

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ DJILALI LIABÈS
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT**

Laboratoire : Ecodéveloppement des Espaces

**Thèse de Doctorat en Sciences
Spécialité : Sciences de l'Environnement
Option : Eau et Environnement**

THÈME

**Origine, caractérisation et impacts de la pollution sur les oueds Mekerra
(Wilaya de Sidi Bel Abbès) et El Gourzi (Wilaya de Batna) et leurs
environnements : Approches et perspectives de protection et de conservation**

Présentée par : ZEGHIB-ZOUITA Nadjoua

Soutenue le :

Devant le jury composé de :

Président : BOUZIDI Mohamed Ali

Pr Univ. Djilali Liabès - Sidi Bel Abbès

Examineur : MOUEDDENE Kada

Pr Univ. Djilali Liabès - Sidi Bel Abbès

Examineur : CHIBOUB FELLAH Abdelghani

Pr Univ. Aboubekr Belkaid - Tlemcen

Examineur : BOUZIANE Mohamed Tewfik

Pr Univ. Mohamed Khider - Biskra

Examineur : ZENASNI Mohamed Amine

MCA Univ. Aboubekr Belkaid - Tlemcen

Directeur de thèse : BENYAHIA Mohamed

Pr Univ. Djilali Liabès - Sidi Bel Abbès

**Année universitaire
2021/2022**

DEDICACES

 Je dédie cette thèse à ... 

A mon très cher mari Samir, une spéciale dédicace,

Lumière de mon chemin. Ma vie à tes cotés est remplie de belles surprises. Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.

Sans ton aide, tes conseils et tes encouragements ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A mes enfants ;

- Ma belle princesse, Nourhane

- Le plus gentil des garçons, mon fils Hicham

- Mon petit ange, Mohamed Aram.

Que Dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein

A mes grands parents

Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mes parents, que j'aime beaucoup

A mes frères et sœurs, une spéciale dédicace et remerciement à mon frère Nadir

A tous les membres de ma belle famille ZEGHIB sans exception et spécialement mon beau père et ma belle mère pour leurs gentillesse

A toute ma famille ZOUITA

A toutes les copines que j'ai connu

REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur de thèse : Le professeur BENYAHIA Mohamed, ex, Doyen de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de l'université Djilali Liabés de Sidi Bel Abbés, que je remercie pour avoir dirigé mes travaux et m'avoir guidé par ses conseils et surtout par ses qualités humaines.

Mes plus sincères remerciements vont aux membres du jury :

Le président de jury :

Et les examinateurs :

Je remercie également Monsieur BOUZIDI Mohamed Ali, qui n'a cessé de m'aider.

Mes remerciements les plus sincères pour tous les membres de l'ONA, qui m'ont aidé soit dans leurs laboratoires ou leurs directions : à Batna et Sidi Bel Abbés

Un remerciement pour les membres du laboratoire de l'ADE de Sidi Bel Abbés, qui m'ont aidé pour la réalisation des analyses microbiologiques, et l'ADE de Batna, pour les précieuses données et informations qui m'ont été fournies

Mes remerciements vont également aux responsables de la DRE de Sidi Bel ABBES et la DRE de BATNA

Un spécial remerciement à monsieur BOUZIANE Mohamed Tewfik, professeur a l'université Mohamed Kheider de Biskra, pour toute son aide.

RESUME

En Algérie, et durant, au moins, les deux dernières décennies, le problème de la pollution des oueds est inquiétant qui a pris beaucoup d'ampleur, et ce, au vu de la croissance démographique, de la très grande accélération de l'urbanisation que connaissent toutes les villes, agglomérations, villages... et du développement industriel... sont les principales causes de la pollution de la majorité des oueds, principalement, ceux traversant les centres urbains et ou ruraux. Ils sont devenus de véritables égouts charriant toutes les catégories d'eau usées et autres.

Ainsi, cette étude vient justement pour s'intéresser aux origines de la pollution de l'oued Mekerra (wilaya de Sidi Bel Abbés) et celle de l'oued El Gourzi (wilaya de Batna) qui est due aux déversements directs des eaux d'assainissement de différentes origines dans ces deux cours d'eau.

Oued Mekerra, reçoit la totalité des eaux d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés, ainsi que celles d'autres localités.

Les eaux industrielles sont également drainées par oued El Melah vers l'oued Mekerra, sans aucune épuration, et sont chargées de microorganismes et de métaux lourds, tel que le Cadmium..., ainsi que des taux de matières bios non biodégradables.

Oued Mekerra draine les nappes souterraines de Ras El Ma et Moulay Slissen, qui contiennent des taux considérables de Nitrates qui peuvent se mélanger avec les eaux de l'oued Mekerra dans cette partie de Sidi Bel Abbés où le Mekerra prend naissance.

Dans la partie Nord de la wilaya de Sidi Bel Abbés, où se trouve l'aquifère alluvionnaire de la nappe, l'oued charge la nappe et, dans cette partie, il peut être la cause de contamination(s) des ressources hydriques souterraines.

Quant à oued El Gourzi de Batna, il véhicule depuis des années les eaux usées, et ce, en l'absence totale de station d'épuration (STEP), où cette dernière n'a été mise en service qu'en 2005.

Oued El Gourzi reçoit quotidiennement les eaux rejetées par la zone industrielle de Kechida, ce qui explique la présence de différents éléments chimiques, dont les plus dangereux sont les métaux lourds.

Une pollution microbienne est également détectée, avec la présence de matières bios non biodégradable, ce qui favorise la prolifération des agents pathogènes.

Oued El Gourzi est plus pollué que l'oued Mekerra, et ce, sur la base des résultats et conclusion des travaux de la présente thèse de doctorat.

L'irrigation avec les eaux usées des deux oueds est connue dans les deux régions de la présente étude, ce qui peut être la cause de la contamination de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher par oued El Gourzi.

Et la contamination, aussi, de l'aquifère alluvionnaire de la plaine de Sidi Bel Abbés par oued Mekerra, à partir des zones de recharge de la nappe.

Les résultats obtenus, à partir des analyses physico-chimiques et microbiologiques, montrent clairement le degré des pollutions qu'ont atteints les eaux des deux oueds, et ce, à cause des rejets des eaux usées non réglementés.

Cependant, grâce à l'installation récente de stations d'épuration (STEP) pour le traitement partiel de ces eaux usées, les résultats obtenus sont probants et conformes aux normes algériennes et de l'OMS, qui permettent d'utiliser ces eaux traitées et épurées dans l'irrigation agricole.

Mots clés : Oued Mekerra, oued El Gourzi, pollution, environnement, irrigation, contamination, eaux usées, nappe souterraine.

الملخص

في الجزائر، وخلال العقدين الأخيرين على الأقل، كانت مشكلة تلوث الأودية مثيرة للقلق، وقد استحوذت على قدر كبير من الأهمية، وهذا، في ضوء النمو الديموغرافي، للتسارع الكبير للغاية في التحضر، من قبل جميع البلديات والمدن والقرى... والتنمية الصناعية... هي الأسباب الرئيسية للتلوث في غالبية الوديان، وخاصة تلك التي تعبر المراكز الحضرية و / أو الريفية. لقد أصبحوا مجاري حقيقيا تحمل جميع فئات مياه الصرف الصحي وغيرها.

من خلال دراستنا تبين أن مصدر تلوث واد مكرة لسيدي بلعياش و واد القرزي لباتنة هي مياه الصرف الصحي و الأكثر تلوثا هي المياه القذرة الناتجة عن المصانع هذا النوع من المياه يكون محملا بالمواد الكيميائية المضرة للصحة وللبيئة.

في واد مكرة تمكنا من إيجاد كمية معتبرة من المواد الكيميائية المضرة بالصحة و بالبيئة وقد تضر أيضا بالمياه الجوفية التي يمددها واد مكرة بالماء وهي نفس النقاط التي قد تكون منفذا للمواد الملوثة الكيميائية منها والبكتولوجية التي تتواجد حسب التحاليل في مياه هذا الواد.

الشيء الذي يزيد من حدة التلوث هو سقي مساحات من المناطق الزراعية خاصة في شمال الولاية كسيدي ابراهيم مثلا أين تمكنا من إيجاد عناصر ملوث مضررة بالبيئة بصفة عامة فالمياه المتسربة نحو الأحواض الجوفية قد يكون له عوqb وخيمة عل الإنسان محيطه رغم أن ماء واد مكرة يخضع للتصفية على مستوى محطة معالجة المياه ولكن لجزء فقد من المياه القذرة فالنتيجة انه عند اختلاط الجز المصفى و الجزء الي لم يخضع للتفنية فإن النتيجة سلبية والمياه المتواجدة في الواد ما تزال محملة بالملوثات.

أما بالنسبة لواد القرزي لباتنة، فإن درجة تلوثه أكثر حدة من واد مكرة باعتبار أن محطة معالجة المياه القذرة لولاية باتنة لم تدخل في الخدمة إلا سنة 2005 و بالتالي الملوثات متمركزة في الواد منذ عشرات السنين ومن الصعب التخلص منها.

واد القرزي لباتنة يتلقى يوميا المياه القذرة للمنطقة الصناعية لكشيدة دون أن تخضع لأي نوع من المعالجة التي من المفروض توفرها كل وحدة صناعية تعتبر ملوثة حسب القوانين العلمية والجزائرية ولكن للأسف هذه المعايير لم تؤخذ بعين الاعتبار و النتيجة انتشار الملوثات في واد القرزي الذي يقوم بإيصال هاته الكميات الملوثة لسهول المعذر التي تحتوي على أهم خزان للمياه الجوفية التي توفر المياه الصالحة للشرب لولاية باتنة وبالتالي قد تتغلغل الملوثات عبر المنافذ التي تغذي المياه الجوفية و تؤدي لتلويثه.

السقي بالمياه القذرة في سهول المعذر جعل الأمر أكثر تعقيدا فكان في العديد من الأوقات سببا في انتشار الأمراض المتنقلة عن طريق المياه.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية درجة التلوث التي وصلت إليها مياه الوديان، بسبب تصريف المياه العادمة غير المنظمة.

ومع ذلك، وبفضل التركيب الأخير لمحطات التنقية (STEP) للمعالجة الجزئية لمياه الصرف الصحي هذه، فإن النتائج التي تم الحصول عليها مقنعة وتتوافق مع المعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية، والتي تسمح باستخدام هذه المياه المعالجة وتنظيفها في الري الزراعي.

الكلمات الدلالية : واد مكرة، واد القرزي، المياه القذرة، البيئة، التلوث، مصدر التلوث، حماية.

ABSTRACT

In Algeria, and during the last two decades, the problem of the pollution of the wadis is worrying which has grown considerably, and this, in view of the demographic growth, the very great acceleration of urbanization experienced by all cities, towns, villages... and industrial development... are the main causes of pollution in the majority of wadis, mainly those crossing urban and/or rural centers. They have become veritable sewers carrying all categories of wastewater and others.

Thus this study clearly demonstrates that the origin of the pollution of wadi Mekerra or wadi El Gourzi is the direct discharge of sewage water of different origins into these two rivers.

Wadi Mekerra of Sidi Bel Abbes receives the totality of sanitation of the city of Sidi Bel Abbes and some localities.

Industrial waters are also drained by Wadi El Mellah to Wadi Mekerra without undergoing any purification, these waters are responsible for microorganisms and heavy metals such as cadmium, as well as organic and non-biodegradable material levels.

Wadi Mekerra drains the groundwater of Ras El Ma and Moulay Slissen which contain considerable nitrate that can mix with the waters of Wadi Mekerra in this part of Sidi Bel Abbes the Mekerra is born so it does not contain pollutant element at this level.

In the northern part of the wilaya of Sidi Bel Abbes where the alluvial aquifer of the aquifer is located, the wadi loads the aquifer and in this part wadi Mekerra can cause the contamination of the underground water resources.

Wadi El Gourzi and Batna have for years been carrying wastewater in the total absence of a treatment plant which is commissioned in 2005.

Wadi El Gourzi receives daily water rejected by the industrial zone of Kechida which explains the presence of various chemical elements of which the most dangerous are heavy metals.

Microbial pollution is also detected with the presence of organic material and non-biodegradable which promotes the proliferation of pathogens.

Wadi El Gourzi is more polluted than wadi Mekerra according to our study.

Irrigation with the waste water of the two wadis is known in the two regions of our Study which can be the cause of the contamination of the alluvial aquifer of the plain of El Madher by wadi El Gourzi.

And the contamination of the alluvial aquifer of the plain of Sidi Bel Abbés by wadi Mekerra, from the groundwater recharges areas.

The results obtained, based on physicochemical and microbiological data, clearly show the degree of pollution that the waters of the two wadis have reached, due to unregulated wastewater discharges.

However, thanks to the recent installation of purification stations (STEP) for the partial treatment of this wastewater, the results obtained are convincing and comply with Algerian

and WHO standards, which allow the use of this treated water and cleansed in agricultural irrigation.

Key words : Wadi Mekerra, wadi El Gourzi, pollution, environment, irrigation, contamination, wastewater, groundwater.

Liste des figures (1/2)

	INTITULE DE LA FIGURE	Page
Figure n° 1	Répartition de l'eau sur la Terre (Anonyme, 2017)	5
Figure n° 2	Eau potable une ressource mal répartie (OMS, UNICEF, 2000)	5
Figure n° 3	Disponibilité en eau douce dans le monde (www.cnrs.fr 2011)	6
Figure n° 4	Répartition des besoins en eau dans chaque secteur (FAO, 2011a)	7
Figure n° 5	Classification des métaux lourds en fonction des risques et de l'intérêt agronomique (Assad, 2017)	12
Figure n° 6	Situation géographique du bassin versant de l'oued Mekerra (Yahiaoui, 2012)	18
Figure n° 7	Situation du bassin versant de l'oued Mekerra par rapport au bassin versant de la Macta (Bourek, 2010)	19
Figure n° 8	Découpage administratif de la wilaya de Sidi Bel Abbés en daïras et communes	21
Figure n° 9	Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbés	22
Figure n° 10	Profil de la ville de Sidi Bel Abbés (Bendjelloul et al., 2017)	23
Figure n° 11	Coupe longitudinale de la ville de Sidi Bel Abbés (Bendjelloul et al., 2017)	23
Figure n° 12	Coupe transversale de la ville de Sidi Bel Abbés (Bendjelloul et al., 2017)	23
Figure n° 13	Profil en long du cours d'eau principal «Mekerra» (Mokadmi, 2012)	24
Figure n° 14	Carte de relief de Sidi Bel Abbés (Anonyme, 1961)	25
Figure n° 15	Localisation des stations hydroclimatologiques (Yahiaoui, 2012)	26
Figure n° 16	Courbe Ombrothermique de la station de Sidi Bel Abbés (Semari, 2016)	29
Figure n° 17	Carte géologique du bassin de l'oued Mekerra (Mokadmi, 2012)	32
Figure n° 18	Coupes lithostratigraphiques des forages implantés sur la bordure Sud-est de la plaine de Sidi Bel Abbés (Lebid, 2001, in Yousfi, 2008)	32
Figure n° 19	Carte de la recharge potentielle de la plaine de Sidi Bel Abbés (Benkesmia et al., 2017)	35
Figure n° 20	Carte piézométrique de la nappe libre Plio-quaternaire de Sidi Bel Abbés (oct. /nov. 1971) (Bouanani et al., 2014)	37
Figure n° 21	Evolution spatiale des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la nappe de Ras El Ma (Hallouche, 2017)	38
Figure n° 22	Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la nappe de Ras El Ma, selon la méthode DRASTIC (Hallouche, 2017)	39
Figure n° 23	Alimentation et drainage de la nappe par l'oued Mekerra (Sourisseau, 1973, in Yousefi, 2008)	42
Figure n° 24	Vue aérienne d'ensemble du barrage (lac) d'oued Sarno (ANDI, 2013)	44
Figure n° 25	Situation de l'AEP de la wilaya de Sidi Bel Abbés (DHW, Sidi Bel Abbés, 2008, in Aloui Labiod, 2013)	46
Figure n° 26	Réseau hydrographique de la wilaya de Sidi Bel Abbés	47

Liste des figures (2/2)

Figure n° 27	Hiérarchisation du réseau hydrographique du sous bassin versant de l’oued Mekerra (Mokadmi S, 2012)	47
Figure n° 28	Situation de la ville de Batna (Boutrid, M.L, 2017)	55
Figure n° 29	Situation géographique de la wilaya de Batna (Baaziz, 2008)	56
Figure n° 30	Carte du relief de la wilaya de Batna (ANDI, 2013)	57
Figure n° 31	Carte des courbes isohyètes de Batna (B.N.E.D.E.R, 1983, in Menani, 1991)	60
Figure n° 32	Coupes géologiques des sondages M1, M2 et M3 (Menani, 1991)	66
Figure n° 33	Nature géologique de la région de Batna (extrait de la carte géologique à l’échelle 1/5000) (Baaziz, 2008)	67
Figure n° 34	Alimentation de la plaine d’El Madher (Menani, 1991)	69
Figure n° 35	Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la plaine d’El Madher (Menani, 2004)	70
Figure n° 36	Réseau hydrographique de la ville de Batna	71
Figure n° 37	Réseau hydrographique du bassin versant de l’oued El Madher (Mennani, 1991)	72
Figure n° 38	Champ captant externe de la ville de Batna (ADE, Batna, 2000)	74
Figure n° 39	Forages alimentant la ville de Batna (DHW/ Batna, in Baaziz, 2008)	75
Figure n° 40	Carte de localisation de la station d’épuration des eaux usées (STEP) de la ville de Batna (Google Earth, Février 2016, in Boudhan <i>et al.</i>, 2016)	78
Figure n° 41	Réseau d’assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés (ONA, Sidi Bel Abbés, 2012, modifié par Zouita (2018))	84
Figure n° 42	Points des prélèvements au niveau de l’oued Mekerra (Google Earth, 2012)	86
Figure n° 43	Prélèvements P1, P2 près de la station d’épuration de Sidi Bel Abbés (Google Earth, 2018)	88
Figure n° 44	Situation des prélèvements P1 et P2 par rapport à l’oued Mekerra et oued El Melah (Google Earth, 2018)	89
Figure n° 45	Situation des prélèvements P3 et P4 par rapport à oued Mekerra et oued El Melah (Google Earth, 2018)	91
Figure n° 46	Situation des prélèvements P5 et P6 au niveau de l’oued Mekerra, entre Sidi Bel Abbés et Sid Brahim (02 Avril 2014) (Google Earth, 2018)	92
Figure n° 47	Station d’épuration de Batna (Google Earth, 2017)	94
Figure n° 48	Cours d’eau au milieu de la ville de Batna	95
Figure n° 49	Vue générale des points des prélèvements au niveau d’oued El Gourzi (Google Earth, 2018)	96
Figure n° 50	Schéma récapitulant la pollution de l’oued El Gourzi (Zouita, 2002)	100
Figure n° 51	Prélèvement R1 dans la zone industrielle de Kechida, près de l’usine de textiles (COTITEX) (Google Earth, 2018)	103
Figure n° 52	Points des prélèvements R1, R2 et R3 par rapport à la ville de Batna et la plaine d’El Madher (Google Earth, 2017)	105
Figure n° 53	Sites d’étude de l’oued El Gourzi de Batna (Google Earth, 2017)	133

Liste des tableaux (1/2)

	INTITULÉ DU TABLEAU	Page
Tableau n° 1	Répartition de l'eau sur la Terre (United States Geological Survey, 1996)	4
Tableau n° 1'	Volume estimé des réserves d'eaux douces sur terre. Dans les océans le volume d'eau salée est de 1.335 millions de km ³ . Il y aurait cependant dans le manteau autant d'eau que dans les océans (De Marsily, 2020).	4
Tableau n° 2	Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (Tamrabet, 2012)	13
Tableau n° 3	Caractéristiques de quelques stations pluviométriques du bassin versant de l'oued Mekerra	26
Tableau n° 4	Pluies moyennes annuelles (mm) du bassin de l'oued Mekerra (Mokadmi, 2012)	27
Tableau n° 5	Répartition mensuelle moyenne de la pluie annuelle du bassin versant à la station d'El Haçaiba	28
Tableau n° 6	Températures mensuelles de la station de Sidi Bel Abbés de 1974 à 2012 (Semari, 2016)	29
Tableau n° 7	Données climatiques du bassin versant de l'oued Mekerra (ANRH, in Mokadmi, 2012)	30
Tableau n° 8	Caractéristiques du réseau hydrographique du bassin versant d'oued Mekerra (Bourek, 2010)	48
Tableau n° 9	Variation annuelle des précipitations d'Ain Skhouna (période 1971- 2011) (Guellouh, 2017)	58
Tableau n° 10	Variations moyennes mensuelles des précipitations (période 1971-2011) (Guellouh, 2017)	59
Tableau n° 11	Variations mensuelles moyennes des précipitations pour la période 1984-2005 (Belouanas, 2012)	59
Tableau n° 12	Températures moyennes mensuelles d'Ain Skhouna (période 1971- 2011) (Guellouh,S. 2017)	61
Tableau n° 13	Températures moyennes mensuelles de la station de Batna (période 1986-1996) (Belouanas, 2012)	61
Tableau n° 14	Relation températures-précipitations des deux stations (1986-1996)	62
Tableau n° 15	Evaporation moyenne mensuelle d'Ain Skhouna (période 1971-2011) (Guellouh, 2017)	62
Tableau n° 16	Humidité relative (%) à la station d'Ain Skhouna (1988-2000) (Zouita, 2002)	62
Tableau n° 17	Vitesse moyenne du vent à la station d'Ain Skhouna pour une période de 12 ans (1988-2000) (Zouita, 2002)	63
Tableau n° 18	Ensoleillement moyen sur une période de 12 ans (1988-2000) (Zouita, 2002)	63
Tableau n° 19	Localisation des points des prélèvements au niveau de l'oued Mekerra	86
Tableau n° 20	Résultats des <u>métaux lourds</u> de quelques unités industrielles (Bendjammaa et al., 2015)	101

Liste des tableaux (2/2)

Tableau n° 21	Résultats des analyses <u>physico-chimiques</u> de quelques unités industrielles (Bendjammaa F et al., 2015)	101
Tableau n° 22	Résultats des analyses physico-chimiques (P1-P2-P3-P4) (11 Mars 2013)	108
Tableau n° 23	Résultats des analyses physico-chimiques (22 Mai 2013)	110
Tableau n° 24	Résultats des analyses physico-chimiques (02 Avril 2014)	111
Tableau n° 25	Résultats des analyses microbiologiques (02 Avril 2014)	112
Tableau n° 26	Moyenne des résultats des analyses microbiologiques des eaux usées de l'oued Mekerra (Bensalem, 2008)	113
Tableau n° 27	Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour le mois d'Août 2013	117
Tableau n° 28	Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période humide (mois de Mars 2014)	120
Tableau n° 29	Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période sèche (mois de Juillet 2014)	122
Tableau n° 30	Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période humide (mois de Mars 2015)	124
Tableau n° 31	Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période sèche (mois de Juillet 2015)	126
Tableau n° 32	Résultats des analyses physico-chimiques (26 Mars 2017)	128
Tableau n° 33	Fiches journalières de la station d'épuration de Batna (mois de Mars 2017)	130

Liste des photos

	INTITULE DE LA PHOTO	Page
Photo n° 1	Eaux usées traitées et épurées à la sortie de la STEP, pour rejoindre les eaux industrielles véhiculées par l’oued Mekerra (Cliché, Zouita, 11/03/2013)	51
Photo n° 2	Eaux industrielles véhiculées par l’oued Mekerra qui ne sont pas pris en charge par la STEP (Cliché, Zouita, 11/03/2013)	52
Photo n° 3	Merdja Mezouala, l’exutoire du bassin versant de la plaine d’El Madhar où la nappe est en résurgence (cliché, Zouita, 2002)	65
Photo n° 4	Prélèvement P1 à la sortie de la station d’épuration (11 Mars 2013)	87
Photo n° 5	Prélèvement P2 Tronçon de l’oued véhiculant des eaux qui ne sont pas raccordées au réseau d’assainissement (11 Mars 2013)	88
Photo n° 6	Prélèvement P3 avant la STEP de Sidi Bel Abbés (11 Mars 2013)	90
Photo n° 7	Prélèvement P4 au niveau de l’oued Mekerra à la présence d’un déversoir d’orage (11 Mars 2013)	90
Photo n° 8	Prélèvement P5 à la sortie de la ville de Sidi Bel Abbés vers Sidi Brahim (2 Avril 2014)	91
Photo n° 9	Prélèvement P6 à l’entrée de Sidi Brahim (2 Avril 2014)	92
Photos n° 10 et 11	Prélèvements R1 dans la zone industrielle de Kechida près de l’usine de textiles (COTITEX)	102
Photo n° 12 et 13	Prélèvement R2 en face de l’OAIC, à proximité de la STEP de Batna [Cliché, Zouita, le 26 Mars 2017]	104
Photos n° 14 et 15	Prélèvements R3 entre Fesdis et El Madher [Cliché, Zouita, le 26 Mars 2017]	104
Photo n° 16	Merdja Mezouala, l’exutoire du bassin versant de la plaine d’El Madhar où la nappe est en résurgence	106
Photo n° 17 et 18	Dessèchement de l’ued El Madher (Oued El Gourzi) près de Merdja Mezouala (Cliché, Zouita, le 26 Mars 2017)	106
Photos n° 19 et 20	Eau de l’oued El Gourzi après Merdja Mezouala, qui reprend son écoulement [Cliché, Zouita, le 11/06/2018]	106
Photo n° 21	Echantillons des eaux des prélèvements R1, R2 et R3	107

