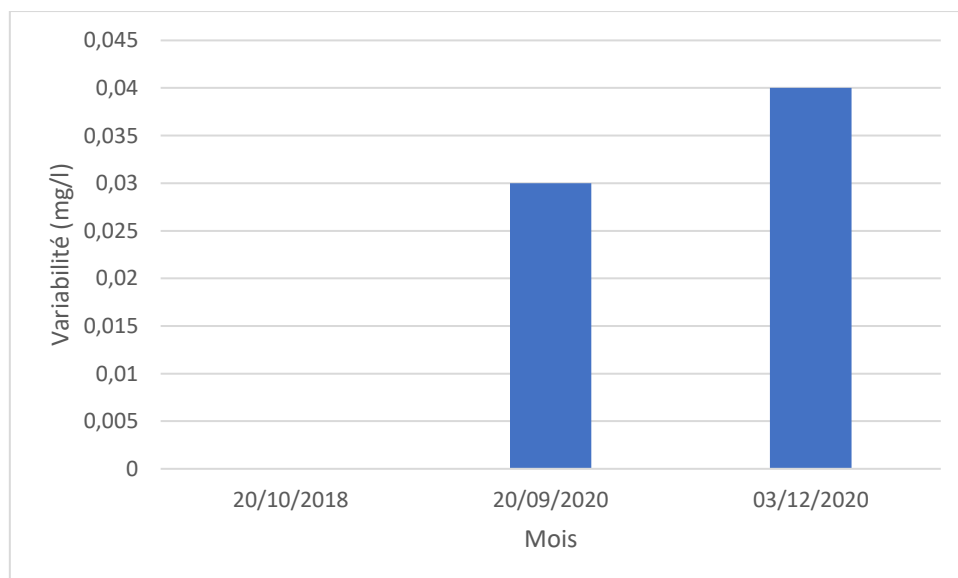
D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.2 et représentés dans la Figure III.15, La norme industrielle fixée pour le chlorure doit être inférieure ou égale à 500 mg/l. Cette norme est largement supérieure à la norme de potabilité des eaux fixées par l'OMS à 250 mg/l. Ceci étant dit, pour souligner la distinction entre les différentes normes d'eau en vigueur et les usages de l'eau dans les trois secteurs reconnus (AEP, AEI et irrigation). En effet, les eaux souterraines captées du forage présentent des teneurs en chlorures comprises entre 32,5 mg/l et 276,9 mg/l. Les résultats obtenus semblent conformes aux exigences de l'industrie métallurgique et ses normes appliquées à son eau de production.



**Fig. III.15.** Variabilité temporelle de chlorure en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

#### III.4.2.6. Fer dissous

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.2 et représentés dans la Figure III.16, La norme industrielle fixée pour la conductivité doit être 0,3 mg/l. Les eaux souterraines captées de la nappe alluviale d'oued el Kebir présentent une teneur en fer située entre 0 et 0,04 mg/l, généralement assez faibles. Les résultats obtenus semblent conformes aux exigences de l'industrie métallurgique et ses normes appliquées à son eau de production.



**Fig. III.16.** Variabilité temporelle de fer dissous en fonction de l'échantillon de prélèvement, MK water et Soft water, durant avril 2021.

### III.4.2.7. Salmonelles

Tous les bulletins d'analyse datant de 2018, 2019 et de 2020 dénotent l'absence totale des traces des salmonelles. Ceci prouve que le traitement au charbon actif et la désinfection de l'eau par l'eau de javel dans la station de traitement que possède le site industriel sont efficaces et fonctionnent selon les normes requises.

Il faut savoir que les salmonelles peuvent survivre plusieurs semaines en milieu sec et plusieurs mois dans l'eau. Elles se retrouvent donc fréquemment dans les milieux aquatiques pollués, la contamination par les excréments d'animaux porteurs étant très importante.

### III.4.3. Traitement et qualité des rejets liquides industriels

Le traitement des eaux usées industrielles est déjà connu décrit les procédés utilisés pour traiter les eaux usées produites par les industries en tant que sous-produits indésirables. Après traitement, les eaux usées industrielles (ou effluents) traitées peuvent être réutilisées ou rejetées dans un égout sanitaire ou une eau de surface dans l'environnement.