Liste des graphes

	INTITULE DU GRAPHE	Page
Graphe n° 1	Evolution des paramètres détecteurs de pollution dans l'oued Mekerra (11 Mars 2013)	109
Graphe n° 2	Evolution de quelques éléments chimiques dans l'oued Mekerra (22 Mai 2013)	110
Graphe n° 3	Evolution de quelques éléments chimiques dans l'oued Mekerra (22 Mai 2014)	111
Graphe n° 4	Paramètres détecteurs de pollution à la sortie de la STEP (Août 2013)	119
Graphe n° 5	Evolution de la pollution au niveau d'oued El Gourzi (Mars 2014)	120
Graphe n° 6	Eaux épurées sortantes de la STEP de Batna (Mars 2014)	121
Graphe n° 7	Evolution de la pollution au niveau de l'oued EL Gourzi (Juillet 2014)	122
Graphe n° 8	Evolution de la DBO₅, DCO et MES, à la sortie de la station d'épuration de Batna (Juillet 2014)	123
Graphe n° 9	Evolution de la DBO₅, DCO et MES, au niveau d'oued El Gourzi (Juillet 2014)	124
Graphe n° 10	Evolution de la DBO₅, DCO et MES, à la sortie de la STEP (Juillet 2014)	125
Graphe n° 11	Evolution de la DBO₅, DCO et MES au niveau d'oued El Gourzi (Juillet 2015)	126
Graphe n° 12	Evolution de la DBO₅, DCO et MES, à la sortie de la STEP (Juillet 2015)	126
Graphe n° 13	Evolution de la DBO₅, DCO et MES, pour les prélèvements d'oued El Gourzi (26 Mars 2017)	128
Graphe n° 14	Evolution des Nitrates, Nitrites, Azote ammoniacal pour les prélèvements d'oued El Gourzi (26 Mars 2017)	129
Graphe n° 15	Evolution de la DBO₅, DCO et MES au niveau d'oued El Gourzi (26 Mars 2017)	130

TABLE DES MATIERES

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Liste des graphes	
Résumé	
ملخص	
Abstract	

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

PARTIE I : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : L'eau dans tous ses états

Introduction.....	3
I- Ressources de l'eau dans le monde.....	3
I-1- Répartition de l'eau sur la Terre.....	3
I-2- Disponibilité de l'eau douce dans le monde.....	5
I-3- Eau et les développements.....	6
II- Situation de l'eau en Algérie.....	7
III- Assainissement en Algérie.....	7
III-1- Irrigation par les eaux usées traitées et épurées.....	8

Chapitre II : La réutilisation des eaux usées traitées et épurées

Introduction.....	10
I- Utilisation sans risque(s) des eaux usées traitées et épurées.....	11
II- Loi Algérienne (Journal Officiel de la République Algérienne).....	11
III- Directives de l'OMS et de la FAO.....	12
III-1- Métaux lourds.....	12
III-2- Microorganismes.....	12
IV- Mesures à appliquer avant la consommation des aliments.....	14
Conclusion.....	14

PARTIE II : Etude expérimentale

Introduction.....	16
--------------------------	-----------

Chapitre III : Présentation de la région de Sidi Bel Abbés (oued Mekerra)

Introduction.....	17
A- Présentation de la zone d'étude.....	18
A-1- Bassin versant de l'oued Mekerra.....	18
A-2- Relation entre l'oued Mekerra et le bassin versant de la Macta.....	19
- Haute Mekerra.....	20
- Moyenne Mekerra.....	20
- Basse Mekerra.....	20
B- Situation géographique.....	20
C- Situation topographique.....	22
• Profil en long de l'oued Mekerra de la wilaya de Sidi Bel Abbés.....	23
• Relief.....	24
a. Zones de montagnes.....	25
b. Zones de plaine.....	25
c. Zones de steppe.....	25
D- Situation climatique.....	25
D-1- Précipitations.....	27
D-1-1- Précipitations mensuelles.....	28
D-2- Températures.....	29
D-2-1- Relation entre les températures et les précipitations.....	29
D-3- Humidité.....	30
D-4- Vents.....	30
D-5- Evaporation.....	30
E- Aperçu géologique.....	31
E-1- Géologie du bassin versant de l'oued Mekerra.....	31
F- Aperçu hydrogéologique.....	33
F-1- Plaine de Sidi Bel Abbés.....	33
1. Nappe des calcaires et dolomies Jurassico-crétacé (<i>monts de Sidi Ali Benyoub</i>)...	33
2. Nappe des calcaires de Zigyne (Aptien) (<i>forêt domaniale de Belarbi</i>).....	33
3. Nappe des calcaires Eocènes (<i>Sidi Ali Boussidi</i>).....	33
4. Nappe des grès Pliocènes (<i>forêt de Tenira</i>).....	34

5. Nappe du Plio-quaternaire (<i>Sidi Bel Abbés</i>).....	34
6. Zones de recharges.....	34
- Zones de très forte recharge.....	34
- Zones de forte recharge.....	34
- Zones de moyenne recharge.....	34
- Zones de faible recharge.....	35
7. Zones d'alimentation.....	36
8. Zones de drainage.....	36
9. Gradient.....	36
F-2- Sous bassin versant de la haute Mekerra.....	37
1- Nappe de Ras El Ma.....	37
2- Nappe de Moulay Slissen.....	39
G- Aperçu hydrologique.....	40
G-1- Oued Mekerra.....	40
G-2- Variabilité des débits moyens bruts.....	40
H- Ressources hydriques.....	43
H-1- Historique des ressources hydriques à Sidi Bel Abbés.....	43
H-2- Ressources hydriques actuelles.....	43
H-2-1- Ressources hydriques superficielles.....	43
• Barrage Sarno.....	43
• Retenues collinaires.....	44
H-2-2- Ressources hydriques souterraines.....	44
• Forages.....	44
• Puits.....	45
• Sources.....	45
H-3- Analyse du niveau de satisfaction en eau potable.....	45
I- Réseau hydrographique.....	46
J- Réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés.....	48
J-1- Historique du réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés.....	48
J-2- Rejets de la ville de Sidi Bel Abbés.....	50
- Rejets d'eaux usées domestiques.....	50
- Raccordement des unités industrielles.....	50

- Eaux usées du secteur sanitaire.....	50
- Eaux usées des abattoirs.....	50
J-3- Station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbès.....	51
Conclusion.....	52

Chapitre IV : Présentation de la région de Batna (oued El Gourzi)

Introduction.....	54
A- Situation géographique.....	54
B- Situation topographique.....	56
B-1- Relief.....	56
B-1-1- Hautes plaines telliennes.....	56
B-1-2- Reliefs montagneux (où la jonction des deux Atlas).....	56
C- Situation climatique.....	57
C-1- Précipitations.....	58
C-2- Températures.....	61
C-3- Relation températures-précipitations.....	61
C-4- Evaporation.....	62
C-5- Humidité relative.....	62
C-6- Vitesse des vents.....	62
C-7- Ensoleillement.....	62
D- Aperçu géologique.....	63
D-1- Plaine d'El Madher.....	63
D-2- Aquifère.....	64
- Niveaux des aquifères profonds du recouvrement.....	65
- Aquifère de surface.....	65
E- Aperçu hydrogéologique.....	66
*Oueds El Gourzi et El Madher.....	69
F- Réseau hydrographique.....	70
G- Ressources hydriques de la ville de Batna.....	72

H- Réseau d'assainissement de la ville de Batna.....	76
H-1- Rejets de la ville de Batna.....	76
H-2- Unités industrielles de la ville de Batna.....	77
I- Station d'épuration de la ville de Batna.....	77

Chapitre V : Problématique de la pollution de l'oued Mekerra

1- Problématique.....	79
2- Choix des sites des prélèvements.....	81
2-1- Points et les périodes des prélèvements.....	82
2-2- Conditions des prélèvements.....	82
3- Rejets de la ville de Sidi Bel Abbés.....	83
3-1- Rejets des unités industrielles de la ville de Sidi Bel Abbés.....	83
3-2- Irrigation par les eaux usées de l'oued Mekerra.....	84
4- Points des prélèvements.....	85
4-1- Prélèvement P1.....	87
4-2- Prélèvement P2.....	87
4-3- Prélèvement P3.....	89
4-4- Prélèvement P4.....	90
4-5- Prélèvements P5 et P6.....	91

Chapitre VI : Problématique de la pollution de l'oued El Gourzi

1- Problématique.....	93
2- Choix des sites des prélèvements.....	95
3- Rejets de quelques unités industrielles.....	98
• COTITEX.....	98
• ENIPEC.....	98
• ORELAIT.....	98
• ORAVIE.....	99
• ENBAG.....	99
4- Points des prélèvements.....	101
4-1- Point de prélèvement R1.....	101

4-2- Point de prélèvement R2.....	103
4-3- Point de prélèvement R3.....	104
4-4- Merdja Mezouala.....	105
5- Visualisation des prélèvements.....	107

Chapitre VII : Résultats et discussions

I- Oued Mekerra.....	108
I-1- Résultats des analyses physico-chimiques (P1-P2-P3-P4) (11 Mars 2013).....	108
I-2- Résultats des analyses physico-chimiques (22 Mai 2013).....	109
I-3- Résultats des analyses physico-chimiques (02 Avril 2014).....	110
I-4- Résultats des analyses microbiologiques (2/4/2014).....	112
I-5- Interprétation des résultats des analyses.....	114
Conclusion.....	114
II- Oued El Gourzi.....	117
II-1- Résultats des analyses physico-chimiques du mois d'Août 2013.....	117
II-2- Résultats des analyses physico-chimiques pour le mois de Mars 2014.....	119
II-3- Résultats des analyses physico-chimiques du mois de juillet 2014.....	121
II-4- Résultats des analyses physico-chimiques du mois du Mars 2015.....	123
II-5- Résultats des analyses physico-chimiques du mois de Juillet 2015.....	125
II-6- Résultats des analyses physico-chimiques prélèvements R1-R2-R3 (Mars 2017)...	127
II-7- Rapport des analyses journalières au niveau de la STEP (Mars 2017).....	130
II-8- Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques.....	131
II-9- Interprétation des paramètres détecteurs de pollution par éléments.....	131
▪ DBO ₅ et DCO.....	132
▪ Nitrates, Nitrite et Azote Ammoniacal.....	132
Conclusion.....	133
Conclusion générale.....	135

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Après le développement urbain, industriel et agricole, les besoins en eau augmentent de plus en plus au point où les ressources hydriques ne sont plus suffisantes, et en même temps ces ressources hydriques, qu'elles soient superficielles ou souterraines, subissent malheureusement une altération qui augmente de jour en jour. Ce problème de pollution est rencontré sur tout le globe terrestre, mais son taux diffère d'un pays à l'autre (**Bentekhici et al., 2018**).

Avec l'eau qui se raréfie et la pollution des eaux superficielles qui augmente, la réutilisation des eaux usées traitées et épurées reste une solution qu'il faut prendre en considération pour minimiser l'impact de la pollution des cours d'eau sur l'environnement et la préservation des ressources hydriques souterraines. La réutilisation des eaux usées épurées en agriculture est recommandée (**Hannachi et al., 2014**).

L'eau est une substance unique, qui se renouvelle et se nettoie naturellement, en permettant aux polluants de s'infiltrer (par le processus de sédimentation) ou se détruire, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile, lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajoutés à l'eau (**Benkaddour, 2018**).

Notre étude s'intéresse aux réseaux hydrographiques de deux (2) zones en Algérie, qui sont : la wilaya de Batna, au Nord Est, et celle de Sidi Bel Abbés, au Nord Ouest, du pays, et ce, en procédant par une approche sur l'état des différentes ressources hydriques de leurs deux bassins versants, qui vient s'ajouter et enrichir des études et des recherches antérieures, effectuées pendant les années antérieures, afin d'aboutir à la réalité du terrain, à savoir : la présence d'une pollution générée par les oueds de chacune des deux zones.

Il faut savoir, après cette approche, quel est le degré de cette pollution et qu'elle solution apportée pour sauvegarder les deux écosystèmes d'une catastrophe écologique qui aggraverait certainement la situation.

Le problème en Algérie a commencé simultanément, en comparaison avec d'autres pays en voie de développement urbain, industriel et agricole.

Cependant, ce problème de pollution est plus grave en Algérie car, depuis des décennies, il y a une utilisation irrationnelle et irréfléchie des ressources hydriques, ajoutant à cela, l'absence ou la présence de stations d'épurations (STEP) qui sont à l'arrêt ! Ce qui fait que tous les rejets liquides sont véhiculés par les oueds et "lâchés" dans la nature sans traitement ni épuration, et le degré de la gravité de ce problème diffère d'une wilaya à l'autre et s'amplifie, malheureusement, d'année en année.

La pollution des oueds en Algérie est un sujet très pertinent et grave, vu l'impact de cette pollution qui touche tous les êtres vivants et leurs environnements, respectifs.

Une étude du réseau d'assainissement de chaque région sera faite, et ce, pour voir le taux de raccordement avec les stations d'épuration, sans oublier la recherche sur les différentes

industries et activités existantes dans les deux wilayas et voir si ses unités de chaque région possèdent des stations d'épuration (STEP), spécifique ou pas.

Pour cette étude, des prélèvements ont été effectués au niveau de l'oued Mekerra, de Sidi Bel Abbés, ainsi que oued El Gourzi, de Batna, pour effectuer le dosage des éléments chimiques et les détecteurs de pollution, telles que : **DBO₅**, **DCO**, **MES...**, ainsi que le dosage de quelques micropolluants, tels que : **Cr**, **Cd**, **Pb...**, s'il y a possibilité.

Dans cette partie, les déductions faites seront prises en charge dans les parties suivantes de cette étude pour mieux comprendre quel sera l'impact de la pollution, surtout industrielle, sur l'écosystème.

Vu que le secteur agricole est le grand consommateur d'eau, une partie de cette étude est consacrée à l'irrigation des terres agricoles de chaque site d'étude avec les eaux polluées des oueds. Dans cette partie, l'oued Mekerra de Sidi Bel Abbés a fait l'objet d'une enquête et des analyses physico-chimiques, pour montrer les dangers liés à l'irrigation avec les eaux usées des oueds.

Dans le cadre des travaux de recherche de cette thèse de doctorat, son contenu est divisé en deux parties où chacune est subdivisée, à son tour, en chapitres. Cette étude s'articule autour de :

✚ **La première partie, synthèse bibliographique**, est consacrée aux ressources hydriques, avec leurs répartitions et disponibilités dans le monde et en Algérie. Un aperçu sur l'assainissement est également abordé dans le **premier chapitre**, de cette première partie, en se basant sur les différents rapports de l'Office National de l'Assainissement(ONA). Le **deuxième chapitre**, est consacré à un aperçu sur la réutilisation des eaux usées traitées et épurées en agriculture, et ce, comme étant une solution contre la pollution des oueds et la préservation des ressources hydriques souterraines et superficielles.

✚ **La deuxième partie**, est consacrée à l'**étude expérimentale**, avec la présentation des deux sites de l'étude, leurs situations géographiques, leurs bassins versants... ainsi qu'une étude du milieu pour chaque wilaya. Le **premier chapitre**, de cette deuxième partie, concerne oued Mekerra, de la wilaya de Sidi Bel Abbés. Le **deuxième chapitre**, est consacré à oued El Gourzi, de Batna.

Toujours, dans la **deuxième partie**, un **autre chapitre**, qui a pour but d'effectuer les prélèvements des échantillons nécessaires aux analyses à opérer, et ce, pour chacun des deux oueds concernés. Un **autre chapitre**, dans cette **deuxième partie**, concerne les **résultats et discussions des analyses physico-chimiques et microbiologiques**, d'**abord**, ceux de l'oued Mekerra, de Sidi Bel Abbés, et, **ensuite**, ceux de l'oued El Gourzi, de Batna.

A la fin, des **propositions** et **solutions** sont faites pour, peut être, essayer de minimiser ou "éradiquer" l'impact de cette pollution et autres.

Et le tout est clôturé par une **conclusion générale**.

PARTIE I

Chapitre I

L'EAU DANS TOUS SES ETATS

L'EAU DANS TOUS SES ETATS

Introduction

Dans ce chapitre, nous avons pris en considération toutes les informations, collectées auprès des organismes concernés, en rapport direct ou indirect avec la thématique du présent travail, qui concernent les ressources hydriques, la pollution des cours d'eau (les oueds) et l'impact de la mauvaise gestion des rejets liquides dans les écosystèmes.

Le développement de ces points nous a permis de donner une approche sur les ressources hydriques dans le monde, du point de vue quantitatif et qualitatif. De même, nous avons présenté la situation des ressources en eau en Algérie et évoqué le problème de la pollution des oueds qui a atteint des seuils alarmants sur le plan qualitatif.

Quelques exemples sont énumérés, en se basant sur les causes de cette pollution et les conséquences qui en résultent sur l'homme et son environnement.

I- Ressources de l'eau dans le monde :

L'air que nous respirons et l'eau qu'on utilise dans toutes les activités et tous les aspects de la vie sont existants, présents et disponibles sur la Terre, mais répartis inégalement. Leurs présences est indispensable, voire primordiale, avec des quantités qui doivent être suffisantes pour la survie des êtres vivants (**Morel, 2007**).

L'eau est présente avec 1,4 milliards de km³, comme stocks d'eau terrestre, dont 93%, représentent les eaux des océans et mers, 2,15%, des glaces et neiges, et le reste est partagé entre eaux souterraines, lacs et rivières, où 3% seulement représente l'eau douce (**tableaux n° 1 et 1'**).

I-1- Répartition de l'eau sur la Terre :

C'est l'eau douce qui nous intéresse, car elle est la source principale et vitale qui est consommée et utilisée par l'homme. Mais, malheureusement, même ce petit taux de 3% il n'est pas facilement utilisable, car il est réparti de la manière suivante (**figures n° 1**) :

- Les glaciers et les neiges éternelles, 69,6%
- Les lacs et les rivières, 0,4 %
- Les eaux souterraines, 30 %.

Les 69,6% de ces ressources hydriques ne sont pas utilisables, où ils restent environ 30 % qui peuvent être utilisés par l'homme. Là aussi, il y a un pourcentage qui se perd dans la nature, entre autre, une quantité qui s'évapore et une autre qui se jette dans les océans et les mers, sans oublier les quantités d'eau qui s'infiltrent dans les profondeurs des sols.

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'a pas varié au cours des temps géologiques. Cependant, l'eau change d'état au cours de son cycle mais sa quantité globale reste inchangée, et ce, depuis plus de 3 milliards d'années, période de son apparition sur terre. C'est l'énergie

solaire qui est le moteur du cycle de l'eau en entraînant ses changements d'état (Morel, 2007).

Donc, du point de vue quantitatif, l'eau est toujours disponible sur le globe terrestre puisqu'elle se trouve dans un cycle global naturel et permanent ; mais du point de vue qualitatif, les ressources hydriques ont subi une altération considérable qui a débuté durant le 20^{ème} siècle.

Tableau n° 1 : Répartition de l'eau sur la Terre (United States Geological Survey, 1996).

Source d'eau	Volume d'eau [km ³]	Eau douce [%]	Eau totale [%]
Océans, mers & baies	1,338,000,000	--	96.5
Calottes glaciaires, glaciers et neiges éternelles	24,064,000	68.7	1.74
Eau souterraine (douce et saline)	23,400,000	30.1 ^(d)	1.7
Humidité du sol	16,500	0.05	0.001
Hydrolaccolithe & pergélisol	300,000	0.86	0.022
Lacs (eau douce et eau saline)	176,400	0,26 ^(d)	0.013
Eau atmosphérique	12,900	0.04	0.001
Eau marécageuse	11,470	0.03	0.0008
Rivières	2,120	0.006	0.0002
Eau biologique	1,120	0.003	0.0001
Total	1,386,000,000	--	100

Tableau n° 1' : Volume estimé des réserves d'eaux douces sur terre. Dans les océans le volume d'eau salée est de 1.335 millions de km³. Il y aurait cependant dans le manteau autant d'eau que dans les océans (De Marsily, 2020).

Milieux	Volumes, km ³
Neige et glace de l'Antarctique, du Groenland et des montagnes	28 millions
Eaux souterraines à moins de 500 m de profondeur	7,5 millions
Eaux souterraines à plus de 500 m de profondeur	7,5 millions
Eaux de tous les lacs d'eau douce	176 000
Eaux présentes dans les sols	122 000
Eaux des mers intérieures	105 000
Eaux présente à tout instant dans l'atmosphère	12 700
Eaux présentes à tout instant dans toutes les rivières	1 700
Eau des cellules vivantes	1 100

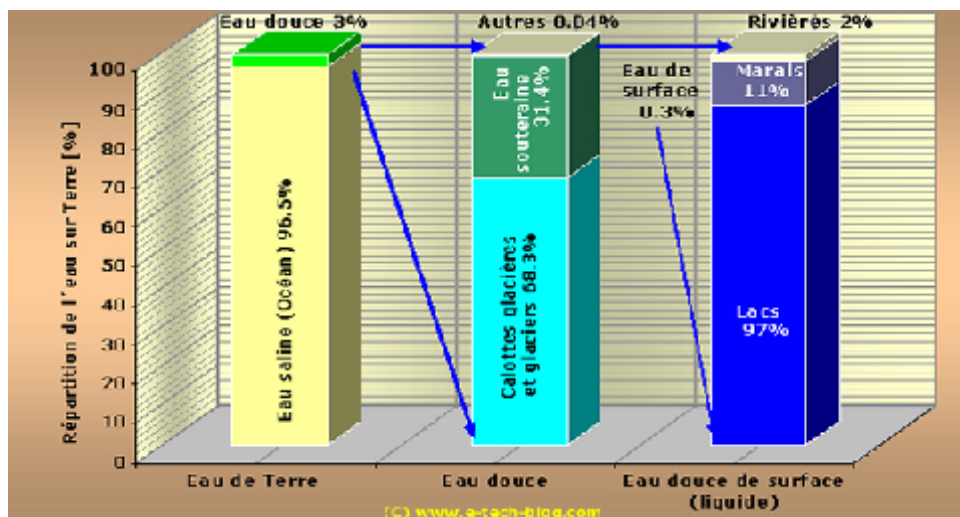


Figure n° 1 : Répartition de l'eau sur la Terre (Anonyme, 2017).

I-2- Disponibilité de l'eau douce dans le monde :

Il faut signaler que la disponibilité de ces quantités d'eau sur le globe terrestre n'est pas toujours au profit de la consommation humaine. Par exemple, une grande partie des ressources hydriques mondiales est disponible là où la demande humaine est restreinte, comme dans les bassins de l'Amazonie, au Canada et en Alaska (**figure n° 2**) (OMS, UNICEF, 2000).

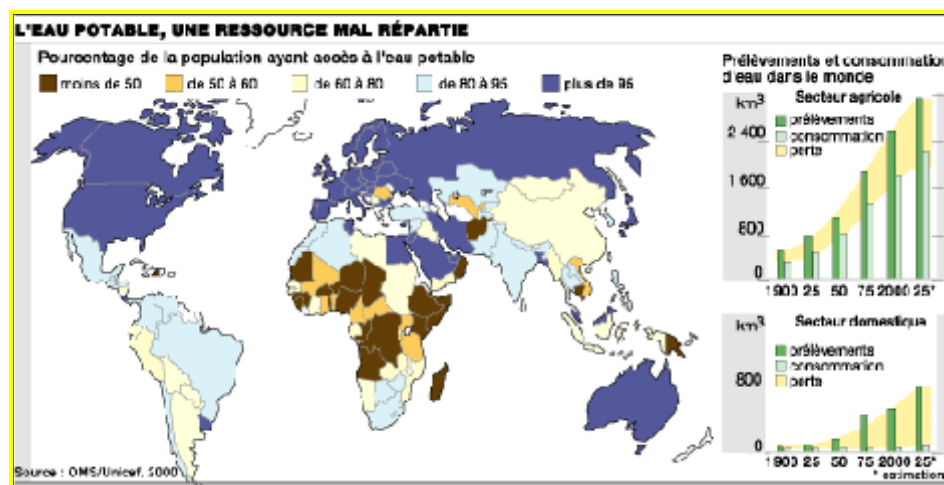


Figure n° 2 : Eau potable une ressource mal répartie (OMS, UNICEF, 2000).