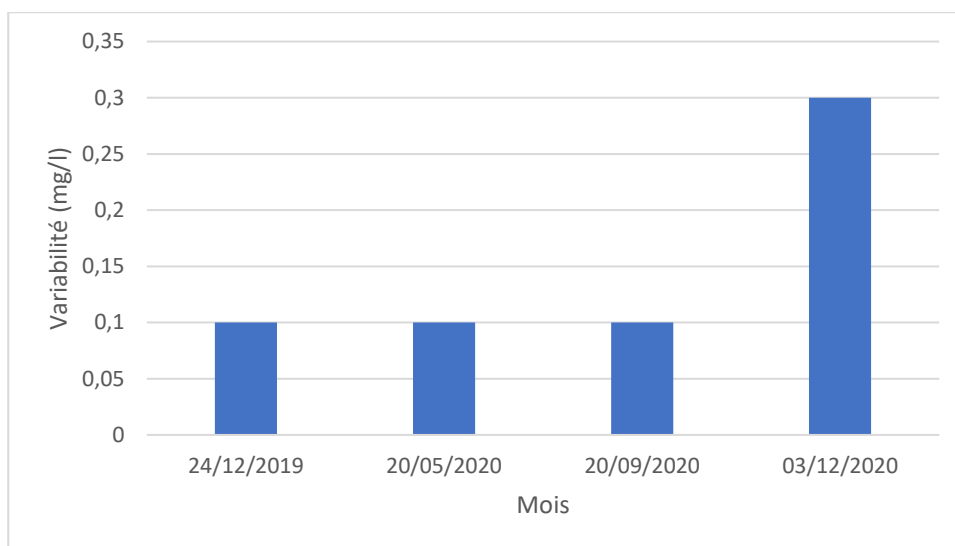
La plupart des industries produisent des eaux usées. Les tendances récentes ont été de minimiser une telle production ou de recycler les eaux usées traitées dans le processus de production.

Le Complexe AQS a une capacité pleine et autonome de traitement les eaux industrielles, et d'obtenir le niveau de qualité d'eau finale conforme aux réglementations environnementales applicables.

**Tab .III.3.**Résultats d'analyse des trois trimestres 2020 pour les rejets liquides industriels

Trimestres			Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre
Paramètre	Unité	Valeur limite	(24/12/2019)	(20/05/2020)	(20/09/2020)	(03/12/2020)
Cuivre	mg/l	1,5	<0.1	<0.1	<0.1	0,3
Nickel	mg/l	2	<0.2	<0.2	<0.2	0,4
Chrome	mg/l	1,5	0,08	0,1	0,8	0,8
Fer	mg/l	5	0,03	0,3	0,9	0,9

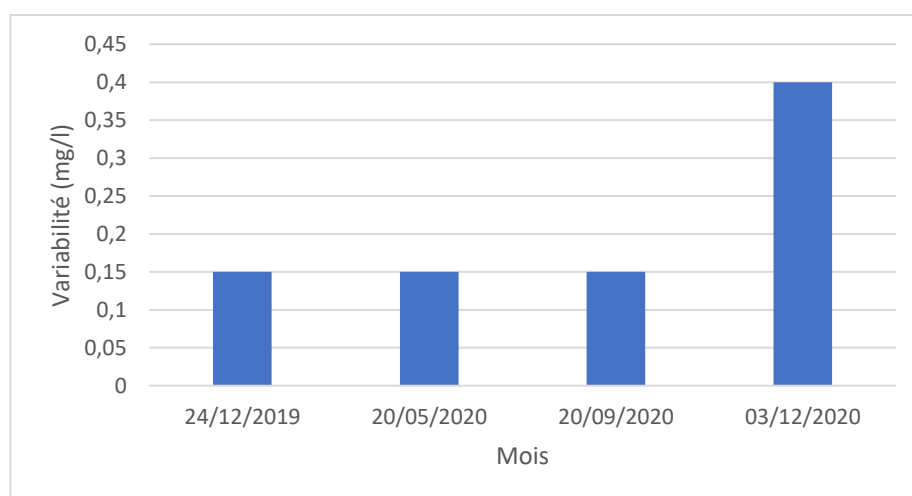
### III.4.3.1. Cuivre (Cu) :