Selon la carte, ci-dessus (**figure n°2**), qui représente la répartition des ressources hydriques dans le monde (**FAO, Aquastat, 2010**), et d'après une étude faite par le Centre National de Recherche Scientifique (**www.cnrs.fr, 2011**) qui révèlent que, sur le globe terrestre, il y a 40 000 km³, pour plus de 6 milliards d'individus, donc chacun devrait utiliser environ 6600 m³, mais en réalité l'égalité de la répartition des ressources en eau n'existe pas.

Un tiers ($\frac{1}{3}$) de l'humanité vit dans une situation dite de "stress hydrique", avec moins de 1700 m³/ha/an, et environ 1,2 milliards de personnes vivent dans des zones où l'eau est physiquement rare (UN-Water et FAO, 2007, in WWDR, 2015).

D'un autre côté, il y a certains pays qui ont d'énormes réserves en eau douce et c'est le cas des neufs (9) pays qui se partagent 60% des réserves mondiales d'eau douce, où on cite, par exemple, le Brésil, la Russie, les USA, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Pérou (figure n° 3) (www.cnrs.fr 2011).

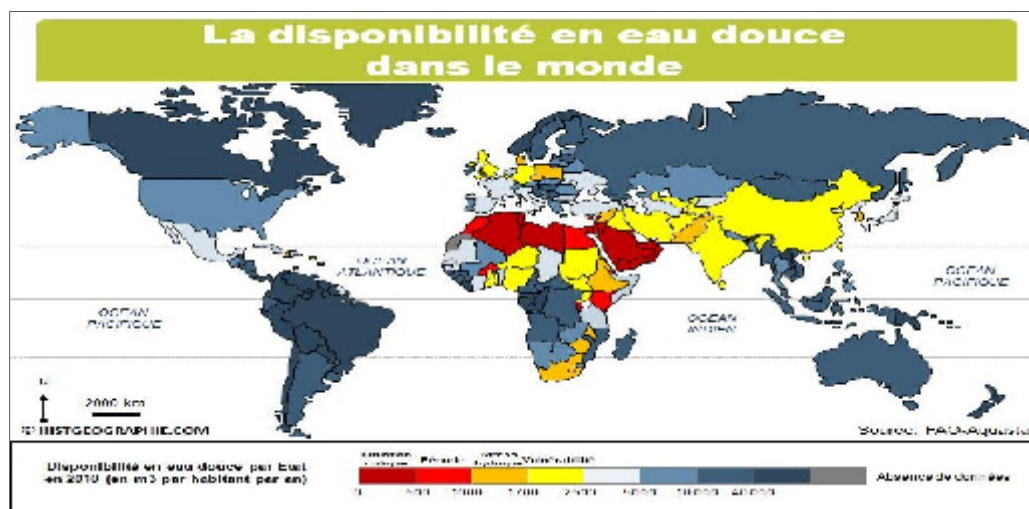


Figure n° 3 : Disponibilité en eau douce dans le monde (www.cnrs.fr 2011).

I-3- Eau et les développements :

Sans aucun doute la croissance démographique de la population mondiale qui passe de 7,6 milliards, actuellement, à près de 9,8 milliards, en 2050, et à 11,2 milliards d'habitants, en 2100 (augmentation de 83 millions d'individus par an), selon un nouveau rapport des Nations Unies, entraînera une augmentation considérable des besoins en eau dans tous les secteurs (urbain, industriel, agricole,...) sur tout le globe terrestre (ONU, 2017).

L'industrialisation, la hausse de la production et de la consommation, tous ces éléments ont entraîné des demandes toujours plus importantes en ressources d'eau potable.

Sur la base des prévisions, en 2030 le monde devra faire face à un déficit hydrique global de 40%, si la situation évolue à un rythme inchangé en 2030 (FAO, 2018).

Il est établi qu'il y a suffisamment d'eau pour répondre aux besoins grandissants du monde, mais pas sans changer.

A la lecture de la **figure n° 4**, ci-dessous, le secteur de l'agriculture est le plus grand demandeur en eau, dont les besoins en eau en agriculture augmentent avec la croissance démographique (FAO, 2011a).

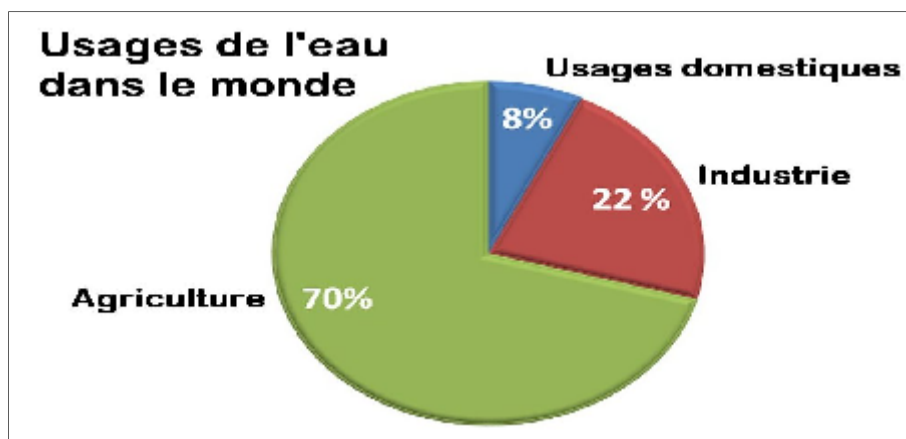


Figure n° 4 : Répartition des besoins en eau dans chaque secteur (FAO, 2011a).

Selon l'ONU (2015), l'utilisation inefficace de l'eau pour la production des cultures épuise les aquifères, réduit le débit des fleuves, dégrade les habitats de la faune, et a provoqué la salinisation de 20% des terres irriguées mondiales.

Dans la plupart des cas, augmenter la productivité de l'eau (c.-à-d., produire davantage de cultures ou de valeur par volume d'eau utilisée) est la voie la plus importante pour la gestion de la demande en eau dans l'agriculture. Ceci est rendu possible en combinant l'amélioration du contrôle de l'eau, l'amélioration de la gestion des terres et les pratiques agronomiques.

II- Situation de l'eau en Algérie :

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population d'environ 43 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible, comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) qui est de l'ordre de 1250 m³, où à la moyenne mondiale, qui est de 7500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare (Tamrabet, 2011).

La répartition inégale de l'eau en Algérie, fait qu'il y a des zones où l'eau est rare, voire très rare, et ce, malgré tous les efforts mobilisés par l'état durant ces quinze dernières années.

L'Algérie est classée parmi les pays qui courent un stress hydrique. Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau, et l'industrie est le plus grand secteur pollueur d'eau, ces deux secteurs épuisent ces ressources hydriques en Algérie et contribuent à leurs pollution.

III- Assainissement en Algérie :

Selon un rapport de l'Office National de l'Assainissement (ONA, Direction Générale, Alger, 2018), la plupart des villes sont construites sans un plan rigoureux d'assainissement. Les systèmes de collectes et de traitement des eaux usées sont peu développés. Ces dernières années, le secteur de l'assainissement a connu une redynamisation et une attention particulières des pouvoirs publics et du secteur des ressources en eau.

Depuis la fin du mois de **Février 2018**, l'ONA assure la gestion du service public de l'assainissement **de 1125 communes**, soit une population totale de plus de **26 millions d'habitants**.

Le réseau d'assainissement, d'un linéaire total de **52 195 km**, est exploité par **266 centres** d'assainissement au niveau de quarante quatre (44) wilayas.

En se basant toujours sur le dernier rapport de cet office, qui a opéré une révolution dans le domaine de l'assainissement, on constate que ce qui a été réalisé ces dernières années nous mène vers l'objectif de la réutilisation des eaux usées traitées et épurées dans les secteurs les plus consommateurs d'eau, tel que le secteur agricole, où il reste beaucoup à faire pour la concrétisation de ce but qui n'est pas propre à l'Algérie, mais selon les diverses études de l'ONU (2017), la réutilisation des eaux usées épurées, plus particulièrement en agriculture devient un but mondial.

En Algérie, l'ONA s'est préoccupé du secteur de l'assainissement sur tout le territoire national et a opéré à l'installation des stations d'épuration.

Les derniers chiffres du mois de **Février 2018** énoncés par l'ONA, sont :

- Plus de **92 millions de mètres cube** d'eaux usées rejetées
- Plus de **656 km** de réseaux curés, soit un taux de curage de **1.33%**
- **16 590** réclamations reçues et **29 216** interventions préventives et curatives réalisées
- **98 739** regards curés pour extraire un volume global de déchets solides de **7 858**.

Le nombre de stations d'épuration en exploitation par l'ONA, à la fin du mois de Février 2018, équivaut à 146 stations, dont :

- 71 stations à boues activées
- 72 stations de lagunage
- 03 filtres plantés.

La capacité globale installée de ces 146 stations est de 9 914 714 Équivalent-habitant, soit un débit nominal de 1 521 548 m³/j. Au cours du mois de Février 2018, un volume des eaux usées de plus de 19 millions de m³, a été traité, soit un débit moyen journalier de 692 923 m³/j.

Le taux moyen d'utilisation des capacités installées des 146 STEP est de 46%, avec :

- Taux inférieur à 25%, pour 32 stations
- $25 \leq \text{Taux} \leq 50$, pour 41 stations
- $50 \leq \text{Taux} < 100$, pour 55 stations
- $\text{Taux} \geq 100$, pour 13 stations
- Les cinq stations restantes sont à l'arrêt.

III-1- Irrigation par les eaux usées traitées et épurées :

En Algérie, on a constaté, selon plusieurs études, que l'utilisation des eaux usées est pratiquée dans la quasi-totalité des wilayas, et ce, malgré que la loi Algérienne, publiée dans le Journal

Officiel de la République Algérienne (**JORA**), interdit catégoriquement cet acte (**voir, en annexes B, les décrets 2007, 2009, 2012**).

Il faut, donc, prévoir une réutilisation des eaux usées traitées et épurées en agriculture en se basant sur les directives de l'organisation mondiale de la santé (**OMS, 2012**), pour protéger les êtres vivants et leurs environnements des pollutions causées par les eaux résiduelles qui peuvent être d'origine industrielle.

En Algérie, le but de la réutilisation des eaux usées traitées et épurées s'est concrétisé dans plusieurs wilayas selon l'**ONA (2018)**. Durant le mois de Février 2018, un volume de 1,5 million de m³ d'eaux a été épuré par 17 STEP, qui ont servi à l'irrigation de 11 062 hectares de superficies agricoles, soit un taux de la **REUSE** de 40% du volume épuré par ces STEP et à 9% du volume total épuré par l'ensemble des 146 STEP, en exploitation par l'ONA.

PARTIE I

Chapitre II

LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES ET EPUREES

Introduction :

L'eau se raréfie dans le monde et ne couvre plus les besoins en eau des populations, dont le nombre ne cesse d'augmenter d'une année à une autre (ONU, 2021).

La croissance démographique implique une croissance pour la demande de l'eau, soit pour l'utilisation directe, soit d'une manière indirecte dans le secteur agricole, qui est le plus grand demandeur, soit dans le secteur de l'industrie, qui est le plus grand pollueur (Picouët et al., 2021).

Et bien d'autres secteurs qui utilisent cet élément si indispensable, ce qui implique l'utilisation croissante des besoins en eau dans tous les secteurs, avec l'augmentation des rejets et la détérioration de sa qualité sur tout le globe terrestre. De ce fait, les eaux usées deviennent une source de pollution et de propagation des maladies à transmission hydrique (MTH), ainsi qu'une contamination des ressources hydriques, souterraines ou superficielles.

En Algérie, le problème est encore plus grave avec la mauvaise gestion du secteur de l'assainissement juste après l'indépendance, et ce, par manque de moyens et de savoir-faire, ce qui a amené à atteindre des seuils alarmants de pollutions, en particulier dans les oueds qui sont, pour la majorité des wilayas, des égouts à ciel ouvert ! avec tous les agréments et les risques de contaminations qu'ils peuvent générer.

Le problème s'aggrave davantage, avec l'utilisation de l'eau polluée de ces cours d'eaux pour l'irrigation. Cet acte contribue d'une manière inacceptable à la détérioration de la faune et de la flore, à la dégradation de l'écosystème et, par conséquent, un déséquilibre de l'environnement.

Le peu de STEP, entre les années 70 et 90, a augmenté les effets négatifs de cette pollution, surtout pour les rejets industriels qui ne respectaient pas les normes et n'utilisaient pas des stations de prétraitement susceptibles de minimiser la pollution causée par les industries, et ce, plus particulièrement suite au développement urbain et industriel.

Le manque d'eau et le rabattement de la majorité des nappes souterraines à cause de la surexploitation des forages existants par les utilisateurs du secteur agricole, a incité les agriculteurs à choisir l'irrigation par les eaux résiduaires sans se rendre compte de la gravité de cet acte sur le consommateur de leurs produits et sur l'environnement.

Pour ces raisons et d'autres, on doit opter pour une réutilisation des eaux usées traitées et épurées par les stations d'épuration dont le nombre et la gestion se sont beaucoup améliorés, et ce, principalement après la mise en service de l'office national de l'assainissement (ONA) qui a remis ce secteur sur la bonne voie.

Il reste à raccorder les stations d'épuration existantes à tous les réseaux d'assainissement et, par conséquence, augmenter la capacité actuelle de ces STEP en opérant à leur extension. Pour profiter de l'efficacité de ces stations d'épuration, il y a d'utiliser le flux sortant de ces STEP pour l'irrigation sans le mélange avec les eaux des oueds qui sont, en majorité, pollués. Et de cette façon, l'efficacité de l'épuration sera réduite au maximum.

Pour la réutilisation des eaux usées traitée et épurées en agriculture, il faut prévoir des réseaux d'adduction pour atteindre les agriculteurs selon des réseaux d'irrigation appropriés à ce type d'eau qui est, généralement, très minéralisée.

I- Utilisation sans risque(s) des eaux usées traitées et épurées :

Dans le secteur de l'agriculture, l'utilisation de l'eau non conventionnelle est une ressource additionnelle pour l'irrigation, de même que les eaux usées épurées sont une source d'éléments fertilisants permettant une économie d'engrais (ONA, 2014).

Sauf que la manipulation des eaux usées ne cesse de poser des problèmes de santé à l'homme, à cause de la phytotoxicité de certains rejets et de la pollution des eaux souterraines. La réutilisation de ces eaux épurées, au-delà de leur effet positif, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction, principalement, des caractéristiques de l'eau épurée, de son degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation (El Fels, 2014).

La pollution du sol, des eaux souterraines et de surface est parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation de l'eau usée traitée. Cependant, du point de vue scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation pouvant réduire au minimum ces inconvénients (Gharzouli, 2014).

Le mode d'irrigation a une influence directe sur le risque. Ainsi, l'irrigation gravitaire affecte la qualité des eaux souterraines et de surface. Des contaminations directes ont lieu lors de la maintenance du système d'irrigation. L'irrigation par aspersion crée des aérosols contaminants... (Tamrabet, 2011).

Afin de limiter l'impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées pour irriguer des plantes destinées à la consommation humaine, les modes d'arrosage localisés sont recommandés (Tamrabet, 2011).

II- Loi algérienne (Journal Officiel de la République Algérienne) :

Le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) a mis des dispositifs sous formes de lois et des normes pour la meilleure réutilisation des eaux usées épurées, selon la **loi du 15 Juillet 2012** (voir annexe). **Qu'on peut résumer, comme suit :**

- L'existence d'une station d'épuration et de traitement, sa capacité, la disponibilité et la qualité de l'eau épurée à la sortie ;
- Connaître les modes, types et périodicité des analyses (de l'eau, du sol, du végétal et du fruit), les laboratoires existants et les normes de référence ;
- Connaissance de la gamme des cultures à introduire dans ces conditions ;
- Faire le choix de la technique et le système d'irrigation à utiliser ;
- Dimensionnement du réseau d'irrigation « adopté » ;
- Connaissance de toutes les mesures préventives (laver les fruits, les mains, etc...) ;

- La période de la cueillette doit être programmée après avoir arrêté l'irrigation, selon une période bien déterminée.

III- Directives de l'OMS et de la FAO :

L'OMS (2012), a également mis des règles pour une meilleure réutilisation des eaux usées traitées et épurées en agriculture, ainsi que pour les différents types de polluants et comment éviter la contamination par ses éléments toxiques, soit chimiques ou microbiologiques...

III-1- Métaux lourds :

Sont présents surtout des les eaux résiduaires d'origine industrielle. Leur toxicité est prouvée et leur pouvoir accumulateur dans l'organisme peut être fatal (Rodier, 1996).

Les métaux lourds non indispensables au développement des végétaux et qui sont dangereux d'un point de vue sanitaire sont l'**Arsenic**, le **Nickel** et le **Cadmium**. Le **Nickel** est peu toxique, mais il s'accumule facilement dans les tissus végétaux (figure n° 5) (Assad, 2017).

Le **Cadmium** est le polluant non organique le plus préoccupant. Il est parfois présent à des concentrations importantes dans les eaux usées et il est très mobile dans le sol. Il s'accumule dans les plantes à de fortes concentrations engendrant la phytotoxicité (Gupta *et al.*, 2007, in Tamrabet, 2011).

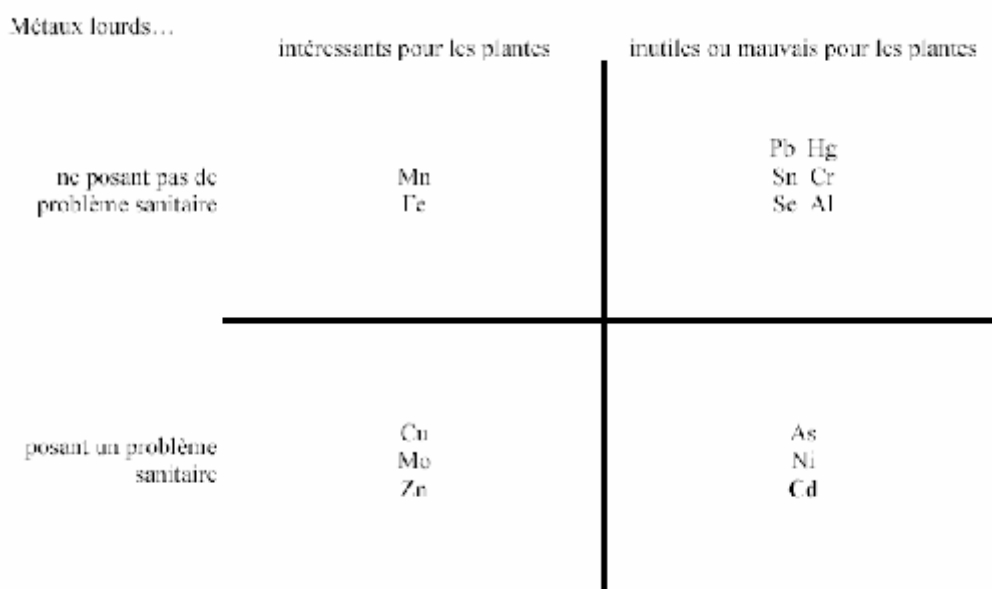


Figure n° 5 : Classification des métaux lourds en fonction des risques et de l'intérêt agronomique (Assad, 2017).

III-2- Microorganismes :

La nature des eaux résiduaires rend le milieu favorable pour le développement et la prolifération des microorganismes, dont la présence dans les eaux résiduaires présente un

risque de contamination des nappes souterraines et cause des maladies infectieuses au consommateur des fruits et légumes irrigués avec les agents pathogènes.

Tableau n° 2 : Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (Vaz da Costa Vargas, Bastos *et al.* (1996, in OMS, 2012)).

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique) ^a	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique) ^a	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

^a Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.
^b Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes
^c Pendant la période d'irrigation.
^d Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
^e Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

Selon, Vaz da Costa Vargas, Bastos *et al.* (1996, in OMS, 2012), pour minimiser au maximum les risques liés à la présence des agents pathogènes, il faut arrêter l'irrigation avec les eaux traitées et épurées une ou deux semaines avant la récolte pour réduire la contamination des cultures en laissant le temps à un certain dépérissement des agents pathogènes de s'effectuer (tableau n° 2).

Dans les contextes non réglementés, il sera néanmoins probablement difficile de faire appliquer des périodes de retrait car de nombreux légumes (y compris les laitues et d'autres légumes à feuilles) ont besoin d'être arrosés presque jusqu'à la récolte pour acquérir une plus grande valeur marchande.

Cette interruption peut, cependant, être pratiquée avec certaines cultures fourragères qui n'ont pas besoin d'être récoltées au maximum de leur fraîcheur (**Blumenthal et al., 2000b**).

Une autre solution consiste à irriguer les cultures avec de l'eau provenant d'une source non contaminée (lorsqu'on en dispose) entre l'interruption de l'utilisation d'eaux usées et la récolte.

L'existence d'un intervalle entre la dernière irrigation et la consommation des produits fait baisser le nombre d'agents pathogènes (bactéries, protozoaires et virus) d'environ 1 unité logarithmique par jour (**Petterson et al., 2003, in OMS, 2013**).

La valeur précise de cette réduction dépend des conditions climatiques, le dépérissement s'effectuant plus rapidement, approximativement 2 unités logarithmiques par jour par temps chaud et sec et plus lentement, et approximativement 0,5 unité logarithmique par jour par temps froid ou humide sans beaucoup d'ensoleillement direct. Cette réduction est extrêmement fiable et doit être prise en compte lors du choix de la combinaison de traitements des eaux usées et de mesures de protection sanitaire.

IV- Mesures à appliquer avant la consommation des aliments :

Un lavage énergique sous l'eau courante des cultures à surface irrégulière (laitues, persil, par exemple) et des légumes destinés à être consommés crus permet de réduire la quantité de bactéries d'au moins une (1) unité logarithmique et dans le cas des cultures à surface lisse (concombres ou tomates, par exemple) d'environ 2 unités logarithmiques (**Brackett, 1987 ; Beuchat, 1998 ; Lang et al., 2004, in OMS, 2012**).

Un lavage avec une solution désinfectante (habituellement une solution d'hypochlorite), suivi d'un rinçage à l'eau courante, produit une réduction des agents pathogènes de 1-2 unités logarithmiques.

Un lavage avec une solution détergente (liquide vaisselle, par exemple), suivi d'un rinçage à l'eau courante, peut fournir une réduction des œufs d'helminthes de 1-2 unité logarithmique (**B. Jiménez-Cisneros, 2005**).

L'épluchage des fruits et des légumes à racines diminue la quantité d'agents pathogènes (**OMS, 2012**).

Conclusion :

L'utilisation des eaux résiduaires est un acte inacceptable et, du point de vue juridique, il est interdit par la loi algérienne, et ce, malgré qu'elle soit utilisée dans les pays voisins.

L'irrigation avec les eaux usées a toujours été pratiquée et qui a des conséquences fatales sur les sols, les nappes souterraines, les ressources hydriques superficielles et l'être vivant, d'une manière générale. La loi Algérienne l'interdit.

Cette même loi a mis des normes à respecter pour la réutilisation des eaux usées traitées et épurées. Elle a, donc, mis un dispositif pour améliorer le secteur de l'assainissement, sous la direction de l'ONA, pour préparer les conditions favorables à appliquer cette nouvelle

méthode d'utiliser l'eau non conventionnelle dans l'irrigation, et ce, en mobilisant tous les moyens possibles. Et les changements dans le secteur de l'assainissement commencent à se concrétiser par l'implantation de stations d'épuration dans 44 wilayas, afin d'atteindre 146 stations d'épuration, avec un débit de 1 521 548 m³/j (ONA, 2018).

Selon un autre rapport de l'ONA (2017) : la réutilisation des eaux usées épurées, à des fins agricoles, concerne **17 stations d'épuration** sur les 142, actuellement en exploitation.