**Fig. III.17.** Résultats de cuivre de trois trimestres pour les rejets liquide industriel

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau III.3 et représentés dans la figure III.17, les valeurs limites des concentrations sont normatives et ne dépassant pas la norme algérienne fixée par l'ONDD. Pour ce que du cuivre, sa teneur dans les rejets liquides industriels du site sidérurgique est située entre 0.1 et 0.3 mg/l. La norme industrielle fixées pour le cuivre doit être inférieure ou égale à 1.5 mg/l. les résultats obtenus semblent conformes avec les exigences environnementales de préservation du milieu naturel. Il faut signaler également que les teneurs varient en fonction de l'activité du site comme illustré entre décembre 2019 et décembre 2020. En effet, l'année 2020 était marquée par le ralentissement de la production en raison de la crise sanitaire, les teneurs étaient de 0.1 mg/l. A la reprise fin 2020, le cuivre a marqué un saut de 0.3 mg/l.

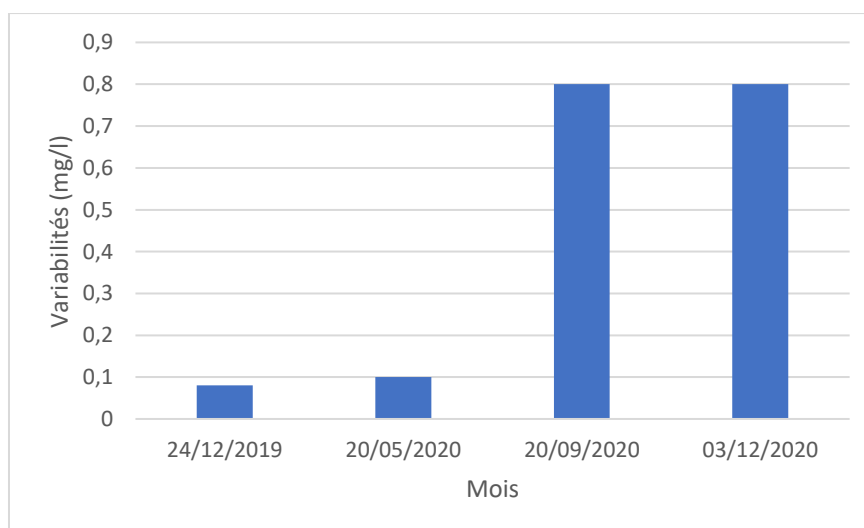
### III.4.3.2. Nickel :



**Fig. III.18.** Résultats de Nickel de trois trimestres pour les rejets liquide industriel

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.3** et représentés dans la figure **III.18**, les valeurs limites des concentrations sont normatives et ne dépassant pas la norme algérienne fixée par l'ONDD. Pour ce que du Nickel, sa teneur dans les rejets liquides industriels du site sidérurgique est située entre 0.2 et 0.4 mg/l. La norme industrielle fixées pour Nickel doit être égale à 2 mg/l. les résultats obtenus semblent conformes aux exigences environnementales de préservation du milieu naturel. Il faut signaler également que les teneurs varient en fonction de l'activité du site comme illustré entre décembre 2019 et décembre 2020. En effet, l'année 2020 était marquée par le ralentissement de la production en raison de la crise sanitaire, les teneurs étaient de 0.2 mg/l. A la reprise fin 2020, le Nickel a marqué un saut de 0.4mg/l, soit le double de sa teneur initiale.

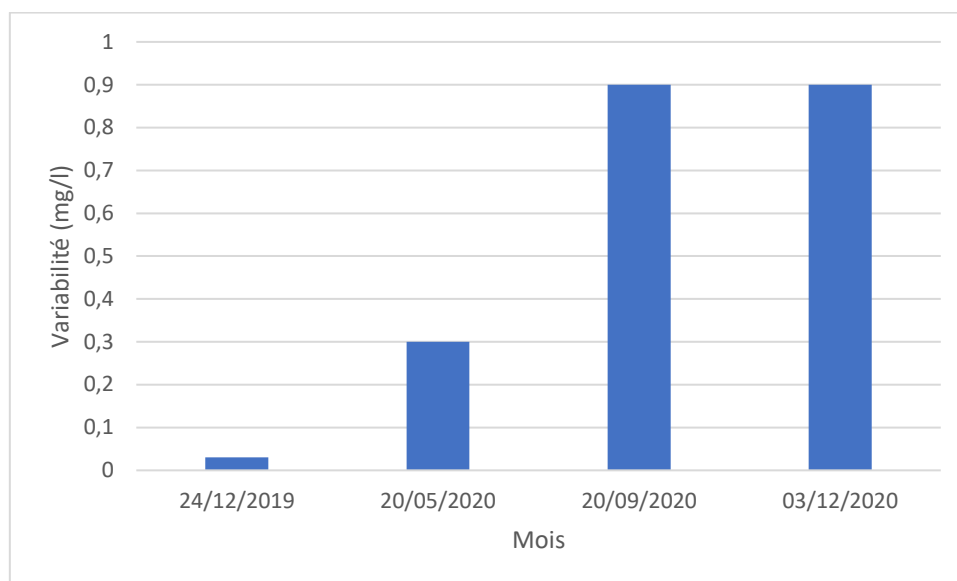
#### III.4.3.3. Chrome (Cr) :



**Fig. III.19.** Résultats de Chrome de trois trimestres pour les rejets liquide industriel

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.3** et représentés dans la figure **III.19**, les valeurs limites des concentrations sont normatives et ne dépassant pas la norme algérienne fixée par l'ONDD. Pour ce que du chrome, sa teneur dans les rejets liquides industriels du site sidérurgique est située entre 0.08 mg/l et 0.8 mg/l. La norme industrielle fixées pour Chrome doit être égal 1.5mg/l. les résultats obtenus semblent conformes aux exigences environnementales de préservation du milieu naturel. Il faut signaler également que les teneurs varient en fonction de l'activité du site comme illustré entre décembre 2019 et décembre 2020. En effet, l'année 2020 était marquée par le ralentissement de la production en raison de la crise sanitaire, les teneurs étaient de 0.08 mg/l. A la reprise fin 2020, le chrome a marqué un important saut de concentration dans l'eau usée, analysée à environ 0.8mg/l.

### III.4.3.4. Fer



**Fig. III.20.** Résultats de Fer de trois trimestres pour les rejets liquides industriels

D'après les résultats obtenus consignés dans le tableau **III.3** et représentés dans la figure **III.20**, les valeurs limites des concentrations sont normatives et ne dépassant pas la norme algérienne fixée par l'ONDD. Pour ce qui est du chrome, sa teneur dans les rejets liquides industriels du site sidérurgique est située entre 0.03 et 0.9 mg/l. La norme industrielle fixées pour le Fer doit être égal 5 mg/l. les résultats obtenus semblent conformes avec les exigences environnementales de préservation du milieu naturel. Il faut signaler également que les teneurs varient en fonction de l'activité du site comme illustré entre décembre 2019 et décembre 2020. En effet, l'année 2020 était marquée par le ralentissement de la production en raison de la crise sanitaire, les teneurs étaient de 0.03 mg/l. A la reprise fin 2020, le chrome a marqué un saut de 0.9mg/l.

#### Conclusion :

L'évaluation de la qualité des eaux industrielles pour l'environnement a été réalisée à l'aide de différentes méthodes d'indice telles que les paramètres physico-chimiques. Parmi ceux-ci, la majorité des résultats étaient conformes aux différentes normes de qualité destinée à la production sidérurgique. Sauf quelques échantillons signalés comme ceux contenant, du calcium, de la dureté totale, des sulfates, des chlorures et même du fer total. Les valeurs obtenues dépassent la norme requise pour chaque catégorie d'eau analysée en avril 2021.

## Conclusion Générale

La plaine de Bellara constitue une zone d'effondrement tectonique tertiaire comblée par les dépôts oligo- miocènes et quaternaires, les dépôts fluviatiles anciens et récents constituent de bons aquifères, La région d'El Milia est soumise à un climat de type Méditerranéen tempéré, caractérisé par un été chaud et doux, cette région présente un degré hygrométrique élevé en été comme en hiver, des écarts de température modérés et des pluies irrégulières s'étendant principalement pendant la période hivernale (Octobre - avril).