Au cours du mois d'Octobre 2017, un volume de **1,6 million de m³** a permis l'irrigation de **11062 hectares de superficie agricole à travers le territoire national**. Le taux de la REUSE est estimé à **42 % du volume épuré par les 17 STEP concernées** et à **8 % du volume total épuré par l'ensemble des 142 STEP** en exploitation par l'ONA.

La réutilisation des eaux usées traitées et épurées peut constituer une solution au déficit hydrique que connaît l'Algérie, durant ces deux à trois dernières décennies.

Il est signalé qu'en Algérie, l'état a mobilisé des moyens considérables pour l'application de cette perspective pour différentes raisons. L'ONA a joué depuis quelques années, déjà, un rôle important pour le développement du secteur de l'assainissement.

La réutilisation des eaux usées traitées et épurées devient une nécessité, en particulier, pour l'irrigation. Et au lieu d'utiliser les eaux d'assainissement, on doit utiliser les eaux sortantes des STEP.

PARTIE II

ETUDE EXPERIMENTALE

PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE

Introduction :

Dans cette partie, nous donnons la présentation détaillée des deux (2) sites d'étude, qui sont :

- **Oued Mekerra**, de la wilaya de Sidi Bel Abbés
- **Oued El Gourzi**, de la wilaya de Batna.

Avec :

- L'analyse et l'évaluation de leur milieu naturel, respectif, et l'identification de leurs composantes géographiques, topographiques, climatiques, géologiques, hydrogéologique...,
- L'emplacement de l'oued concerné, par rapport à la ville qu'il traverse, et ce, pour pouvoir évaluer par la suite son influence sur son environnement,
- Une étude détaillée sur le réseau d'assainissement et sa relation avec l'oued étudié,
- La destination des eaux usées, véhiculées par chaque oued, voire leurs exutoires,
- L'influence de chaque cours d'eau (l'oued) sur la recharge ou le drainage des nappes souterraines de chaque région.

Il s'agit, successivement, des deux (2) chapitres suivants :

***Chapitre III : Présentation de la région de Sidi Bel Abbés (Oued Mekerra)**

***Chapitre IV : Présentation de la région de Batna (Oued El Gourzi).**

PARTIE II

CHAPITRE III

PRESENTATION DE LA REGION DE SIDI BEL ABBES (OUED MEKERRA)

Introduction :

Dans ce chapitre, on donne une présentation de la région de Sidi Bel Abbés, par rapport à l'influence de l'oued Mekerra et son emplacement dans cette wilaya du nord ouest Algérien, ainsi que sa situation dans le grand bassin versant de la Macta, dont il fait partie.

Oued Mekerra prend naissance dans la région de Ras El Ma, au Sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Sidi Bel Abbés, qui est alimenté par d'autres affluents dans la région de Titen Yahiya, en passant par la localité d'El Heçaiba, où il rejoint oued Touiza dans la région de Moulay Slisen. Il sillonne plusieurs localités pour, ensuite, rejoindre la ville de Sidi Bel Abbés.



Vue ancienne d'une partie de l'oued Mekerra traversant la ville de Sidi Bel-Abbés.

A sa sortie Est, il est alimenté par oued Sarno, qui se jette ensuite dans oued El Mabtouh, qui n'est autre que le prolongement naturel de l'oued Mekerra.

Oued Mekerra s'écoule du SW vers le NE, avec une longueur de 120 km (**Hallouche, 2010**).

En se basant sur plusieurs études effectuées sur le bassin versant de l'oued Mekerra, qui appartient au grand bassin versant de la Macta, on présente son milieu naturel et, par la suite, l'impact de sa pollution sur son environnement.

A- Présentation de la zone d'étude :**A-1- Bassin versant de l'oued Mekerra :**

Le bassin versant de l'oued Mekerra, qui fait partie du grand bassin versant de la Macta, est situé au NW de l'Algérie entre les latitudes nord $34^{\circ}31$ et $35^{\circ}21$ et les longitudes ouest $1^{\circ}16$ et $0^{\circ}58$ (figure n° 6) (Yahiaoui, 2012).

Il prend le nom de son oued principal et couvre une superficie de 3600 km^2 , et en raison de sa grande surface et de sa forme allongée, de direction SN, il se subdivise naturellement en trois (3) sous bassins : **Mekerra amont**, **Mekerra moyen** et **Mekerra aval** (Otmame, 2018).

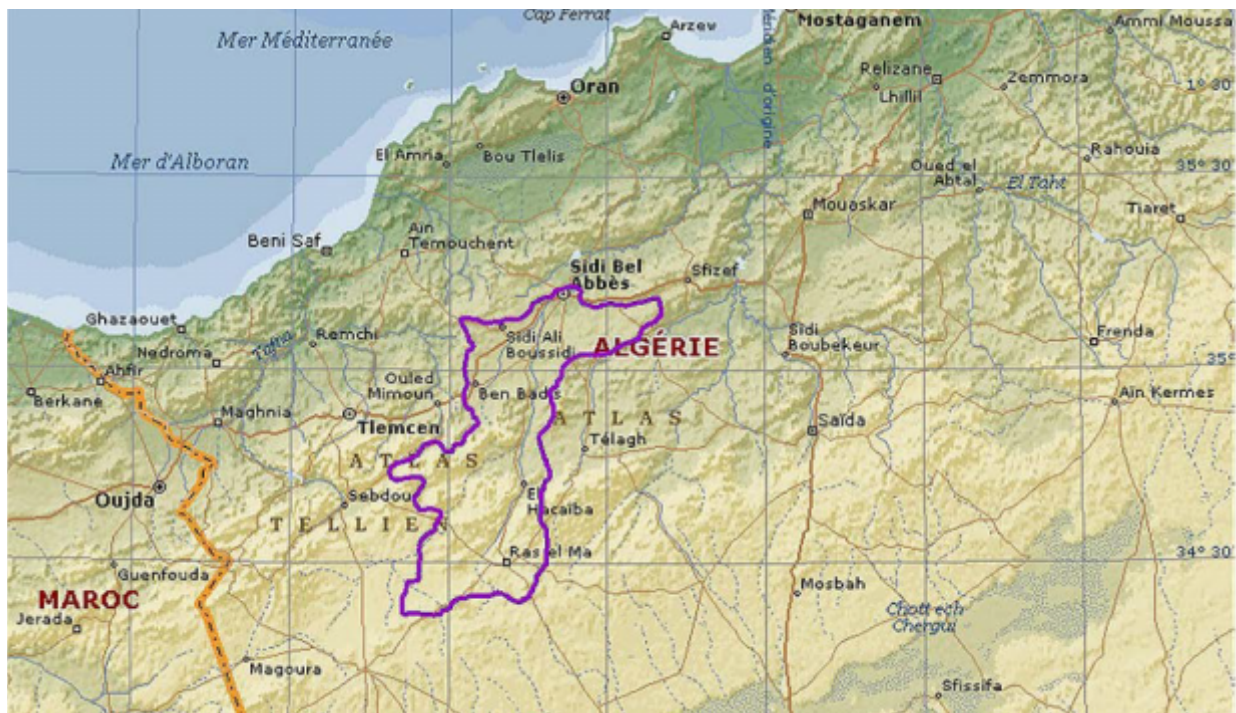


Figure n° 6 : Situation géographique du bassin versant de l'oued Mekerra (Yahiaoui, 2012).

Le bassin versant de la Macta (bassin versant ANRH N°11), s'étend sur une superficie de 14389 km^2 , avec une population de 1231824 habitants, en 1998, et de 1314973 habitants, en 2004 (figure n° 6).

Six (6) wilayas sont partiellement intégrées au bassin versant de la macta, qui sont : Mascara, Sidi Bel Abbés, Saïda, Mostaganem, Tlemcen et Oran (Semari, 2016).

Selon **Khaldi (2005)**, le bassin de la Macta est délimité au NW par la chaîne montagneuse de Tessala, au Sud, par les hauts plateaux de Ras El Ma et les plaines de Maalifs, à l'Est, par les plateaux de Telagh et les monts de Tlemcen, qui sont le prolongement des monts de Beni Chougrane.

Le bassin versant de la Mekerra est drainé par deux principaux cours d'eau, à savoir : oued El Mabtouh, à l'ouest, et oued El Hammam, à l'Est (Semari, 2016).

Selon **Bourek (2010)**, le bassin versant de la Macta (**Figure n° 7**) est associé à :

- ***Une basse plaine littorale*** : elle est séparée de la mer Méditerranée par un cordon dunaire et présente des altitudes le plus souvent inférieures à 9 m, favorisant la présence des marais et des steppes humides ;
- ***Des massifs, orientés SW - NE*** : qui confère un caractère montagneux à la plus grande partie du bassin versant où les monts de Tessala bordent le bassin versant à l'ouest et au NW. Ils sont traversés par l'Oued Mebtouh ;
- Enfin, de ***larges plaines alluviales insérées dans les massifs montagneux*** : celle de Sidi Bel Abbès, de direction SN, est associée à l'oued Mekerra (nom donné à l'oued Mebtouh dans sa partie supérieure). Le bassin versant de l'oued El Hammam, de son côté renferme la plaine de Ghriss-Mascara, qui est drainée par oued Ain Fekan.

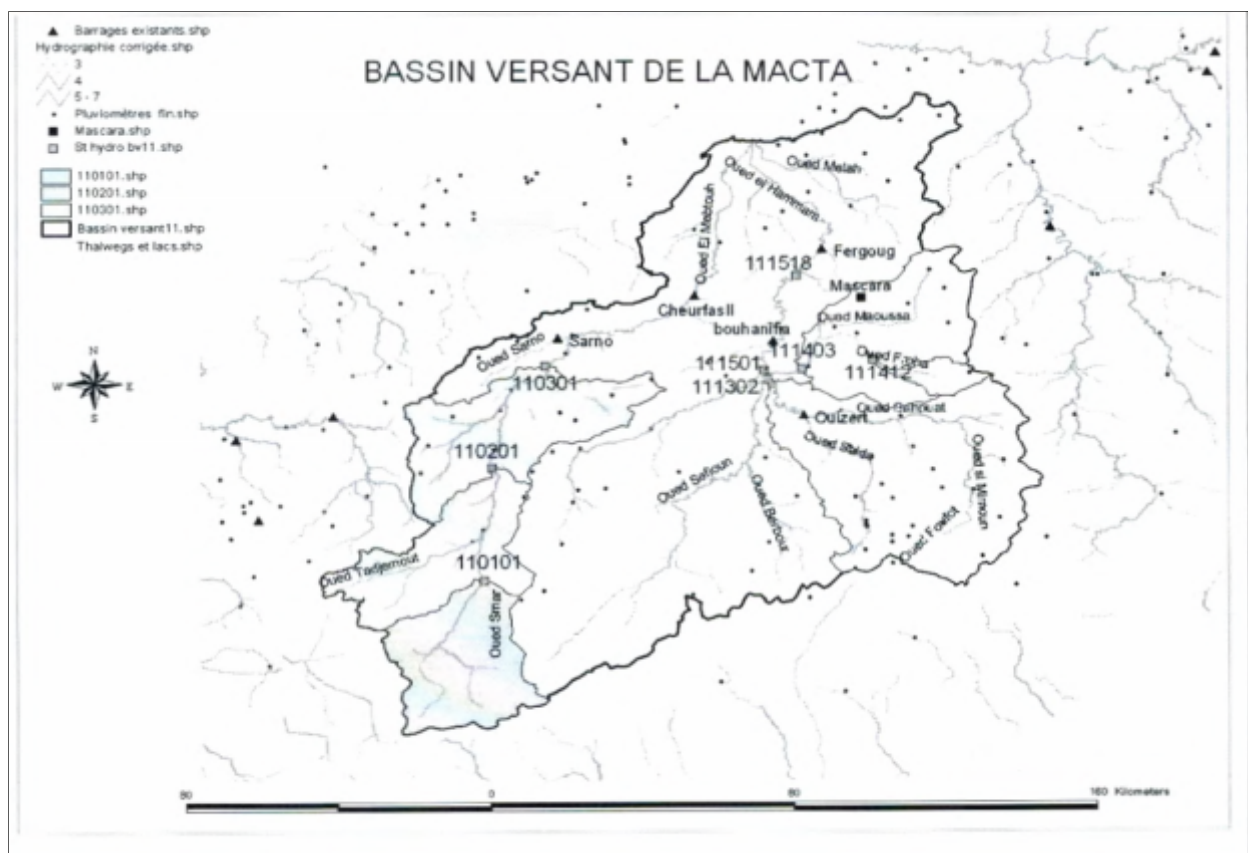


Figure n° 7 : Situation du bassin versant de l’oued Mekerra par rapport au bassin versant de la Macta (Bourek, 2010).

A-2- Relation entre l'oued Mekerra et le bassin versant de la Macta :

Le bassin versant de l’oued Mekerra est situé au NW du territoire algérien, il fait partie du bassin de la Macta (bassin versant ANRH N°11). Il prend son origine dans les hautes vallées de la steppe au Sud de Ras El Ma à une côte avoisinant les 1450 m. La côte moyenne de Sidi Bel Abbés est d’environ 480 m. La superficie de son bassin versant au niveau de la ville de Sidi Bel Abbés est d’environ 3 000 km² (**Benmansour, 2009**).

Selon **Mokadmi (2012)**, du point de vue géomorphologique, le bassin versant de l'oued Mekerra peut être subdivisé en trois (3) parties :

- **Haute Mekerra** : elle s'étend depuis la source de ce cours d'eau, au Sud de Ras El Ma, jusqu'à Sidi Ali Benyoub ;
- **Moyenne Mekerra** : occupe la zone comprise entre Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbés ;
- **Basse Mekerra** : elle correspond à toute la partie du bassin versant située en aval de la ville de Sidi Bel Abbés.

B- Situation Géographique :

La wilaya de Sidi Bel Abbés s'étale sur une superficie de 9150,63 km². Elle est située au NW de l'Algérie, au centre de l'Oranie, à 83 km au Sud de la ville d'Oran, à 90 km au NW de Tlemcen, à 89 km à l'Est de Mascara et à 80 km de la ville d'Ain Témouchent (**Benmansour et al., 2017**).

La ville de Sidi Bel Abbés, s'élève sur les rives de l'oued Mekerra, à peu près au centre de la plaine, parcourue par ce cours d'eau sur une longueur de 7.5 km, à 470 m d'altitude, au centre d'une vaste plaine comprise entre le djebel Tessala, au Nord, et les monts de Daya, au Sud.

Sa superficie totale est de 9150.63 km², dont 3660.80 km² (soit 40%) zone steppique, 2250.35 km² (soit 24.59%) de zone de montagne, et 3239.44 km² (soit 34. 40%) de plaine, de l'espace de la wilaya (**Yahiaoui, 2012**).

Née d'un premier découpage administratif, par ordonnance n° 074-69, du 02 juillet 1974, l'actuelle wilaya de Sidi Bel Abbés comprend 52 communes regroupées en 15 daïras (**figure n° 8**)

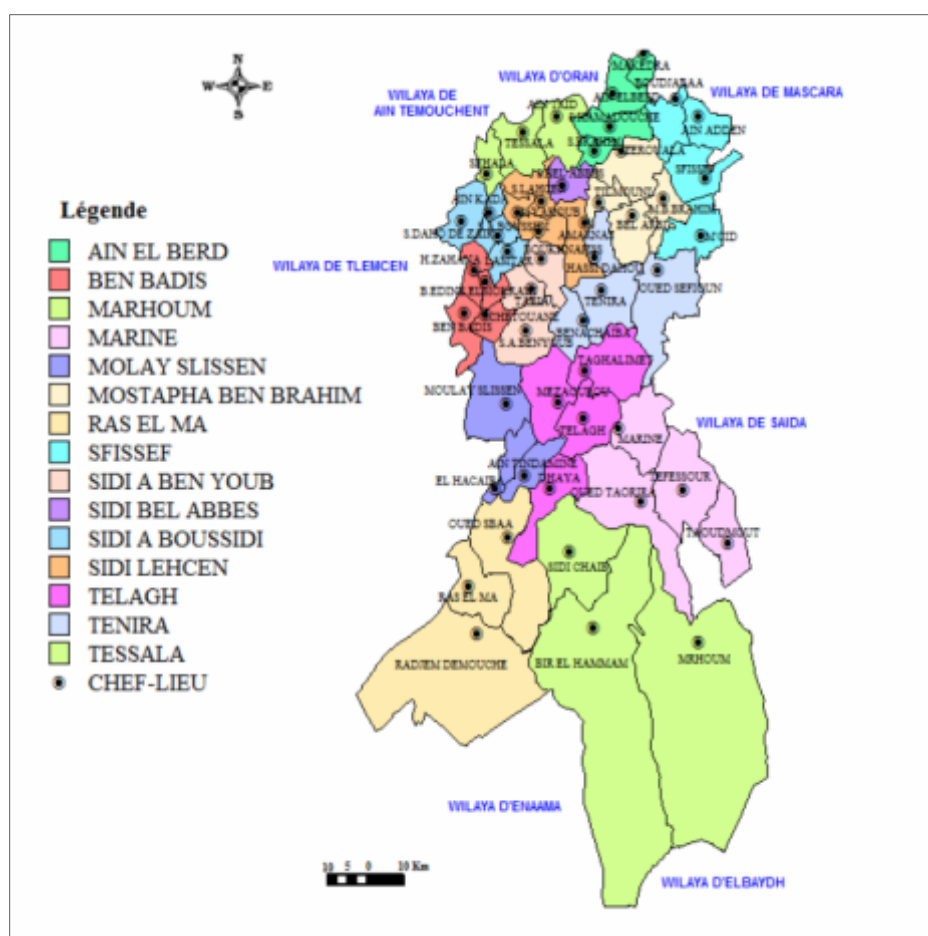


Figure n° 8 : Découpage administratif de la wilaya de Sidi Bel Abbés en Daïras et Communes.

La population de la wilaya de Sidi Bel Abbés est estimée à 622 744 habitants, soit un volume additif de 9.47 habitants par rapport à l'année 2009, avec une densité de : 68 Hab./km² (ANDI, 2013).

Située au NW du pays, la wilaya de Sidi Bel Abbés est délimitée comme suit (figure n° 9) :

- * Au Nord, par la wilaya d'Oran,
- * Au NW, par la wilaya d'Ain Témouchent,
- * Au NE, par la wilaya de Mascara,
- * A l'Ouest, par la wilaya de Tlemcen,
- * A l'Est, par les wilayas de Mascara et Saida,
- * Au Sud, par les wilayas de Nâama et El-Bayadh,
- * Au SE, par la wilaya de Saida.

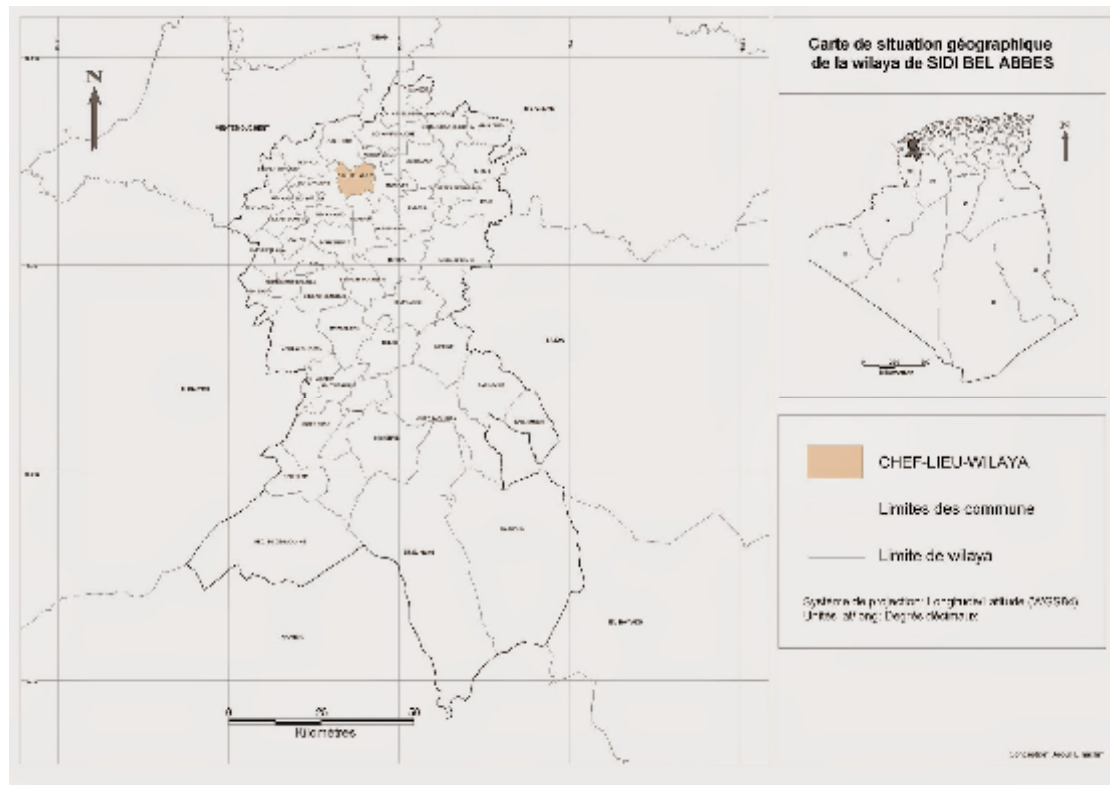


Figure n° 9 : Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbés.

C- Situation topographique :

La ville de Sidi Bel Abbés est pratiquement plate, variant entre les altitudes 470 m et 500 m au-dessus du niveau de la mer.

Selon **Bendjelloul et al. (2017)**, qui ont établi une coupe longitudinale et une autre transversale de la topographie de la ville de Sidi Bel Abbés, cette topographie favorise une faible vitesse d'écoulement de l'oued Mekerra et, par conséquent, le taux (%) d'infiltration est plus important dans les zones perméables, ce qui donne aux agents polluants se trouvant dans le cours d'eau de se propager en profondeur (**figures n° 10 – 11 et 12**).



Figure n° 10 : Profil de la ville de Sidi Bel Abbés (Bendjelloul et al., 2017).



Figure n° 11 : Coupe longitudinale de la ville de Sidi Bel Abbés (Bendjelloul et al., 2017).



Figure n° 12 : Coupe transversale de la ville de Sidi Bel Abbés (Bendjelloul et al., 2017).

Cette même topographie favorise en période pluvieuse le débordement de l'oued et, par la suite, les inondations qui sont fréquentes dans la ville de Sidi Bel Abbés et d'autres localités.

- **Profil en long de l'oued Mekerra tout au long de la wilaya de Sidi Bel Abbés :**

Le profil en long permet d'estimer la pente moyenne du cours d'eau. Cette dernière est calculée pour estimer le temps de concentration de l'eau dans le bassin versant. Mais, généralement, la vitesse de l'eau varie en fonction des tronçons, ce qui exige une décomposition du profil en long en des pentes constantes et faire une moyenne arithmétique.

Le profil en long d'oued Mekerra montre une pente moyenne de son cours d'eau principal (Hallouche, 2017).

Selon une étude de Mokedmi (2012), la pente moyenne du bassin au niveau de Sidi Bel Abbès est de 0.78%, alors que la densité de drainage est de $0.38 \text{ km}^2/\text{km}^2$, avec un temps de concentration de 14.62 h. Ces caractéristiques favorisent l'infiltration et, par la suite, la propagation des éléments polluants existants dans les eaux résiduelles véhiculées par l'oued Mekerra dans l'environnement (figure n° 13).

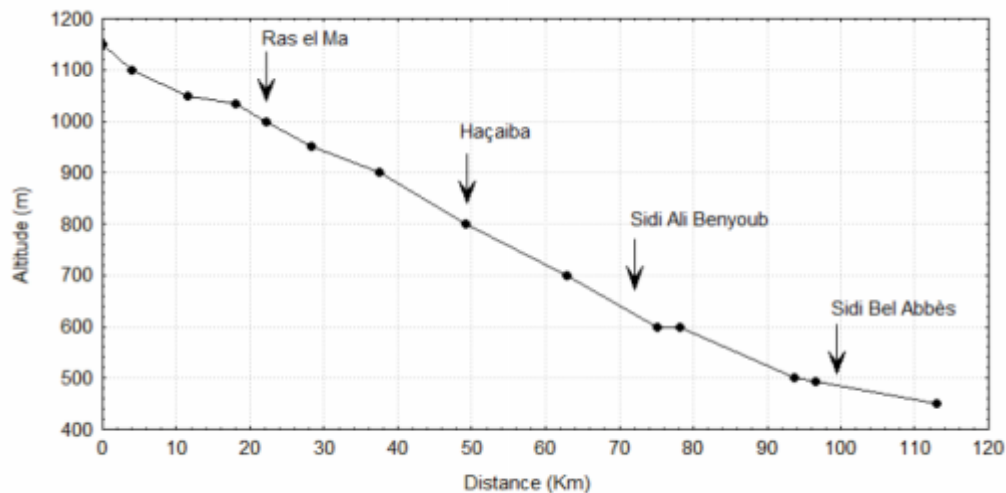


Figure n° 13 : Profil en long du cours d'eau principal «Mekerra» (Mokadmi, 2012).

La tranche d'altitude, comprise entre 700 m et 1300 m, couvre plus de 80% de la surface totale du bassin. L'altitude moyenne du bassin versant de l'oued Mekerra est de 960 m (Bourek, 2010).

- **Relief :**

Le relief possède une influence directe, sur les facteurs climatiques, et indirecte, sur la formation des écoulements de surface. Il détermine, en grande partie, l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydraulique d'un bassin. Il joue un rôle essentiel sur le régime de l'écoulement (figure n° 14) (Anonyme, 1961).

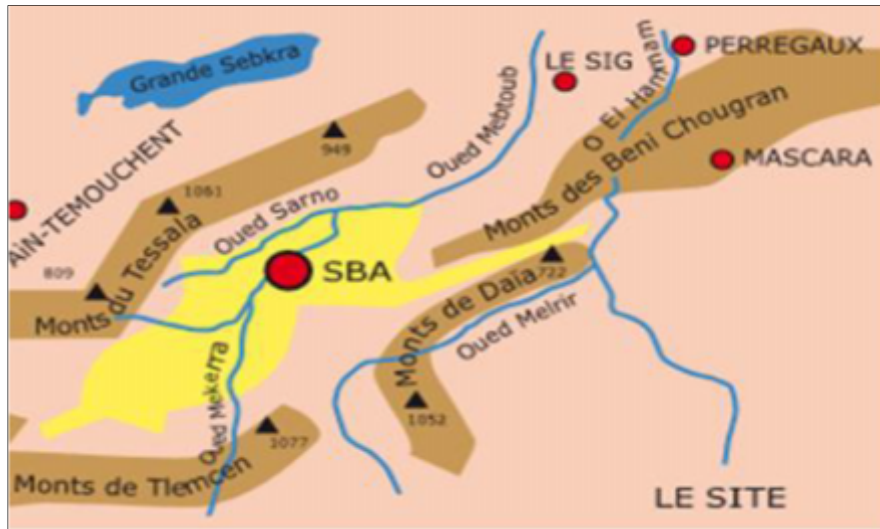


Figure n° 14 : carte de relief de Sidi Bel Abbés (Anonyme, 1961).

Selon l'ANDI (2013), le relief de la wilaya de Sidi Bel Abbés peut être décomposé en trois (3) grands ensembles naturels physiques distincts, qui sont :

a. Zones de montagnes :

Elles couvrent une superficie totale de l'ordre de 2250,37 km², soit 24,59% de toute la wilaya. Elles occupent, au nord, les monts de Tessala et Beni Chougrane, sur environ 864,20 km² et la partie centrale de la wilaya par les monts de Dhaya, avec environ 1386,16 km².

b. Zones de plaine :

D'une superficie totale de l'ordre de 3 239,44 km², soit 35,40% de l'espace de la wilaya. Ces zones sont représentées par la plaine de Sidi Bel Abbés, avec environ 2 102,85 km², dont l'altitude varie entre 400 à 800 m et les hautes plaines de Telagh, sur environ 1136,59 km², dont l'altitude varie de 400 à 1000 m.

c. Zones de steppe :

Elles constituent le sud de la wilaya et occupent une superficie totale de l'ordre de 3 660,82 km², soit 40% de l'espace de la wilaya où l'altitude varie de 1000 à 1400 m.

D- Situation climatique :

Les aléas climatiques ont une influence sur le comportement de l'oued Mekerra, qui draine les eaux pluviales du SW du bassin versant vers le NE, sur une longueur d'environ 120 km, sachant que l'oued Mekerra draine également les rejets urbains et industriels de la ville de Sidi Bel Abbés et ses localités d'où passe ce cours d'eau.

Le climat est un facteur important qui conditionne l'hydrographie, et le bassin de l'oued Mekerra subit les influences maritimes, au Nord, et sahariennes, au sud. L'influence saharienne est toutefois prépondérante. On distingue, d'une façon générale, une saison sèche (l'été, avec une moyenne des températures maximales de 35°C) et une saison humide (avec une moyenne de température minimale de 0.2°C). Du Tell au littoral, on peut dire que le bassin de la Mekerra a un climat semi-aride. Les vents dominants sont du Nord-ouest, ils

soufflent en toute saison pendant 10 à 15 jours par mois ; le sirocco souffle environ 15 jours par mois lors des mois d'été (Hallouche, 2017).

Le bassin versant de l'oued Mekerra comporte plusieurs stations pluviométriques, hydrométriques et climatologiques.

Le bassin de l'oued Mekerra est contrôlé par environ une vingtaine de stations pluviométriques, dont douze (12) sont situées dans la partie nord du bassin et trois (3) stations sont réparties du centre au sud (figure n° 15) (Semari, 2016).

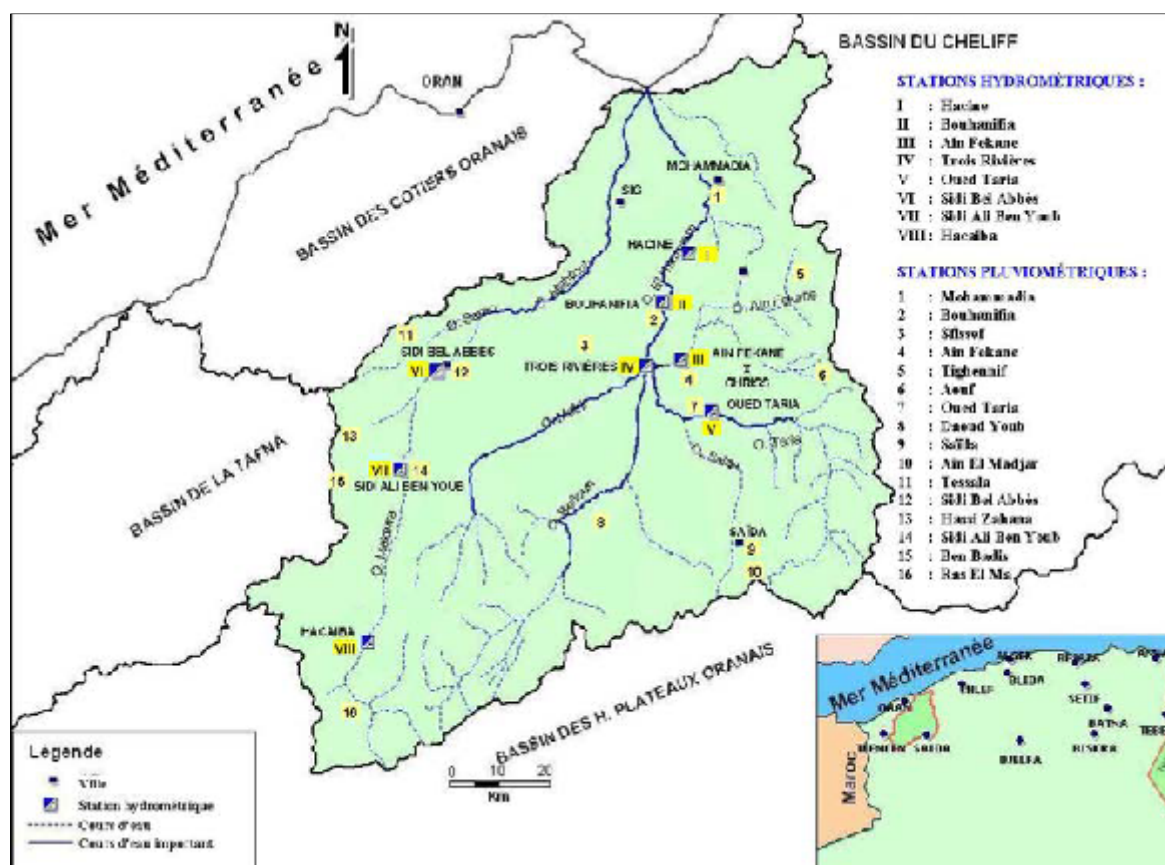


Figure n° 15 : Localisation des stations hydroclimatologiques (Semari, 2016).

Selon plusieurs travaux de recherche, même les plus récents, les données climatiques prises en considération sont limitées généralement entre 1990 et 2006, pour certaines stations. C'est le cas pour les quelques stations pluviométriques du bassin versant de l'oued Mekerra (tableau n° 3).

Tableau n° 3 : Caractéristiques de quelques stations pluviométriques du bassin versant de l'oued Mekerra.

Nom de la station	Code	Coordonnées Lambert			Période
		Z(m)	X(m)	Y(m)	
Sidi Bel Abbés (ville)	110305	485	194250	215600	1990-2005
El Haçaiba	110201	950	183300	161600	
Ras El Ma	110102	1097	177700	138800	

Pour **Baahmed (2015)**, la variabilité du climat est souvent invoquée comme la principale cause de l'écoulement, variabilité ainsi que d'autres activités anthropiques locales : (prélèvement d'eau pour l'irrigation ou l'eau potable, barrage, ...). Il faut donc avoir un aperçu sur la situation climatique de chaque site d'étude. Dans cette partie, c'est la wilaya de Sidi Bel Abbés qui est traversée par l'Oued Mekerra.

Les données climatiques qui sont présentées, ci-dessous, concernent : les précipitations, les températures, la vitesse du vent, l'évaporation et l'évapotranspiration, ainsi que l'humidité et l'ensoleillement, du bassin versant de l'oued Mekerra.

D-1- Précipitations :

L'eau qui s'écoule dans l'oued Mekerra en période sèche est composée essentiellement des rejets industriels et urbains de la ville de Sidi Bel Abbés et ses localités par où passe ce cours d'eau. Mais en périodes pluvieuse, les eaux des précipitations sont mélangées avec la charge polluante véhiculée par l'oued, ce qui provoque une dilution de la concentration des paramètres physico-chimiques.

Les précipitations enregistrées pour ces périodes, de 1990 à 2006, démontrent clairement qu'au Sud de Sidi Bel Abbés sont moins importantes qu'au Nord, avec une moyenne de 235 mm dans la région de Ras El Ma, alors qu'à Sidi Bel Abbés elle est de l'ordre de 295.58 mm (**tableau n° 4**).

Tableau n° 4 : Pluies moyennes annuelles (mm) du bassin de l'oued Mekerra (Mokadmi, 2012).

Stations	Sidi Bel Abbés	El Haçaiba	Ras El Ma
Année			
1990-1991	364.9	438.8	246.6
1991-1992	229.1	355.4	245.2
1992-1993	187.8	222.1	130.4
1993-1994	230.9	263.0	215.0
1994-1995	261.8	306.0	231.7
1995-1996	433.3	464.9	417.3
1996-1997	158.9	162.1	162.4
1997-1998	328.8	290.4	236.2
1998-1999	285.3	216.1	165.8
1999-2000	234.4	219.3	162.7
2000-2001	342.6	249.7	159.2
2001-2002	351.4	262.7	271.4
2002-2003	353.9	335.7	238.4
2003-2004	315.5	439.2	416.8
2004-2005	310.3	183.7	162.5
2005-2006	340.4	375.3	289.3
Moyenne	295.58	299.3	235.0

L'année la plus pluvieuse pour cette série est **1995-1996**, pour des précipitations qui varient de 433.35 mm, au nord, et 417.3 mm, au sud. Alors que les années les moins pluvieuses sont **1992-1993** avec des précipitations de 130.4 mm, à Ras El Ma, et 187.85 mm, à Sidi Bel Abbés.

L'année **1996-1997** a enregistré une baisse importante des précipitations, avec des moyennes mensuelles de l'ordre de 158.9 mm, à Sidi Bel Abbés, et 162.4 mm, à Ras El Ma.

Il y a donc irrégularité des précipitations du point de vue spatiale, interannuelle et mensuelle.

D-1-1- Précipitations mensuelles :

En prenant en compte les précipitations de la période considérée (1942/1960 – 1968/2007), le mois le plus pluvieux est Avril, avec 42.1 mm, alors que le mois de Juillet est le moins pluvieux, avec 3.7 mm, et une moyenne annuelle de 313,3, mm pour la station d'El Haçaiba, qui peut être considérée comme le centre de gravité du bassin versant de l'oued Mekerra (**tableau n° 5**) (**Hallouche, 2017**).

Tableau n° 5 : Répartition mensuelle moyenne de la pluie annuelle du bassin versant à la station d'El Haçaiba.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pluie (mm)	20.1	29.8	35.7	34,1	32.6	29.7	37.3	42.1	29.3	11.5	3,7	7.4	313.3

Selon **Semari (2016)**, dans le bassin versant de l'oued Mekerra, les précipitations moyennes annuelles varient de 203 à 413 mm, avec une légère augmentation du sud au nord qui est influencée par les masses d'air marin sur la partie nord du bassin, chargées en humidité, engendrant le plus souvent des précipitations abondantes en saison froide.

Par contre, la partie sud du bassin est sous l'influence des masses d'air chaud et sec. On note également une augmentation des précipitations du NE au NW.

Au centre du bassin, les altitudes varient de 1100 à 1700 m, provoquant une augmentation des précipitations dans la direction est-ouest, dans le sous bassin de Lamtar, cela montre clairement le rôle des barrières constituées par les monts de Tlemcen situés dans la bordure nord ouest.

Les précipitations ont une influence directe sur la lame d'eau qui s'écoule dans un cours d'eau et, spécialement, sur l'oued Mekerra qui emporte les rejets industriels et urbains en plus des eaux pluviales. Donc, en période pluvieuse il y a une certaine dilution des éléments polluants dans l'oued, alors qu'en période sèche la concentration est au maximum. Durant cette période, l'oued devient un vecteur principal pour la propagation des maladies.

Sachant que l'oued Mekerra traverse la plaine de Sidi Bel Abbés qui comporte l'aquifère alluvionnaire qui se charge partiellement par l'oued Mekerra, d'une part, et par les eaux pluviales par infiltration, d'autre part, ce qui peut contaminer les eaux souterraines.

L'exutoire du bassin versant de la Mekerra, sont les marais de la Macta et, par la suite, la Méditerranée, où la pollution de l'oued Mekerra peut atteindre ces zones.

D-2- Températures :

Les températures moyennes annuelles et mensuelles ont une influence directe sur les autres facteurs météorologiques (insolation, vitesse et turbulence du vent, précipitation, évapotranspiration et déficit d'écoulement annuel et saisonnier...).

La région de Sidi Bel Abbés est caractérisée par un été chaud et sec et un hiver relativement doux. Le mois le plus froid est celui de Janvier, avec une température moyenne de 7,8°C. Le mois le plus chaud est celui d'Août, avec une température moyenne de 27.6°C (**tableau n° 6**).

Tableau n° 6 : Températures mensuelles de la station de Sidi Bel Abbés de 1974 à 2012 (Semari, 2016).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T°C	22.1	17.3	12.8	9.3	7.8	9.45	11.6	13.3	17.3	21.6	26.3	27.6

Sachant que l'augmentation des températures favorise l'évaporation des eaux qui coulent dans l'oued Mekerra ; par conséquent, la concentration des éléments chimiques dissous dans ces eaux est élevée.

D-2-1- Relation entre les températures et les précipitations :

Cette relation est généralement établie à l'aide des diagrammes pluviothermiques, connue en agronomie pour définir la période sèche sous le nom du diagramme ombrothermique de GAUSSEN.

A partir du diagramme ombrothermique, ci-dessous (**figure n° 16**), on remarque la présence de deux périodes : une période sèche qui comprend les mois de Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre et Octobre. Le reste, présente la période humide.

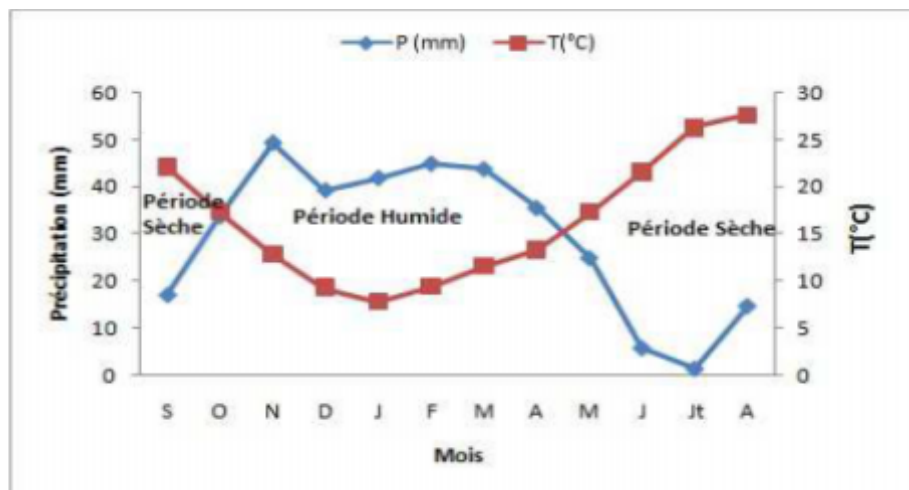


Figure n° 16 : Courbe Ombrothermique de la station de Sidi Bel Abbés (Semari, 2016).

Pendant la période sèche, l'oued Mekerra devient un égout à ciel ouvert et ne véhicule que les rejets urbains et industriels de la ville de Sidi Bel Abbés et toutes les localités qu'il franchit de l'amont vers l'aval, avec un écoulement du sud vers le nord du bassin versant de cet oued.

Pendant la période humide, l'oued Mekerra véhicule également les eaux pluviales qui se mélangent à la charge polluante de ce cours d'eau qui sont partiellement épurées dans la station de Sidi Bel Abbés. Ensuite, elles sont mélangées de nouveau avec des eaux polluées juste à la sortie de la station d'épuration (STEP) (située à la sortie est de la ville).

Oued Mekerra prend naissance à Ras El Ma où les températures sont plus élevées au nord du bassin, en plus d'une pluviométrie moins importante, avec des altitudes qui peuvent atteindre 1412 m, et une pente d'environ 2% à Sidi Ali Benyoub, alors que les sous bassins présentent un relief fort, avec une pente moyenne du sous bassin d'oued Mekerra de l'ordre de 6,03% (Semari, 2016). Donc, la vitesse d'écoulement est nettement plus importante au sud.

D-3- Humidité :

L'humidité relative moyenne annuelle de la région est de 60%, avec des valeurs extrêmes atteintes en Février, 67%, et Août, 50%.

D-4- Vents :

Les vents dominants, sont de Nord-Ouest. Ils soufflent toutes les saisons pendant 10 à 15 jours par mois. Les vents du Nord, également répartis sur toute l'année, sont observables 4 à 5 jours par mois.

Les vents d'Ouest (7 à 10 jours par mois) sont caractéristiques de l'hiver, ceux du Nord-est (7 à 8 jours par mois) de l'été. Le Sirocco souffle environ 15 jours par an lors des mois de Juillet et Août.

La vitesse moyenne mensuelle du vent est de 5.74 m/s. Le maximum, de 9.8 m/s, étant enregistré en Avril et le minimum, de 3.05 m/s, en Août et Septembre. Une certaine variabilité au cours de l'année est notable.

D-5- Evaporation :

Elle est mesurée à l'aide de l'évaporimètre de Piche, au niveau des stations de Sidi Bel Abbés et du barrage du Sarno. Les paramètres climatiques de la période, qui s'étale de 1990 à 2005, sont résumés dans le **tableau n° 7**, ci-dessous.

Tableau n° 7 : Données climatiques du bassin versant de l'oued Mekerra (ANRH, in Mokadmi, 2012).

Mois Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Humidité (%)	55	64	63	61	61	67	64	58	61	63	53	50	60
Vitesse du vent (m/s)	3.05	3.54	6.87	6.63	4.84	8.52	8.78	9.8	4.78	5.93	3.12	3.05	5.74
Evaporation (mm)	184	143	93	79	83	51	107	101	117	142	220	181	1502

Les conditions climatiques ont une influence directe sur les écoulements superficiels, selon une étude effectuée sur la région Ouest de l'Algérie, qui valide l'hypothèse des changements

climatiques et, plus précisément, un déficit pendant les dernières décennies, avec une augmentation des températures et une diminution en précipitations, ce qui provoque une diminution des écoulements (Khalidi, 2005).

E- Aperçu géologique :

E-1- Géologie du bassin versant de l'oued Mekerra :

La connaissance de la géologie d'un bassin versant est indispensable surtout pour déterminer la perméabilité du substratum qui joue un rôle déterminant dans le ruissellement et l'infiltration des eaux (Hallouche, 2017).

Selon Semari (2016), la région présente différents aspects géologiques :

- ***Au Nord, à l'Est et au Sud-est***, de multiples collines marneuses et marno-gréseuses culminent entre 600 et 900 m (Djebel Ténira) ;
- ***Au Sud***, d'importants massifs calcaires sont coiffés de sommets dépassant les 1000 m d'altitude (Djebel Es Seigaa) ;
- ***Au Nord-ouest***, des sommets calcaires atteignant environ 800 m d'altitude (Djebel Kerroucha).

Les monts de Tessala constituent la bordure septentrionale du bassin versant. C'est une chaîne de reliefs, allongés dans la direction **SW-NE**, très plissés à ossature Crétacé et à recouvrement tertiaire très épais.

La plaine de Sidi Bel Abbés occupe presque un tiers (1/3) de la surface totale du bassin et située dans sa partie nord, c'est une vaste cuvette à substratum argilo-marneux imperméable du Miocène et du Pliocène inférieur, et comblée de sédiments détritiques provenant de la désagrégation des reliefs environnants (**figure n° 17**) (Mokadmi, 2012).

La bordure sud de la plaine est constituée par les monts de Tlemcen - Saida, formés en totalité par les terrains secondaires du Jurassique moyen et supérieur et du Crétacé inférieur.

La bordure ouest du bassin versant de la Mekerra a l'aspect d'une colline encroûtée, formée de matériaux Plio-quaternaires subhorizontaux. Alors que la bordure est, correspond à la topographie élevée des terrains Plio-quaternaires et Pliocène (**figure n° 18**) (Yousfi, 2008).

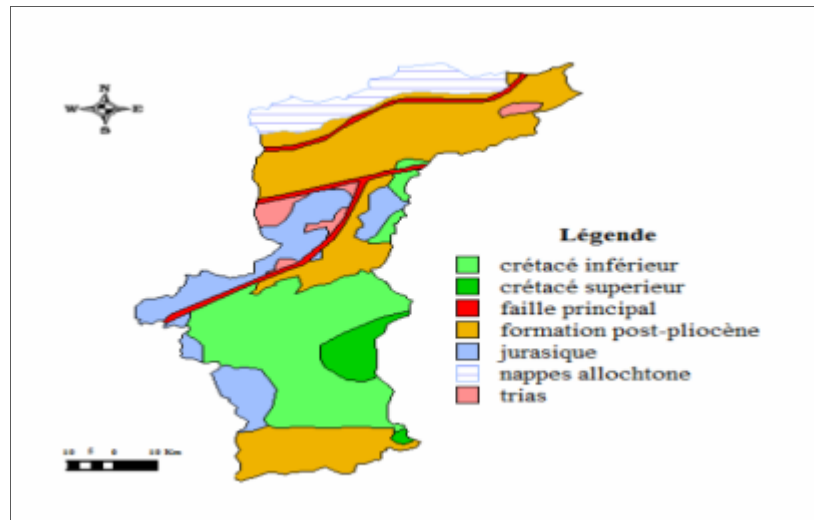


Figure n° 17 : Carte géologique du bassin de l'oued Mekerra (Mokadmi, 2012).