Ce complexe de Bellara est un projet stratégique d'un intérêt national, son emplacement dans la Wilaya de Jijel correspond à des critères de développement économiques, de cohésion et d'équilibre territorial. Le projet satisfera la grande demande interne de produits sidérurgiques. Concernant la consommation annuelle de l'eau industrielle par les différentes unités(DRI ,SMS,RM,ASU) du complexe en 2020, le **SMS** a une forte consommation d'eau industrielle parce que elle entrait en production à la fin de 2019,par rapport aux deux autres unités **DRI** et **ASU** qui ne sont pas encore entrées en production. Cela explique la faible consommation d'eau industrielle et le faible volume d'eau usée générée par la production. L'eau industrielle d'alimentation pour le procédé et la réfrigération provient des réserves d'eau superficielles du Barrage de Boussiaba situé à 7 km au NE de Bellara,

L'évaluation de la qualité des eaux industrielles a été réalisée à l'aide de différentes méthodes d'indice telles queles paramètres physico-chimiques et les analyses des éléments chimiques (Température, ph, Conductivité, matière en suspension, nitrate, chlorures, Sulfates, fer dissous, manganèse, chrome, zinc, Escherichia coli, entérocoques, salmonelles) parmi ceux-ci, la majorité des résultats est conforme aux normes requises.

Par conséquent, les résultats ont conclu que la qualité des eaux industrielles étaient généralement conformes avec les exigences environnementales de préservation du milieu naturel et elles sont convenables pour protéger l'installation industriel contre les risque de corrosion dans la station de traitement. Sauf quelques échantillons signalés comme ceux contenant, du calcium, de la dureté totale, des sulfates, des chlorures et même du fer total. Les valeurs obtenues dépassent la norme requise pour chaque catégorie d'eau analysée en avril 2021.

On propose des recommandations pour protéger les installations industrielles contre les risques de corrosion :

- L'application d'un revêtement protecteur sur les parties métalliques à protéger,
- La mise en œuvre d'une protection cathodique des parties métalliques à protéger



## Référence

- Bouillin J.P. (1977)** Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions d'El Milia et de Collo. (Algérie) Thèse Doct.Univ. P & M. Curie 511P.
- Bouillin J.P. et al. (1973)** Les olistostromes d'Age miocène inférieur liés aux flyschs allochtones kabyles de l'orogène alpin d'Algérie.B.S.G.F., (7), XV, 1973, n° 3-4.
- Bouillin J.P., Raoult J.F., (1971).**, présence sur le socle kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs. B.S.G.F., (7) XIII.n°4 P388-362
- Complexe Sidérurgique à Bellara (Jijel, Algérie),** Étude d'Impact sur l'Environnement, Mémoire (Édition 3, Décembre 2014)
- Durand Delga M., (1969)** \_Mise au point sur la structure du Nord Est de la Berbérie
- Instruction relatives à l'utilisation et la maintenance** pour XB12 - station d'épuration des eaux pour laminoir 2016 Doc. N. DP0GN9-XB12-M1000-AB001(DANIELI)
- Khoudja S., Brahimi I., (2020),** Master 1 génie des procédés d'environnement, Rapport de stage, Univ. M. S. B. Y.-Jijel, département génie des procédés.
- Mebarki A.,** La carte des grands domaines hydrogéologiques du Kebir-Rhumel (Mr,Mebarki,1979)
- Menia M., Benchenouf S., (2017),** mém.fin d'étude de Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation réalités et perspectives (cas de wilya de jijel) ; Univ.Mohammed Seddik Ben Yahia (jijel) ; Département des sciences de la terre et de l'univers, 60P.
- Mihoubi C., Boudemagh S., (2017),** mém.fin d'étude géologique et géotechnique de la zone de Bellara El-Milia (N-E Algérie) ; Univ.Larbi Ben M'hidi.Oum El Bouaghi ; Departement de Géologie, 102P.
- ONEED : Station de surveillance, Skikda**  
Publ.serv.carte.géol, Algérie, ns, n°39, PP.89-131.
- Raoult J.P.,Gérard J.P.,(1969).**relation entre la dorsale kabyle et les flyschs sur la transversale du Dj.Ghédir phase tangentielle Eocène,paléogéographie (Nord constantinois) (Algérie) Bull.Soc.Géol.France (7), XI, Paris P 523-543.
- Roubault M (1934),** La kabylie de Collo : étude géologique, Thèse.sci. Paris Bull serv. Géol. Algérie, (2), 10,272P.Alger.
- Vila J.M. (1980),** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens-Thèse Doct. Univ.Pierre et Marie Curie Paris VI, 3vol, 663P.
- Remeniras.G.,** l'hydrogéologie de l'ingénieur, Eyrolles, Paris, 456P. (1980)

## Site Webs

<https://ar.db-city.com>

[www.Fr.db-city.com](http://www.Fr.db-city.com)

## Résumé

La surveillance de la qualité des eaux destinée à l'industrie est un aspect important qui doit être pris en compte, où l'eau polluée peut affecter directement les équipements industriels. En revanche, cette eau peut devenir une source de pollution après son utilisation industrielle du fait de son rejet sans traitement. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à étudier la qualité et le traitement de l'eau à usage industriel du complexe sidérurgique de bellara situé à El Milia, wilaya de Jijel. Nous avons analysé trois catégories d'eau, à savoir, l'eau de production appelée MK water et soft water, l'eau de forage et l'eau de rejets industriel traités avant sa réinjection dans le circuit de l'usine. nous avons conclu que l'eau destinée à l'industrie sidérurgique du complexe AQS de bellara ne dépasse pas la norme algérienne fixée par l'ONNED, cela confirme que la qualité de ces eaux industrielles est généralement conforme avec exigences environnementales de préservation du milieu naturel. Sauf quelques échantillons signalés comme ceux contenant, du calcium, de la dureté totale, des sulfates, des chlorures et même du fer total. Les valeurs obtenues dépassent la norme requise pour chaque catégorie d'eau analysée en avril 2021.

**Mot clé : Ballara , industrielle , pollution ,traitement.**

## المخلص

تعد مراقبة جودة المياه المخصصة للصناعة جانبًا مهمًا يجب أخذه في الاعتبار ، حيث يمكن أن تؤثر المياه الملوثة بشكل مباشر على المعدات الصناعية. من ناحية أخرى ، يمكن أن تصبح هذه المياه مصدرًا للتلوث بعد استخدامها الصناعي بسبب تصريفها دون معالجة. في هذا العمل ، نحن مهتمون بدراسة جودة ومعالجة المياه للاستخدام الصناعي لمجمع الصلب في بيلارا. تقع في الولاية جيجل. قمنا بتحليل ثلاث فئات من المياه ، وهي مياه الإنتاج المسماة MK water and soft water ، ومياه الحفر ومياه الصرف الصناعي المعالجة قبل إعادة حقنها في دائرة المصنع. خلصنا إلى أن المياه المخصصة للصناعة الصلب في مجمع AQS في بيلارا لا تتعدى المواصفة الجزائرية التي حددها ONNED ، وهذا يؤكد أن جودة هذه المياه الصناعية تتوافق بشكل عام مع المتطلبات البيئية للحفاظ على البيئة الطبيعية. باستثناء عينات قليلة تم الإبلاغ عنها مثل تلك التي تحتوي على الكالسيوم والصلابة الكلية والكبريتات والكلوريدات وحتى الحديد الكلي. تتجاوز القيم التي تم الحصول عليها المعيار المطلوب لكل فئة من فئات المياه التي تم تحليلها في أبريل 2021.

**الكلمة الرئيسية: بلارة ، صناعية ، تلوث ، علاج.**

## Abstract

Monitoring the quality of water intended for industry is an important aspect that must be taken into account, where polluted water can directly affect industrial equipment. On the other hand, this water can become a source of pollution after its industrial use due to its discharge without treatment. In this work, we are interested in studying the quality and the treatment of water for industrial use of the steel complex of bellara. located in El Milia, wilaya of Jijel. We analyzed three categories of water, namely, production water called MK water and soft water, drilling water and industrial waste water treated before its reinjection into the plant circuit. we concluded that the water intended for the steel industry of the AQS complex in bellara does not exceed the Algerian standard set by the ONNED, this confirms that the quality of this industrial water generally complies with environmental requirements for the preservation of the natural environment . Except a few reported samples like those containing, calcium, total hardness, sulfates, chlorides and even total iron. The values obtained exceed the standard required for each category of water analyzed in April 2021.

**Keyword: Ballara, industrial, pollution, treatment.**