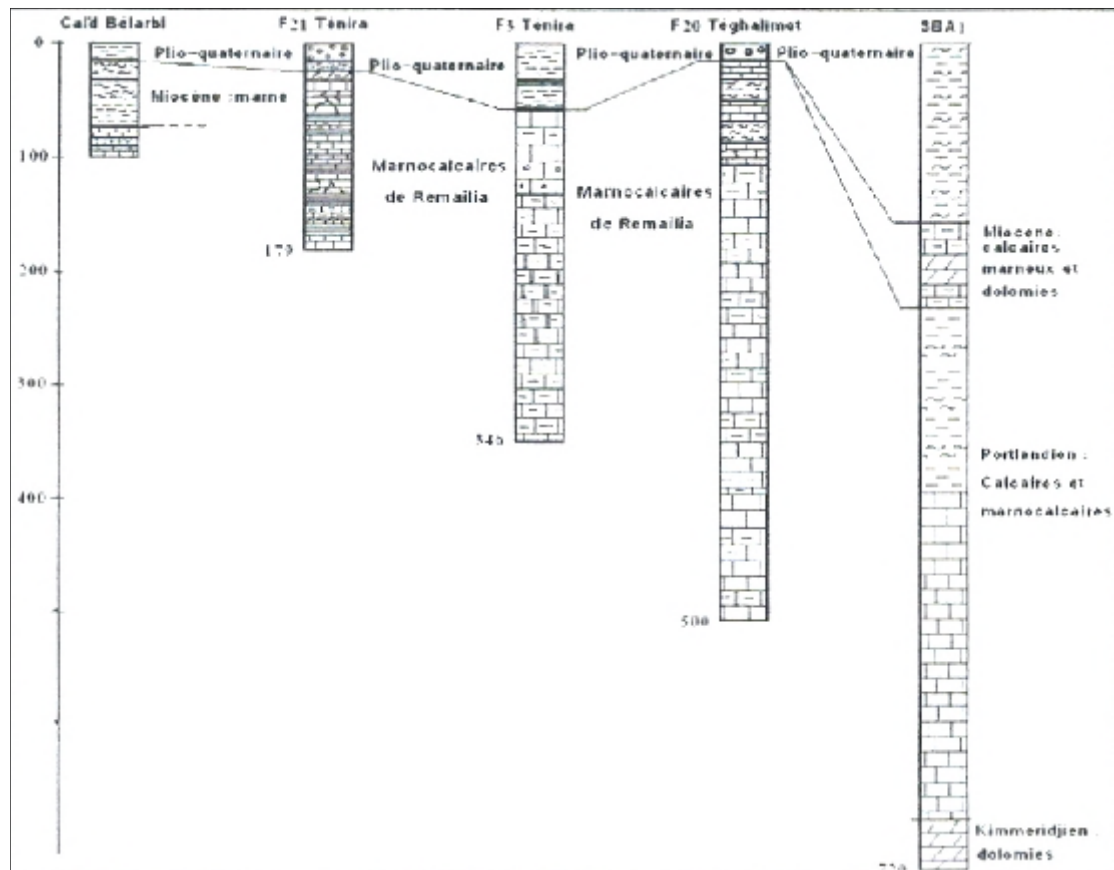


Figure n° 18 : Coupes lithostratigraphiques des forages implantés sur la bordure Sud-est de la plaine de Sidi Bel Abbés (Yousfi, 2008).

F- Aperçu hydrogéologique :

Dans cette partie de l'étude hydrogéologique, on s'est basé essentiellement sur les nappes souterraines qui sont en contact avec l'oued Mekerra, qui peut jouer le rôle d'un cours d'eau drainant ou alimentant les nappes souterraines existantes dans la zone d'étude.

F-1- Plaine de Sidi Bel Abbés :

Cette région de l'étude est caractérisée par la présence de cinq (5) nappes aquifères, à savoir :

1. *les calcaires et dolomies Jurassico-crétacés des monts de Sidi Ali Benyoub ;*
2. *les calcaires de Zigyne (Aptien) de la forêt domaniale de Belarbi ;*
3. *les calcaires Eocènes de Sidi Ali Boussidi ;*
4. *les grès Pliocènes de la forêt de Tenira ;*
5. *la plaine alluviale Plio-quadernaire de Sidi Bel Abbés ;*

La nappe du Plio-quadernaire acquiert un intérêt particulier du fait que les autres horizons perméables sont en communication hydraulique, directe ou indirecte, avec celle-ci (**Mokadmi et al., 2012**).

1. Nappe des calcaires et dolomies Jurassico-crétacé (monts de Sidi Ali Benyoub) :

L'aquifère composé de deux (2) ensembles perméables, en gros (faciès dolomitique karstifié – dolomies de Tlemcen et faciès calcaires fissurés – calcaires de Remaila), est du point de vue hydrogéologique mal connu. Les zones de bonne perméabilité sont probablement en contact par l'intermédiaire de nombreuses failles. Grâce à une position haute, favorable à une bonne pluviométrie, cette nappe est bien alimentée.

Les eaux infiltrées semblent ne pas gagner les panneaux effondrés sous la plaine de Sidi Bel Abbés, mais des communications hydrauliques latérales peuvent s'établir par l'intermédiaire des cônes de déjection de conglomérats ou des dépôts argilo-gréseux de piémont de faible perméabilité. Vers la plaine, la capacité d'écoulement des eaux provenant des calcaires est réglée par la perméabilité des cônes conglomératiques. Les eaux qui ne peuvent s'écouler vers la plaine sont restituées par d'importantes sources pérennes : Ain Skhouna, Ain Mekhareg et Ain Tatfamane.

2. Nappe des calcaires de Zigyne (Aptien) (forêt domaniale de Belarbi) :

L'aquifère, formé de calcaires fissurés, a été capté par le forage de Caïd Belarbi (débit de 14 l/s).

3. Nappe des calcaires Eocènes (Sidi Ali Boussidi) :

Les écaillés des calcaires Eocènes, posées sur les marnes du Crétacé supérieur et du Miocène marin, contiennent une nappe alimentée par son impluvium. Cette nappe est entièrement drainée par des sources, dont les plus importantes sont : Ain El Hadjar, Ain Fress et Ain Meddah. Une partie des eaux de ces sources (Ain El Hadjar et Ain Fress) est captée pour l'alimentation en eau potable (AEP), l'autre partie se déverse soit directement dans les

alluvions, soit sur le Miocène marneux. Cette nappe s'étend au Nord de l'unité Djebel Touil et Sidi Daho.

4. Nappe des grès Pliocènes (forêt de Tenira) :

Cet ensemble argilo-gréseux, de faible perméabilité, contient une nappe discontinue qui alimente la nappe alluviale par l'intermédiaire de petites vallées étroites et jouent le rôle de drain grâce à leur remplissage alluvionnaire. Ces grès, exclusivement alimentés par leur impluvium, sont caractérisés par des paramètres hydrauliques de faible valeur.

5. Nappe du Plio-quaternaire (Sidi Bel Abbés) :

Cette nappe, d'une superficie de 730 km², est contenue exclusivement dans les formations d'âge Plio-quaternaire et Quaternaire. Ces dernières remplissent la grande vallée de Sidi Bel Abbés et sont le siège d'un écoulement souterrain transitant principalement par les alluvions plus ou moins cimentés et les conglomérats des chenaux aquifères. L'ensemble de cet écoulement forme une nappe libre, à l'exception de quelques niveaux conglomératiques du chenal aquifère entre Sidi Bel Abbés (ville) dans lesquels la nappe devient semi-captive.

L'alimentation de cette nappe se fait selon trois (3) processus :

- *Alimentation directe par la pluie ;*
- *Alimentation par les aquifères adjacents :* soit par infiltration latérale directe dans les alluvions et conglomérats des chenaux aquifères, des eaux provenant des calcaires et dolomies Jurassico-crétacés et des grès du Pliocène, soit par l'intermédiaire de sources (résurgences des calcaires et dolomies du Jurassique supérieur et des calcaires de l'Eocène) dont les eaux s'infiltreront ensuite dans les alluvions et les conglomérats ;
- *Alimentation par les oueds, principalement en période de crues, sauf pour l'oued Mouzen (Tissaf), qui alimente constamment la nappe, car la majeure partie des débits de cet oued se réinfiltreront dans la nappe, particulièrement, au niveau du chenal conglomératique près de Sidi Khaled.*

6. Zones de recharges :

Selon une étude effectuée par **Benkesmia et al. (2017)**, la carte de recharge de la nappe de la plaine de Sidi Bel Abbés obtenue, est subdivisée en quatre (4) zones, qui sont : la recharge potentielle faible, moyenne, forte et très forte, conformément à la nomenclature de classification de la FAO en 1967 (**figure n° 19**).

- ***Zones de très forte recharge***, sont observées au niveau des affleurements karstiques Jurassique-crétacé des monts de **Sidi Ali Benyoub** et au niveau des chenaux de drainage qui sont localisés autour des villes de **Chetouane, Belarbi et Sidi khaled** ;
- ***Zones de forte recharge***, caractérisant les sols agricoles à texture équilibrée, au niveau de la plaine de **Belarbi**, plaine de **Boukhanifis-Tabia**, plaine de **Sidi Bel Abbés**, les calcaires Eocènes de **Sidi Ali Boussidi** et les calcaires d'âge Aptien ;
- ***Zones de moyenne recharge***, sont localisées au niveau de la ville de **Sidi Bel Abbés**, la plaine de **Hassi Zahana** qui est couverte par des sols à texture argilo-sableuse, et au

niveau des forêts dômes de **Tenira**. Ceci a mis en évidence le rôle du couvert végétal et son pouvoir d'infiltration et de son stockage d'eau ;

- **Zones de faible recharge**, sont rencontrées dans les terrains marneux, d'âge Miocène, constituant le substratum de la nappe.

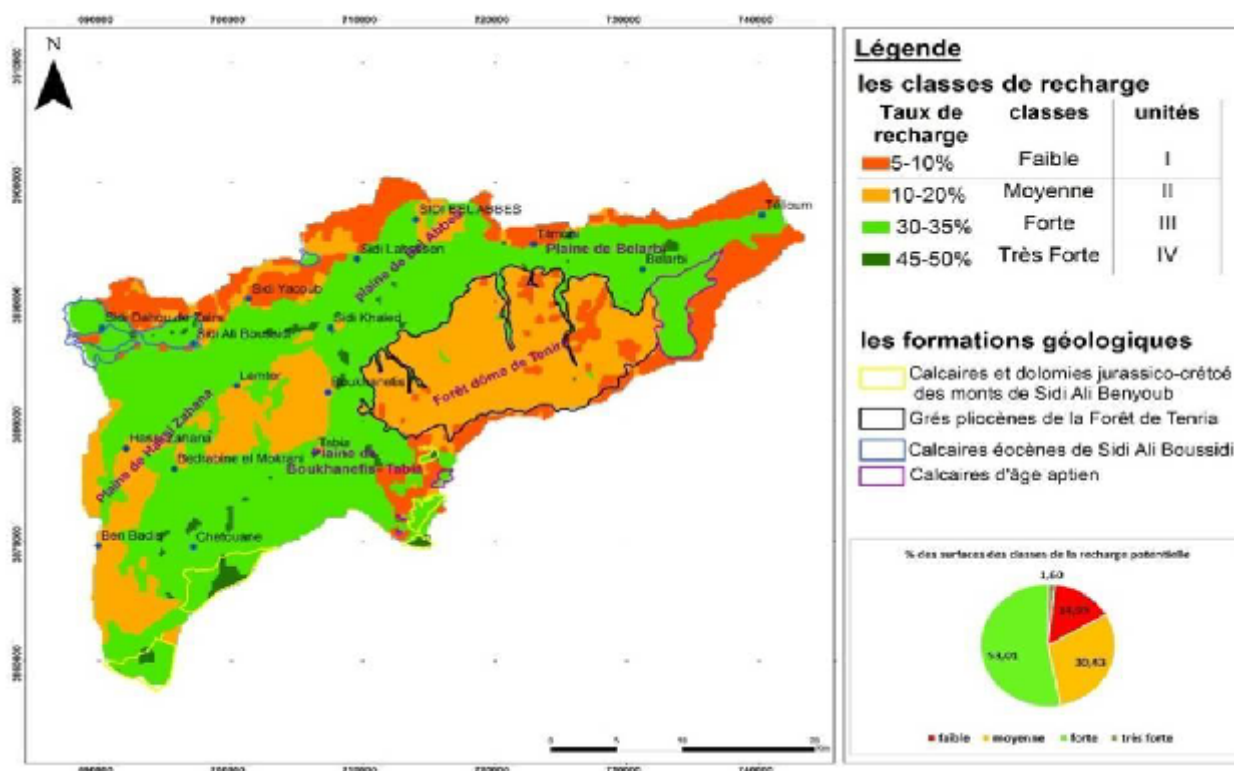


Figure n° 19 : Carte de la recharge potentielle de la plaine de Sidi Bel Abbès (Benkesmia et *al.*, 2017).

Ce type de carte (**figure n° 19**), peut renseigner sur les sites où les eaux des nappes pourraient se renouveler dans des conditions pluviométriques normales. De plus, ces cartes thématiques sont précieuses pour la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, les zones de recharges sont les plus efficaces pour transmettre des polluants aux eaux souterraines.

Si on superpose cette carte à celle qui comporte l'oued Mekerra, on remarque qu'il y a des zones qui peuvent recevoir les éléments polluants véhiculés par ce cours d'eau, qui a subi une épuration partielle, le risque de contamination est accentué en aval de la ville de Sidi Bel Abbès, et ce risque se multiplie dans les zones agricoles où les agriculteurs pratiquent l'irrigation par seguias (submersion) à partir de l'oued Mekerra.

Les techniques agricoles, entre irrigation avec les eaux polluées véhiculées par l'oued Mekerra et par épandage d'engrais sont à l'origine d'une pollution probable par infiltration, surtout dans les zones de recharges de la nappe et par infiltration.

7. Zones d'alimentation :

La hauteur piézométrique est maintenue élevée dans le sens de l'écoulement. Ces zones correspondent aux secteurs suivants :

- *Ecoulement divergent de deux (2) nappes*, provenant des calcaires de l'Eocène aux environs de Sidi Ali Boussidi et drainées par l'oued Ain Fress ;
- *Nappe divergente*, provenant des calcaires sub-affleurant des monts de Tlemcen, dans la région de Chetouane ;
- Dans les environs de Sidi Ali Benyoub, une alimentation par les aquifères adjacents soit par infiltration latérale directe dans les alluvions des eaux provenant des calcaires, soit par l'intermédiaire de sources (Aïn Skhoune et Aïn Mekhareg), dont les eaux s'infiltrent ensuite dans les alluvions. Cette alimentation est masquée par le drainage de l'oued Mekerra ;
- Dans la forêt de Tenira, l'avancée des courbes isopiézométriques est due à la présence de petites nappes perchées ;
- Deux (2) petites nappes divergentes, d'importance réduite, proviennent des calcaires de l'Aptien à Belarbi et des environs de Gouacem (**B. Sourisseau, 1973, in Yousfi. S, 2008**).

8. Zones de drainage :

La hauteur piézométrique est baissée, ce qui donne à la nappe une surface concave. Le phénomène de drainage le plus remarquable est observé au lieu dit "Le Rocher", et ce, par rétrécissement de la section perméable du réservoir. Les oueds déforment la surface piézométrique de la nappe par drainage.

9. Gradients :

Les forts gradients hydrauliques intéressent les zones de bordures où la nappe est rapidement drainée (Sidi Ali Boussidi, Ben Badis, Chetouane, forêt Messer). Les gradients moyens intéressent les zones intermédiaires entre les interfluvés et les zones d'accumulation ou d'alimentation (Le Rocher, Tinguemar, Sidi Yacoub, Bedrabine, Tabia).

Les faibles gradients sont dus soit à l'accumulation des eaux souterraines, soit à un mauvais drainage (Vallée de Belarbi). La plus caractéristique est la zone située entre Sidi Bel Abbés et Sidi Khaled, dont la faiblesse des gradients est due à la fois aux fortes perméabilités, à la convergence des écoulements et au drainage de l'oued Mekerra qui surimpose son propre gradient à celui de la nappe (les environs de Sidi Bel Abbés, entre Sidi Ali Boussidi et Lamtar, entre Bou Khanefis et Tabia et la vallée de la Mekerra, de Sidi Ali Benyoub à Tabia) (**figure n° 20**) (**Bouanani et al., 2014**).

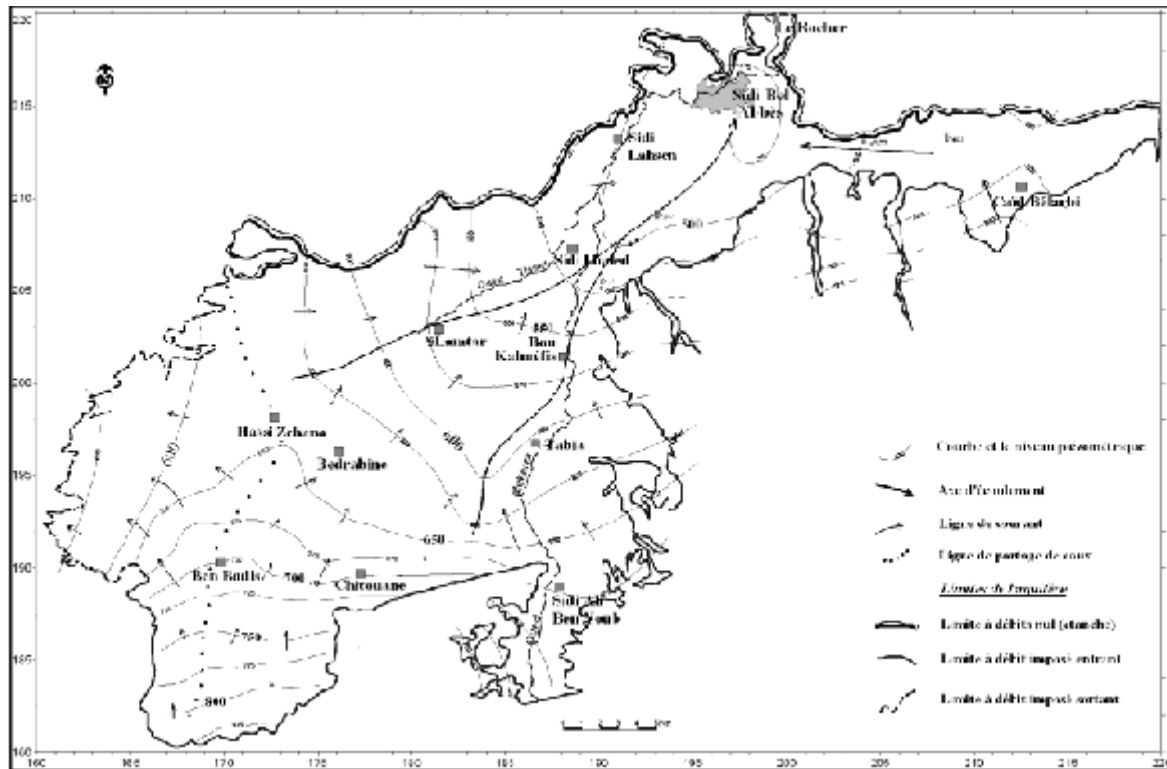


Figure n° 20 : Carte piézométrique de la nappe libre Plio-quaternaire de Sidi Bel Abbés (Oct. /nov. 1971) (Bouanani et al., 2014).

F-2- Sous bassin versant de la haute Mekerra :

Cette zone est comprise entre la région de Ras El Ma, au Sud, jusqu'à Sidi Ali Benyoub, au Nord. Malgré que peu d'études hydrogéologiques ont été effectuées dans cette zone, mais une approche sera présentée, et ce, sur la base d'une étude effectuée récemment par **Hallouche (2017)**, où les principales nappes aquifères de cette zone de la haute Mekerra, sont :

1- Nappe de Ras El Ma :

Cette nappe aquifère s'étend depuis la région de Ras El Ma, au Sud, à El Haçaïba, au Nord, qui est représentée par des grès perméables. Cette formation aquifère, à affleurement de direction SW-NE, donne ainsi une nappe à surface libre, pour devenir le plus souvent en charge lorsqu'elle est confinée sous les formations plus récentes de l'Aptien et de l'Albien. A noter que l'épaisseur de cet aquifère diminue du Sud vers le Nord.

La carte piézométrique de la nappe de Ras el Ma montre que les écoulements convergent vers le drain principal du bassin versant oued Mekerra, donnant ainsi un axe de drainage principal orienté vers le nord. Le gradient hydraulique de cette nappe aquifère augmente du sud (5%) vers le nord (13%).

La réalimentation de cette nappe est assurée à la fois par infiltration directe des eaux météoriques, lorsqu'elle est à surface libre, notamment dans la partie Est du bassin versant, et par apports latéraux, en faveur du jeu de failles qui mettent en contact cette formation avec d'autres niveaux potentiellement aquifères.

Selon le même auteur (**Hallouche, 2017**), et d'après une étude géochimique, les eaux de la nappe souterraine de Ras El Ma conviennent à l'irrigation avec le seul inconvénient c'est la présence des taux élevés de Nitrates avec des teneurs qui varient de 11 mg/l à 71 mg/l. La concentration la plus élevée (71 mg/l) est observée dans les eaux du forage de Faraât Zit, situé dans la limite Sud-est de la région d'étude.

La répartition spatiale, selon les classes de vulnérabilité de la nappe de Ras El Ma, montre des indices DRASTIC les plus élevés dans la zone Sud-est ainsi que la zone Nord-ouest.

La comparaison de la carte DRASTIC de vulnérabilité avec l'évolution spatiale des nitrates a fait ressortir la bonne coïncidence entre les deux cartes. Ceci, a permis de valider la carte DRASTIC de vulnérabilité à la pollution de la nappe de Ras El Ma.

Donc, ce que nous pouvons constater dans notre étude est que les teneurs élevées des nitrates existantes dans les eaux souterraines de Ras El Ma contribuent à l'élévation du taux de nitrate et de nitrites dans l'oued Mekerra qui draine cette nappe souterraine de Ras El Ma.

On peut également conclure que le taux des nitrates dans les eaux souterraines de cette zone augmenteront avec le temps, vu que la recharge de cette nappe se fait par infiltration, et ce, en présence d'un secteur agricole dans la région où les eaux d'irrigation, riches en éléments fertilisants, vont contribuer à l'augmentation de ces nitrates, sachant que du point de vue géologique, avec la présence des failles, les eaux infiltrées atteindront cette nappe souterraine qui est vulnérable à la pollution (**figures n° 21 et 22**).

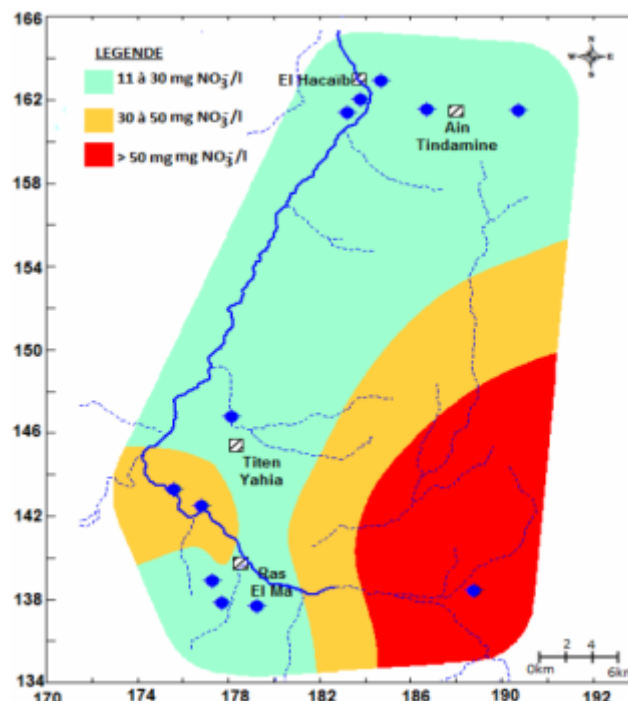


Figure n° 21 : Evolution spatiale des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la nappe de Ras El Ma (Hallouche, 2017).

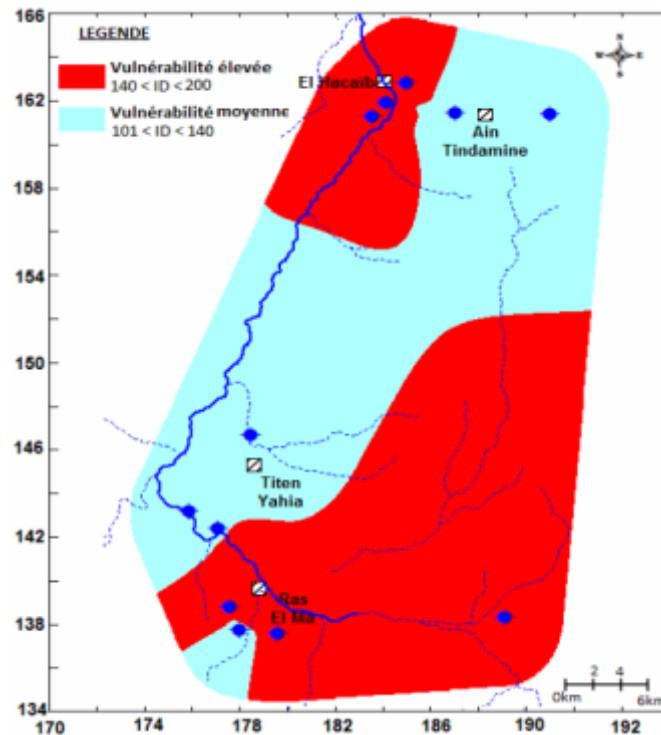


Figure n° 22 : Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la nappe de Ras El Ma selon la méthode DRASTIC (Hallouche, 2017).

2- Nappe de Moulay Slissen :

Cet aquifère, en grande partie captif, se développe principalement au centre et dans la partie orientale (rive droite de l'oued Mekerra). Sur le plan hydrogéologique, la partie supérieure de ce membre joue un rôle de drainage des eaux de Berthelot. Près de Merine (bassin versant adjacent), il existe une réduction des passages gréseux et perméables. D'autre part, il pourrait y avoir un drainage latéral de la partie superficielle par infiltration, car la pente topographique est inversée par rapport aux pendages des couches.

Par contre, cet aquifère est libre au sud et captif vers le nord du bassin, son épaisseur est d'environ 100 m. Sur le plan hydrogéologique, cet ensemble calcaire-dolomitique présente une bonne perméabilité, particulièrement dans sa partie inférieure, associé aux dolomies de Tlemcen supérieur sous-jacent (Beihler et al., 1966, in Hallouche, 2017).

La côte piézométrique de cette nappe varie de 991m à 645m. Les lignes de courant convergent vers l'oued Mekerra, qui constitue alors l'axe principal de drainage des eaux souterraines. L'alimentation de cette nappe se fait principalement par la partie Ouest et Sud Ouest, pour l'aquifère des calcaires dolomitiques du Portlandien (Tithonien), et par la partie Est et Sud-est, pour l'aquifère des calcaire gréseux de l'Hauterivien.

Le gradient hydraulique est relativement plus grand au Sud de la nappe qu'au Nord, les écoulements des eaux souterraines dans les deux nappes convergent vers l'oued Mekerra qui constitue l'axe principal de drainage.

Dans cette zone, l'oued Mekerra ne reçoit que les eaux pluviales en grande partie, en plus des eaux de drainage des nappes souterraines, soit de Ras El Ma ou la nappe de Moulay Slissen.

G- Aperçu hydrologique :

Sur le plan hydrologique, on peut noter que les bassins versants sont marqués par de fortes irrégularités, saisonnières et interannuelles, et accentuées par de longues périodes de sécheresse, des crues violentes et rapides et des transports solides importants résultants d'une érosion intense (Beihler et al., 1966, in Hallouche, 2017).

Le régime hydrologique du bassin versant de la Macta est marqué par une forte irrégularité d'écoulement, tant saisonnière, qu'annuelle. Les crues sont rapides, souvent violentes mais peu durables (inondations catastrophiques de la région de Sidi Bel Abbés) et représentent un apport liquide de près de 80% du total annuel. Quant à l'écoulement superficiel, les potentialités en eau sont évaluées à plus de 260 Hm³, repartis entre 70 Hm³, pour le bassin de la Mekerra, et 190 Hm³, pour le bassin d'El Hammam qui draine la partie orientale la plus arrosée du bassin.

Par contre, les transports solides sont considérables du fait de deux facteurs naturels essentiels, d'une part, l'irrégularité des écoulements et, d'autre part, la violence des crues.

Le bassin de la Macta est contrôlé par :

- 120 stations Pluviométriques,
- 05 stations Climatologiques,
- 24 stations Hydrométriques.

Les précipitations, qui sont le facteur principal de l'alimentation des cours d'eau, ont une influence sur la variabilité des écoulements à toutes les échelles de temps.

G-1- Oued Mekerra :

Selon une étude faite par Rohner (1961), l'oued traverse la ville elle-même et draine dans le bassin versant de la plaine 30 Millions de m³ d'eau par an, dont 10 à 12 sont difficilement récupérés pour l'irrigation. Son affluent, le plus important, irrigue également la plaine de 30 km de long de l'oued Sarno, qui alimente le barrage dit "Sarno", d'une contenance de 20 Millions de m³. A noter que c'est le seul barrage qui existe sur tout le territoire de la wilaya de Sidi Bel Abbés, avec un petit barrage construit spécialement pour l'écêtement des inondations (sis à proximité de la localité de Tabia).

G-2- Variabilité des débits moyens bruts :

Pour le bassin versant de l'oued Mekerra, selon une étude effectuée par Semari (2016), le débit moyen mesuré à la station de Sidi Ali Benyoub est de 1,28 m³/s, c'est le débit moyen le plus important de la Mekerra en comparaison avec les autres débits moyens mesurés aux différentes stations. On observe une forte différence entre la station de Sidi Ali Benyoub et celle d'El Haçaiba (diminution de 1,14 m³/s à El Haçaiba).

Le débit moyen enregistré à la station de Sidi Bel Abbés (0,52 m³/s) n'atteint même pas la moitié du débit moyen mesuré à la station de Sidi Ali Benyoub.

Ceci peut être expliqué par la diminution des pentes à l'aval de la station de Sidi Ali Benyoub, d'où l'existence de la plaine de Sidi Bel Abbés. La médiane des débits journaliers présente des valeurs de débit qui se trouve exactement à la moitié de l'ensemble des observations, ce qui signifie que 50 % des débits observés sont supérieurs à la médiane et que 50 % des débits lui sont inférieurs (**Maurício, 2008, in Semari, 2016**).

Pour les stations de Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbés, les valeurs de la médiane (0,55 et 0,27 m³/s, respectivement) sont supérieures à celles calculées à la station d'El Haçaïba et Lamtar (0,02 et 0,03 m³/s respectivement) (**Semari, 2016**).

Les variations des débits mensuels pour les stations de Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbés, montrent que l'écoulement dans le bassin versant de l'oued Mekerra est souvent constaté en automne et au printemps. L'écoulement est conditionné par les pluies orageuses et intenses de l'automne. Les pluies de l'hiver, même si elles ont une forte intensité, ne contribuent pas en grande quantité à l'écoulement, car c'est la saison qui suit l'automne où l'infiltration est très importante (**figure n° 23**) (**Sourisseau, 1973, in Bourek, 2010**).

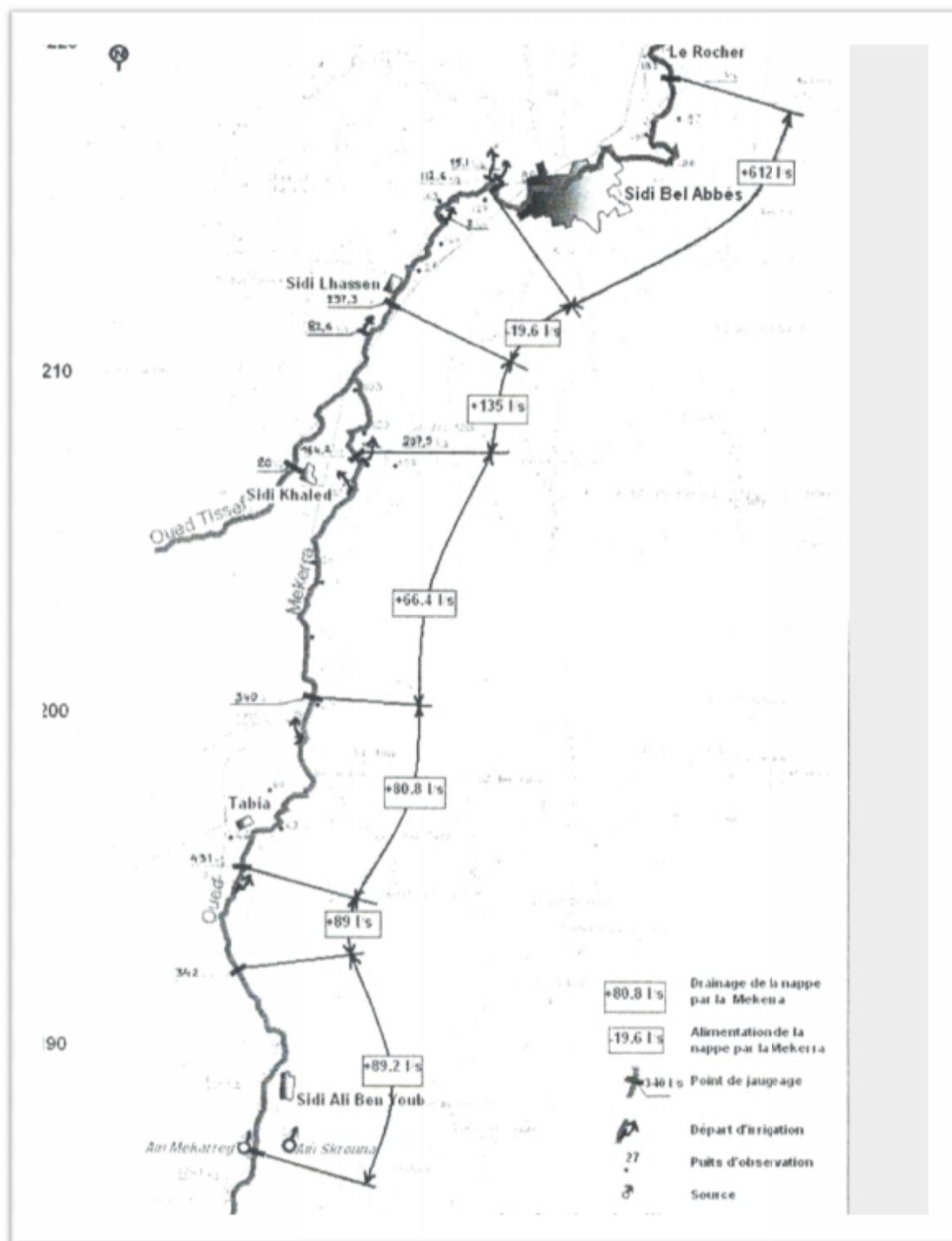


Figure n° 23 : Alimentation et drainage de la nappe par l'oued Mekerra (Sourisseau, 1973, in Bourek, 2010).

H- Ressources hydriques :

H-1- Historique des ressources hydriques à Sidi Bel Abbés :

D'après une étude faite par **Rohner (1961)** (chimiste et physicien du service de l'Hydraulique d'Alger), la ville de Sidi Bel Abbés est alimentée en eau potable par la nappe souterraine de Sidi Bel Abbés et par la source d'Ain Mekhareg. L'eau de la nappe est pompée derrière l'école de l'Agriculture, à 5 km environ au SW de l'agglomération. Son débit maximum est de 85 l/s, du fait de nombreux pompages réalisés pour l'irrigation des jardins.

La source d'Ain Mekareg, dans la commune de Sidi Bel Abbés (ex. Chanzy), distante de 32 km de la ville de Sidi Bel Abbés, permet une alimentation par gravitation. En période de sécheresse, le débit de la source tombe parfois à 100 l/s et celui revenant à la ville est de 60 l/s, soit 5200 m³/s. Quant à la nappe, ses eaux baissent jusqu'à n'atteindre que 40 cm de profondeur ; le débit n'arrive alors qu'à 40 l/s, soit 3460 m³/s. Avec un total de 8700 m³ au maximum.

Toujours, selon le même auteur (**Rohner, 1961**), et d'après son étude sur la qualité des eaux de Sidi Bel Abbés, il a conclu que : les eaux de Chanzy, sont d'une légère tendance entartrant, s'altèrent à l'exposition à l'air et demandent une stérilisation, très bonnes à la consommation. Il a conclu, aussi, que les eaux de la nappe sont de très mauvaise qualité chimique, impropres aux usages domestiques, avec des teneurs en hydrate, dangereuses, surtout pour l'alimentation des nourissants (teneur élevée en nitrate NO₃, égale à 24 mg/litre) très entartrant. Alors que leurs mélange est de qualité très moyenne, gardant un pouvoir entartrant assez poussé.

H-2- Ressources hydriques actuelles :

Le territoire de la wilaya est couvert à près de 60 % par l'amont du bassin de la Macta, à 40% par le Chott-Chergui, ainsi que par la proximité du Bassin de la Tafna (depuis le barrage de Sidi Abdelli (Wilaya de Tlemcen)), ce qui lui confère une position privilégiée pouvant bénéficier d'une part des ressources en eaux mobilisées. Les potentialités en eau souterraine sont de l'ordre de 30 à 35 hectomètres cubes par an, pour une mobilisation de l'ordre de 33,26 hectomètres cube par an, destinées à l'alimentation en eau potable, 07 hectomètres cubes pour l'agriculture et 1,26 hectomètre cube par an pour l'industrie (**DHW, 2008, in Aloui Labiod. Z, 2013**).

H-2-1- Ressources hydriques superficielles :

- **Barrage Sarno :**

Le barrage de l'oued Sarno, situé au sud du village Delahim, entre Sidi Brahim et Sidi Hamadouche, a été construit sur l'oued du même nom, entre 1947 et 1954. Au départ il disposait d'une capacité de 22 millions de mètres cubes (**ANDI, 2013**) (**figure n° 24**).



Figure n° 24 : Vue aérienne d'ensemble du barrage (lac) d'oued Sarno (ANDI, 2013).

- **Retenues collinaires :**

Treize (13) retenues collinaires sont en exploitation, elles ont été réalisées durant la période 1985-2012, qui mobilisent un volume de 2657200 m³. La capacité globale de ces 13 retenues collinaires est de l'ordre de 12 Hm³, susceptibles d'irriguer une superficie globale de 2700 hectares à travers la wilaya de Sidi Bel Abbés.

H-2-2- Ressources hydriques souterraines :

En matière de ressources souterraines, l'avantage de disposer d'un nombre important de nappes et d'aquifères, bien réparties spatialement, au niveau de la wilaya, représente un atout, mais dont les facilités d'accès, l'absence d'une gestion rigoureuse et d'une bonne connaissance et d'évaluation ont fini par fragiliser ce capital naturel stratégique. En raison des déficits pluviométriques enregistrés depuis plus d'une décennie et des conséquences sur les conditions de recharge des principales nappes de la wilaya, des dispositions ont été prises afin de moins solliciter ces aquifères, et ce, pour éviter de les déséquilibrer de manière irréversible.

- **Forages :**

On compte 69 forages, avec un débit total exploité de 1013,5 litres/s destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

- **Puits :**

On en compte pas moins de 48 puits, avec un débit total de 101 l/s dont les profondeurs varient entre 9 et 40 m.

- **Sources :**

Il existe à travers la wilaya de Sidi Bel Abbés 25 sources destinées à l'AEP, dont le débit exploité varie entre 0,5 et 80 l/s. les débits les plus importants sont exploités à partir des sources d'Ain Skhouna et Ain Mekharegh (situées dans la commune de Sidi Ali Benyoub) avec 70 et 80 l/s, respectivement.

H-3- Analyse du niveau de satisfaction en eau potable :

Comme les volumes d'eau alloués aux populations varient d'une commune à l'autre, la dotation moyenne réelle a été évaluée en l/j/habitant pour les différentes communes de la wilaya. Cette dotation a été rapportée à la dotation théorique retenue habituellement, à savoir 150 l/j/habitant. Ce rapport représente le taux de satisfaction réel des habitants.

Et c'est l'année 2016, qui a fait l'objet d'une étude de **Semari (2016)**, pour la wilaya de Sidi Bel Abbés. Cela est fonction de la disponibilité des données nécessaires pour le calcul du niveau de satisfaction en eau potable. Par contre, pendant le printemps, même si les pluies ont une faible intensité, des débits relativement importants ont été enregistrés en cette saison. C'est la saison qui suit l'hiver où le sol est déjà saturé. Les débits les plus importants sont enregistrés aux mois de Septembre, Octobre, Mars et Mai.

La wilaya de Sidi Bel Abbés a rarement mobilisé plus de 5 hm³/an de ressources superficielles, à partir du barrage de SARNO, et ce, malgré sa capacité de 22 hm³. C'est pourquoi elle a eu toujours recours à la mobilisation de ses ressources en eaux souterraines à partir de ses nappes.

Les ressources en eau sont réparties comme suit : 62.000 m³/j, provenant des eaux souterraines (puits, forages et sources) et 51.000 m³/j, provenant des ressources superficielles (barrages, et dessalement des eaux de mer) (**figure n° 25**) (**DHW, Sidi Bel Abbés, 2008, in Aloui Labiod. Z, 2013**).

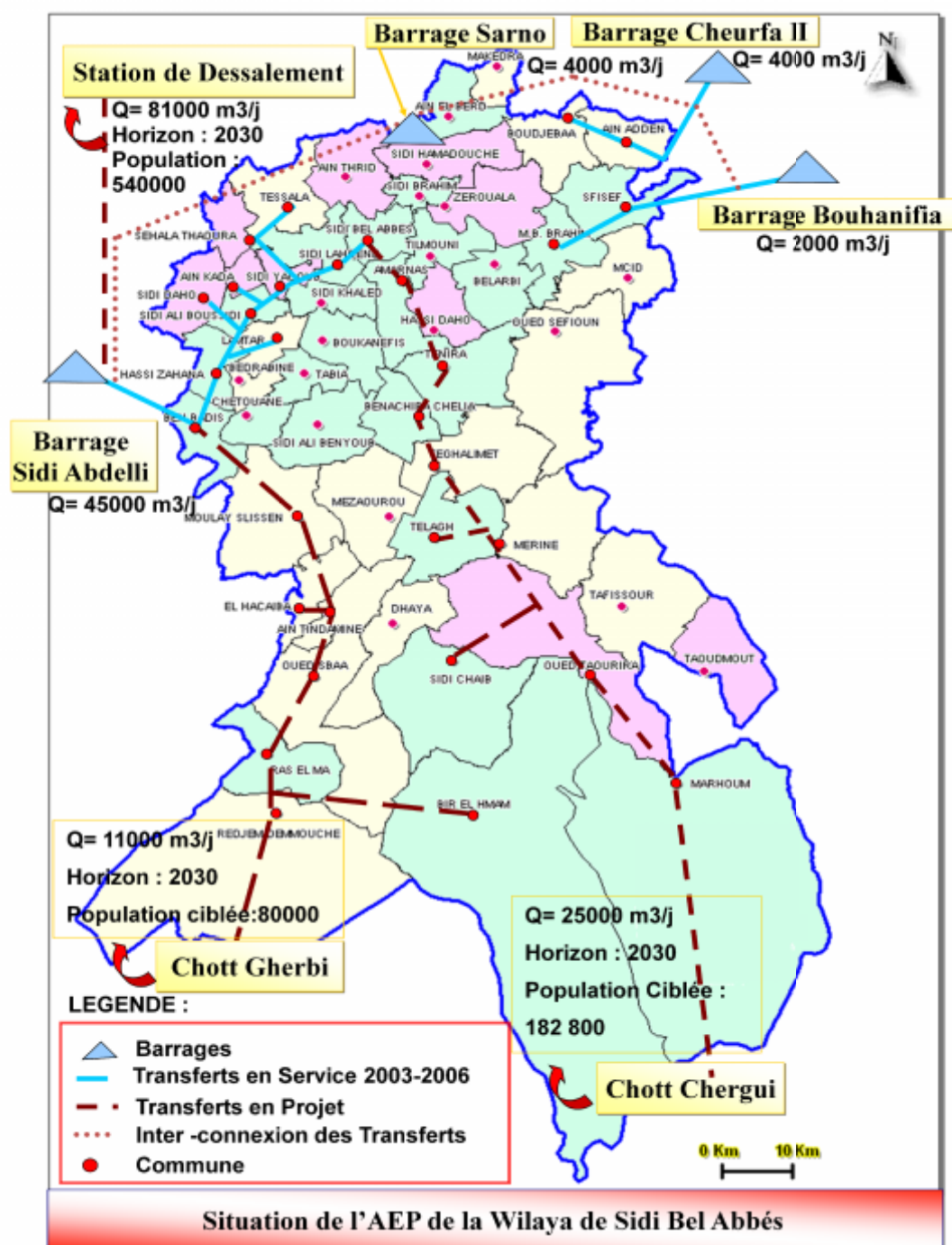


Figure n° 25 : Situation de l'AEP de la wilaya de Sidi Bel Abbés (DHW, Sidi Bel Abbés, 2008, in Aloui Labiod, 2013).

I- Réseau hydrographique :

Il se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement, qui est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin (figure n° 26).

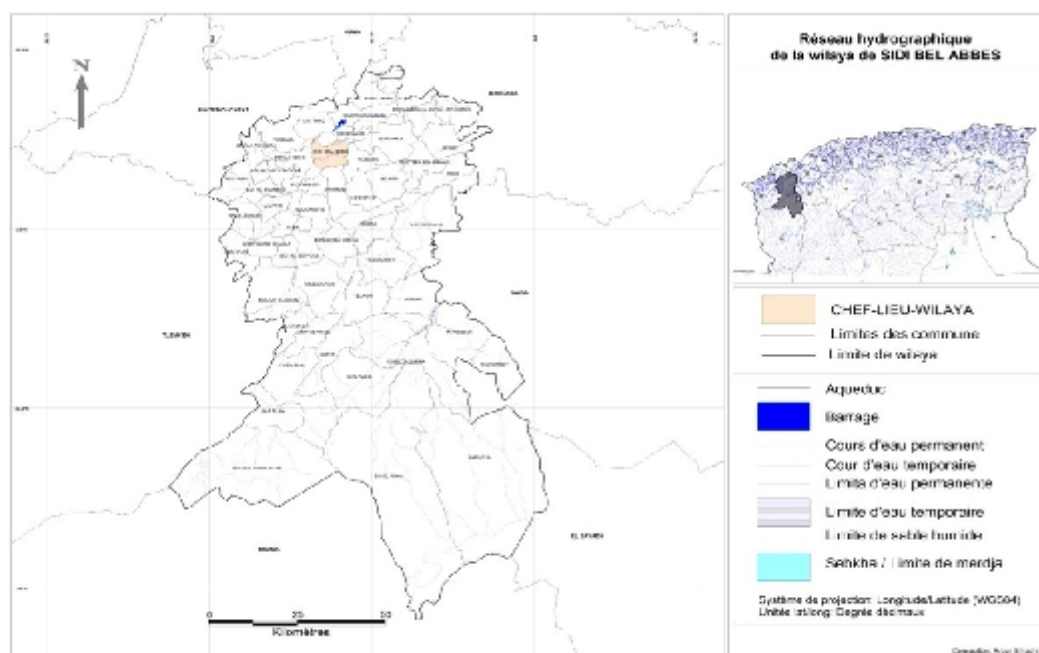


Figure n° 26 : Réseau hydrographique de la wilaya de Sidi Bel Abbés.

Le chevelu hydrographique de l’oued Mekerra est peu développé, son tracé est influencé par le relief en place, il suit la direction SW-NE des monts de Tessala. La Mekerra draine une superficie totale 3058,3 km², sur un talweg d’environ 175,5 km de long, depuis les hautes vallées de la steppe, au Sud de Ras El Ma, jusqu’à la ville Sidi Bel Abbés, au Nord (**figure n° 27**) (Mokadmi, 2012).

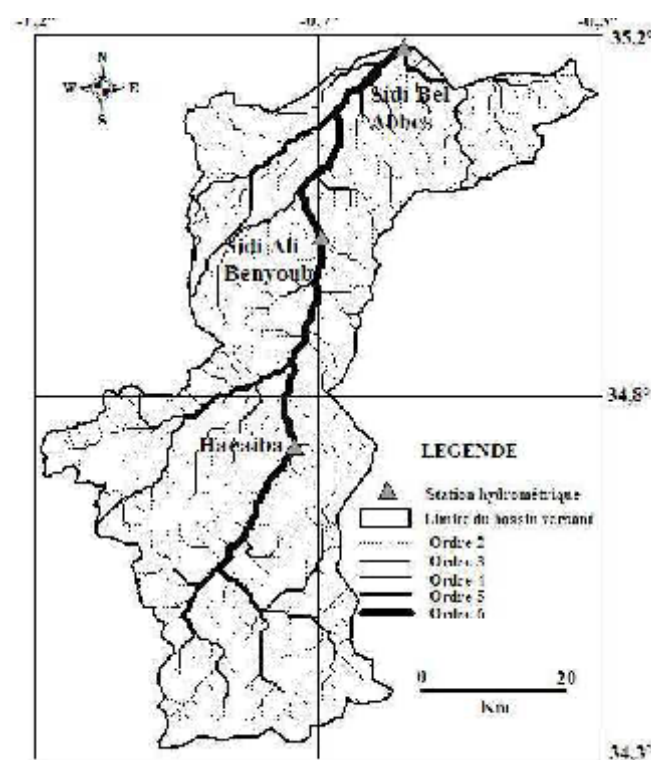


Figure n° 27 : Hiérarchisation du réseau hydrographique du sous bassin versant de l’oued Mekerra (Mokadmi S, 2012).

Ce réseau hydrographique est composé par de nombreux affluents, représentés fréquemment par des cours d'eau temporaires. L'oued est alimenté, lui-même, par des précipitations et des sources dont la plus importante est Ain-Skhouna (**tableau n° 8**) (**Bourek, 2010**).

Tableau n° 8 : Caractéristiques du réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Mekerra (Bourek, 2010)

Sous Bassin	S/Sous Bassin	Affluents		Altitudes		ΔH (m)	Longueur affluents (km)
		Rive gauche	Rive Droite	Côte amont	Côte Aval		
1101 Mekerra amont 29.50km	1	O. Ras El Ouidan		1210	1098	112	20.5
	2		O. Faret Ez-Zeit	1170	1098	72	12.5
	3	O. Taifza		1160	1082	78	6
	4	O. Es. Sekrara		1123	1055	68	6.5
	5		O. Ferrer	1073	1035	38	5.5
	6	O. El Messameche		1250	1030	220	8.5
	7		O. El Ksob	1300	947	353	6
1102 Mekerra Moyen 32km	8		O. Oum El Djebbour	890	819	71	4.5
	9	O. Moulay Slissen		920	810	110	6
	10	O. Mkilta		920	770	150	10
	11	O. Chaabat Guelmen		820	710	110	4.5
1103 Sarno 64km	12		O. Chaabet Bechir	740	610	130	3.5
	13	O. Tissaf		550	515	35	11.5
	14	O. Sarno		480	419	61	6
1104 Mebtouh 35.25km	15	O. Malah		600	405	195	8.5
	16		O. Chaabet Zelifa	380	355	25	4.5
	17	O. Imbert		600	350	250	7.5
	18		O. Ain Inadden	500	220	280	10
	19	O. Afferd		485	210	275	7

Selon **Yousfi (2008)**, la plaine de Sidi Bel Abbés est traversée du sud vers le nord par l'oued Mekerra. Son cours, plus ou moins rectiligne, de régime semi-torrentiel, devient sinueux dès son entrée dans la plaine. Au niveau de la ville de Sidi Bel Abbés, l'écran imperméable que forment les monts du Tessala oblige le cours à s'incliner de 90° , pour trouver plus loin un exutoire vers le nord au lieu dit "Le Rocher". En aval, la topographie s'inverse et le lit de l'oued entaille profondément la nappe alluvionnaire.

Dans la plaine, la Mekerra reçoit un seul affluent pérenne, l'oued Tissaf qui est formé des oueds Bedrabine, Lamtar, Bou Khannam et Ain Fress.

J- Réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés :

J-1- Historique du réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés :

Le réseau d'assainissement date de 1936. Il fut créé pour une population de 50000 habitants aux besoins de laquelle il correspondait. Le système est unitaire. L'exutoire se déverse dans un

champ d'épandage à 5km au Nord de la ville, avec un trop-plein qui se déverse dans le lit de l'oued Mekerra. La ville comptait, en 1961, plus de 100 000 habitants et le réseau est à reprendre surtout si l'on tient compte de l'importance de l'accroissement démographique de la ville de Sidi Bel Abbés (**Amar, 2015**).

L'insuffisance d'absorption du champ d'épandage, les eaux usées stagnantes dans l'oued en période de sécheresse, créent un problème important qui va en s'amplifiant. Les mauvaises odeurs permanentes, été comme hiver, étaient présentes sur la route menant vers Oran, à la sortie de la ville sur 5 à 6 km (**Anonyme, 1961**).

Donc le problème de l'oued Mekerra a commencé bien avant l'indépendance, où il recevait les eaux d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés, avec une population moins importante et un secteur industriel presque absent. Sachant que pour le même auteur (**Anonyme, 1961**), il y avait une étude effectuée envisageant la construction de station d'épuration des eaux usées, mais des contraintes, technique et économique, ont arrêté la réalisation du projet.

Selon l'**ONA de Sidi Bel Abbés (2012)**, le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés est de type unitaire, d'un linéaire total de 244 km, pour une superficie totale de 69.75 km². Le taux de raccordement est de 98 %.

Le réseau d'assainissement de la ville contient trois (03) collecteurs principaux CP1, CP2 et CP3 :

- ***CP1 varie entre $\varnothing = 800$ à 2000 mm, avec une longueur de 7,34 km***
- ***CP2 $\varnothing = 800$ mm, avec une longueur de 1,29 km***
- ***CP3 varie entre $\varnothing = 500$ à 800 mm, avec une longueur de 1,925 km.***

Les diamètres du réseau varient entre 200 et 2000, mm avec des canalisations de tous types de matériaux (PVC, béton armé, amiante ciment, béton comprimé).

Le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés est constitué de collecteurs, circulaires et ovoïdaux, dont 99,12% circulaires et 0,88 % ovoïdaux.

Les sens d'écoulements du réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés sont orientés d'Ouest en Est et du Sud vers le Nord.

Le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés pose beaucoup de problèmes, ce qui demande un nombre considérable d'interventions (en moyenne, 20 interventions par jour) en temps sec. En période d'intempéries, on enregistre plus d'interventions.

Parmi ces problèmes, on cite les suivants :

- Les rejets illicites dans l'oued Mekerra,
- La programmation de la construction des habitations avant la création de schéma directeur de l'assainissement,
- La construction anarchique, surtout sur les rives d'oued Mekerra,
- La topographie de la ville, qui est plate,
- Les conduites sous dimensionnées,

- La démolition des anciennes cités (ex : la cité émir Abdelkader), ce qui favorise l'accumulation des dépôts dans les collecteurs,
- Les agglomérations de Sidi Lahcène, Bellouladi et Tilmouni sont équipées par des réseaux d'assainissement de type unitaire, les rejets de leurs eaux usées s'effectuent dans le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés,
- La ville de Sidi Bel Abbés présente une urbanisation relativement dense, particulièrement dans le centre-ville,
- Il existe un oued qui traverse la ville, mais qui n'est pas utilisé pour le déversement des eaux pluviales en cas de l'existence d'un réseau séparatif...

J-2- Rejets de la ville de Sidi Bel Abbés :

Il existe quatre types d'eaux usées qui génèrent la pollution de l'oued Mekerra, à savoir :

- Rejets d'eaux usées domestiques :

Le réseau de la ville de Sidi Bel Abbés raccorde plus de 95% de la population, avec toutefois un certain pourcentage de raccordement de manière illicite. Les localités de Sidi Lahcen, Tilmouni et Bellouladi, procèdent par leurs propres réseaux d'assainissement mais par la suite ils sont raccordés au réseau d'assainissement existant de Sidi Bel Abbés (DHW, Sidi Bel Abbés, 2006).

- Raccordement des unités industrielles :

Leur raccordement aux réseaux d'assainissements ou les rejets dans le milieu récepteur sont conditionnés par l'installation préalable d'une station d'épuration et à une autorisation. Seulement cette disposition réglementaire n'est pas appliquée, les deux stations d'épuration existantes au niveau du complexe de production de matériels agricoles (PMA) et de GIPLAIT (ex. OROLAIT) sont désormais en état d'arrêt, l'oued est devenu le déversoir de toutes les unités de la zone industrielle. Rappelant que la majorité de ces unités industrielles ne sont pas équipées de dispositif de traitement des eaux usées, ce qui a conduit naturellement à une accumulation des résidus industriels dans ce milieu naturel, contribuant ainsi de façon fortement significative à la pollution.

- Eaux usées du secteur sanitaire :

Sont chargées de germes pathogènes qui peuvent causer les maladies à transmission hydrique (MTH). Ces eaux ne subissent aucun traitement et sont déversées directement dans l'égout communal.

- Eaux usées de l'abattoir :

Sont très polluées par les germes pathogènes d'origine animale, notamment par le sang et les eaux de lavage.

Toutes les catégories de sources des rejets d'eaux usées existent dans la ville de Sidi Bel Abbés, telle que : agro-alimentaires, industrielles, domestiques, sanitaires et agricoles.

Les eaux brutes sont celles provenant de la ville de Sidi Bel Abbés, amenées par les drains collecteurs et deux (2) stations de relevage : **une**, au centre du quartier de Sidi Djilali, et, **l'autre**, à proximité de la station d'épuration, à la cité appelée Le Rocher. Le premier ouvrage est un déversoir d'orage n'acceptant à la station que $1642.5 \text{ m}^3/\text{h}$. La fraction supérieure à ce débit déborde et rejoint l'oued Mekerra via le by-pass général de la station (**Aloui Labiod, 2017**).

J-3- Station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés :

La station d'épuration des eaux usées (S TEP) de la ville de Sidi Bel Abbés est implantée à l'extrémité NE de la ville, dimensionnée pour 345 000 équivalent habitant (soit $54\,000 \text{ m}^3/\text{j}$), dont sa création remonte à l'année 1994. Avant la création de cette STEP, les eaux usées et pluviales étaient, pour la quasi-totalité, rejetées dans l'oued Mekerra et, partiellement, dans l'oued El Mallah, qui est l'effluent de l'oued Mekerra (**DHW, Sidi Bel Abbés, 2006**).

La gestion de cette station a été transférée, en 2008, à l'Office National de l'Assainissement (ONA). La station d'épuration des eaux usées ne reçoit que $9000 \text{ à } 9200 \text{ m}^3$ quotidiennement au lieu de $28\,000 \text{ m}^3$ (sa capacité réelle), où elle reste sous utilisée par rapport à ses grandes capacités d'épuration, soit un taux d'utilisation à peine de 33%. Le réseau d'assainissement parcourant la ville de Sidi Bel Abbés est sur une distance de 4,4 km (**Aloui Labiod Z, 2017**).

Ainsi, donc, l'oued Mekerra est devenu un collecteur naturel des eaux usées urbaines et industrielles qui sont partiellement traitées (**photos n° 1 et n° 2**).



Photo n° 1: Eaux usées, traitées et épurées à la sortie de la STEP, pour rejoindre les eaux industrielles véhiculées par l'oued Mekerra (Cliché, Zouita, 11/03/2013).



Photo n° 2 : Eaux industrielles véhiculées par l’oued Mekerra qui ne sont pas pris en charge par la STEP (Cliché, Zouita, 11/03/2013).

Conclusion :

Le bassin versant de l’oued Mekerra est situé au NW du territoire algérien, il fait partie du bassin de la Macta (bassin versant ANRH N°11). Il prend son origine dans les hautes vallées de la steppe au Sud de Ras El Ma à une côte avoisinant les 1450 m.

L’oued Mekerra traverse la ville de Sidi Bel Abbés, avec un écoulement qui se dirige du Sud vers le Nord, pour atteindre les marais de la Macta et, par la suite, il se jette dans la mer Méditerranée.

Il collecte les eaux pluviales du bassin versant en période de pluies, en plus des eaux d’assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés et toutes les localités qu’il traverse, telles que Bellouladi, Tilmouni,...

Les eaux usées qu’il véhicule sont d’origine urbaine, industrielle et agricole, sans oublier les eaux usées des hôpitaux, des stations de lavage et des abattoirs. Ce sont toutes des eaux qui contiennent des agents pathogènes qui peuvent être à l’origine des maladies à transmission hydrique.

Ce cours d’eau joue dans ce bassin versant le rôle de recharge et de drainage des nappes souterraine et aquifère. Il peut être un vecteur d’une contamination probable de ces ressources hydriques, qui sont très importantes pour cette région, qui a une moyenne de pluviométrie de l’ordre de 295mm, à Sidi Bel Abbés, et 235mm, à Ras El Ma au sud du bassin versant.

Selon des études effectuées antérieurement, les nappes souterraines du bassin versant de l’oued Mekerra, et selon les caractéristiques hydrogéologiques, il y a une vulnérabilité à la pollution de la nappe souterraine de la plaine de Sidi Bel Abbés (**Benkesmia, 2017**).

Dans cette partie du bassin versant, l'oued Mekerra joue le rôle de recharge de la nappe souterraine.

Les nappes souterraines du bassin versant de la haute Mekerra sont également vulnérables à la pollution, selon la méthode DRASTIC appliquée sur la nappe souterraine de Ras El Ma.

Dans cette partie du bassin versant, l'oued Mekerra draine les deux nappes souterraines, Mouley Slissen et Ras El Ma, où il risque de se charger par des eaux contaminées en nitrates qui se trouvent dans les eaux souterraines de Ras El Ma, avec des teneurs qui peuvent atteindre 71mg/l (**Hallouche, 2017**).

La contamination des nappes souterraines peut être causée par l'irrigation illicite par les eaux de l'oued Mekerra. Sachant que l'étude géologique du bassin versant de cet oued montre des zones de perméabilité importante, surtout par les failles existantes. Le risque de contamination par infiltration reste probable.

PARTIE II

CHAPITRE IV

PRESENTATION DE LA REGION DE BATNA (OUED EL GOURZI)

Introduction :

Oued El Gourzi est le prolongement naturel des oueds de Batna et Tazoult, au SW de la ville de Batna, où il traverse une partie du chef-lieu de la wilaya. Par la suite, il se jette dans la plaine d'El Madher, au NE, en la longeant, qui se scinde en plusieurs bras entre autre oued El Madher.

L'exutoire de l'oued El Gourzi se trouve en résurgence à Mardja Mezouala, à proximité du sous-bassin versant de Gadaine.

Dans ce chapitre, la présentation du site d'étude s'est faite sur la base de l'emplacement de cet oued par rapport à la wilaya de Batna et son influence sur son environnement. Et l'étude du milieu naturel concerne le chef-lieu de la wilaya où passe oued El Gourzi, en plus de la plaine d'El Madher qui subit les effets de la pollution de cet oued par les rejets urbains et industriels de la ville de Batna, ainsi que les eaux pluviales.

L'étude qui suit concerne la plaine d'El Madher où se jette oued El Gourzi avec toute sa charge polluante, sachant que la nappe souterraine de cette plaine assure une grande partie des besoins en eau de la ville de Batna, et ce, par l'intermédiaire de son champ captant externe qui est composé de huit (8) forages, dont quatre (4) sont implantés dans la plaine d'El Madher et les autres dans la plaine de Gadaine.

La plaine d'El Madher est située à environ 450 km, au SE d'Alger, entre les degrés 35.5° et 35.7°, de latitude Nord, et à 15 km au NE de la ville de Batna.

Le bassin versant d'oued El Madher s'étend sur une superficie d'environ 200 km² et englobe l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, dont elle couvre une superficie d'environ 90 km². Cet aquifère est limité par les monts de Batna, à l'WNW, et par le Djebel Bou Arif, à l'ESE. Ces deux monts convergent au Sud, pour pratiquement fermer le bassin versant de cette plaine et ne laisser subsister qu'un mince seuil alluvionnaire, où coule oued El Madher (prolongement naturel d'oued El Gourzi).

Oued El Madher traverse toute la plaine jusqu'à Mechtat Arour, où il se divise en plusieurs bras. Merdja Mazouala est l'exutoire du bassin, elle est située au Nord de la plaine, entre le Djebel Taфраout et Koudiat Tfouda.

A- Situation géographique :

La wilaya de Batna est située dans la partie orientale de l'Algérie, elle est localisée entre 4° et 7° de longitude Est, et 35° et 36° de latitude Nord. La position géographique de la ville de Batna est située à l'intersection de deux principaux axes routiers, l'axe Nord-sud, reliant le Nord du pays au Sud et le grand Sud, et l'axe reliant l'Est à l'Ouest, d'une superficie de 12.038,76 km², elle contient 21 daïras et 61 communes (**Figure n° 28**) (**Boutrid, 2017**).

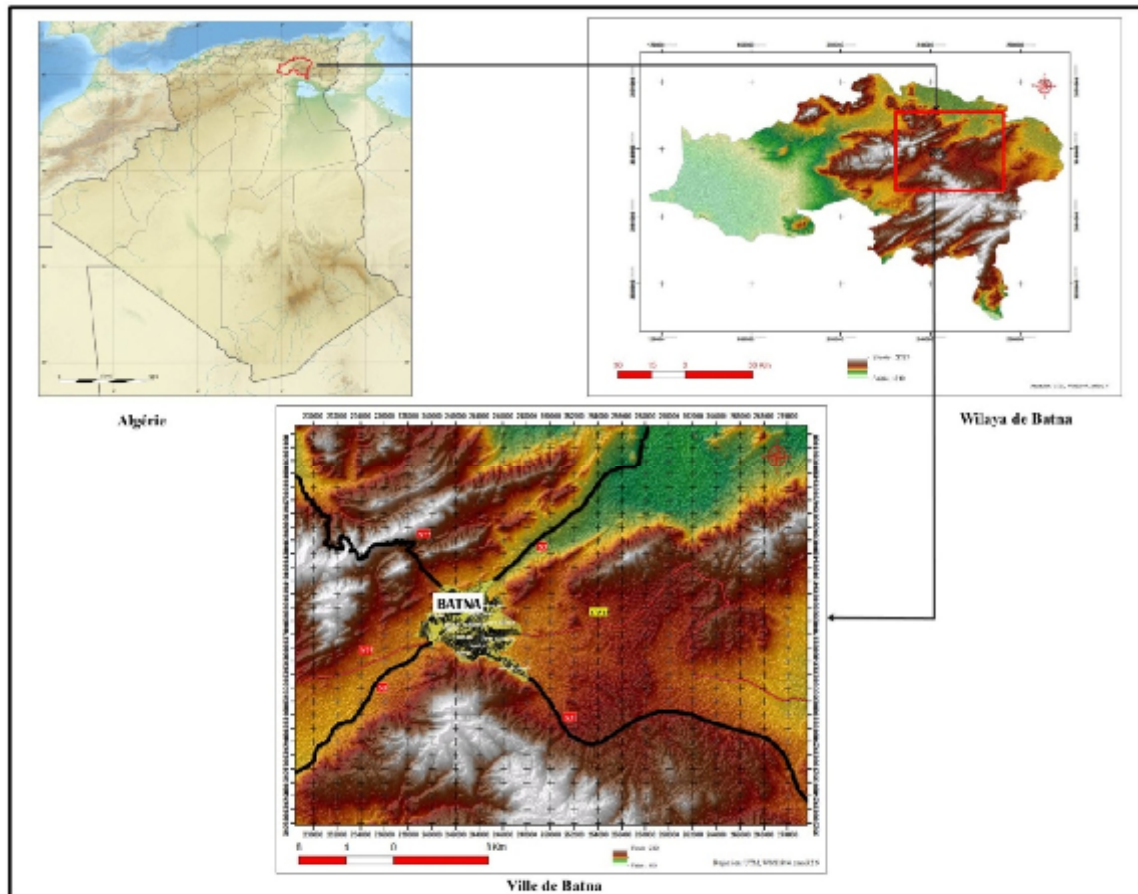


Figure n° 28 : Situation de la ville de Batna (Boutrid, 2017).

De ce fait, la wilaya de Batna se trouve délimitée par les wilayas suivantes :

- Sétif et Mila, au Nord
- Oum El Bouaghi et Khenchla, à l'Est
- Et M'Sila, à l'Ouest.

La ville de Batna, chef-lieu de la wilaya et capitale des Aurès, est située à 425 km au Sud de la capitale Alger, la commune de Batna s'étend sur une superficie totale de 11641 hectares (Figure n° 29) (Baaziz, 2008). Elle est limitée, par :

- La commune de Tazoult, au Sud
- La commune de Fesdis, au Nord
- La commune d'oued Chaaba, à l'Ouest
- Et la commune d'Ayoun Assafir, à l'Est.

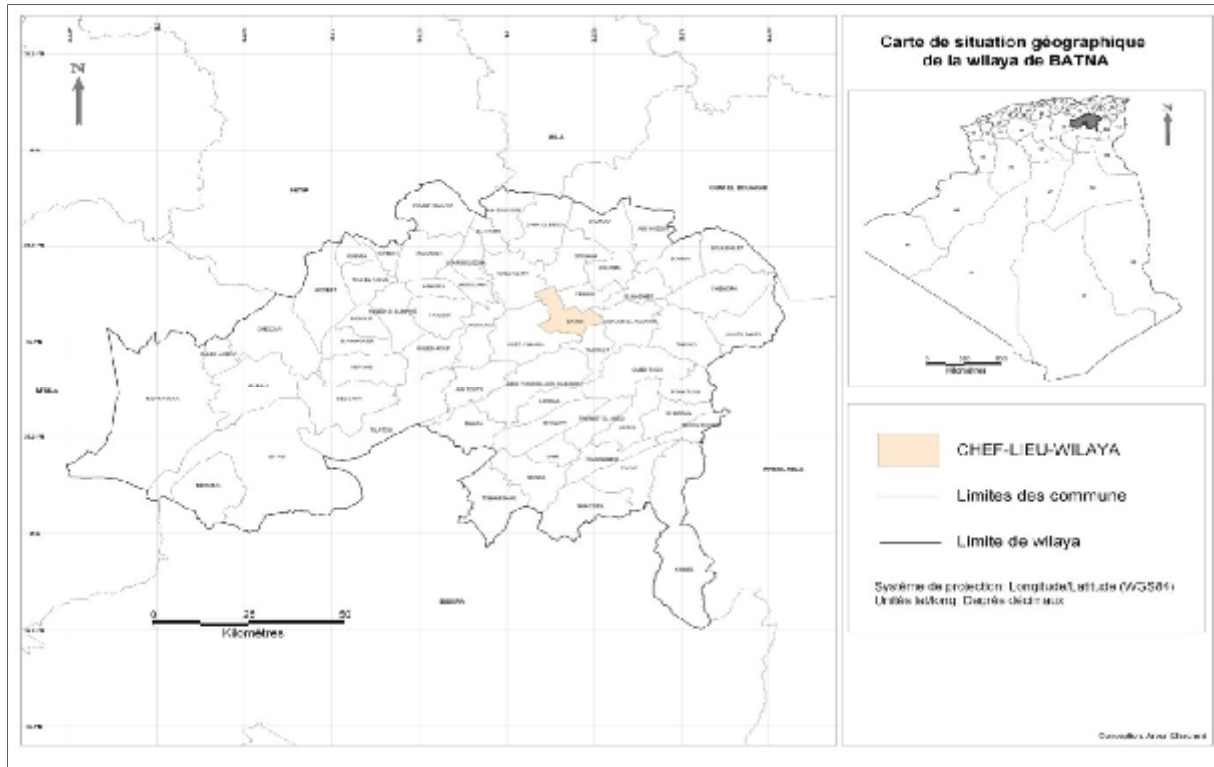


Figure n° 29 : Situation géographique de la wilaya de Batna (Baaziz, 2008).

B- Situation topographique :

B-1- Relief :

La ville est une cuvette de faibles dimensions, à pentes abruptes. A partir de la carte topographique, on peut distinguer les principaux ensembles de reliefs dans la région de Batna.

La jonction des deux atlas, Tellien et Saharien, constitue la particularité de la région et organise, en même temps, la répartition des différents milieux physiques définis comme suit : les plaines, les montagnes et les piémonts.

B-1-1- Hautes plaines telliennes :

Au Nord, nous distinguons le domaine des hautes plaines telliennes qui matérialise la limite Nord de la wilaya, particulièrement avec la série des petits chotts, tels que : Chott Beida, chott Taricht, Sebkheth Ez Zemoul, etc... Dans cette partie de la wilaya, les altitudes varient de 800 à 1000 m et les pentes excèdent rarement 3%.

D'une manière générale, ces hautes plaines sont composées de vastes glacis plus ou moins encroûtés.

B-1-2- Reliefs montagneux (où la jonction des deux atlas) :

L'atlas Tellien est constitué par l'ensemble des monts du Hodna, Bou Taleb et ceux de Belezma, et l'Atlas Saharien comprend les Aurès, le Djebel Metlili et les Monts du Zab, qui forment "l'ossature physique" principale de la wilaya. De ce fait, ils constituent l'ensemble

physique le plus important du point de vue superficie (cet ensemble représente 45% de la surface totale de la wilaya).

Les altitudes varient de 700 m (la plus basse altitude localisée dans cet ensemble est située au Djebel Rebaâ, sur le versant Nord des Monts du Zab) à 2326 m au Djebel Chelia (considéré comme le plus haut point de la wilaya, voire de l'Algérie du Nord) (**ANDI, 2013 ; Baaziz, 2008**).

Selon la carte de la **figure n° 38**, ci-dessous, qui représente la topographie de la wilaya de Batna, on relève trois (3) grandes zones, qui sont :

- Zone des montagnes (couleur marron)
- Zone des plaines (couleur verte)
- Zone des parcours (couleur jaune)

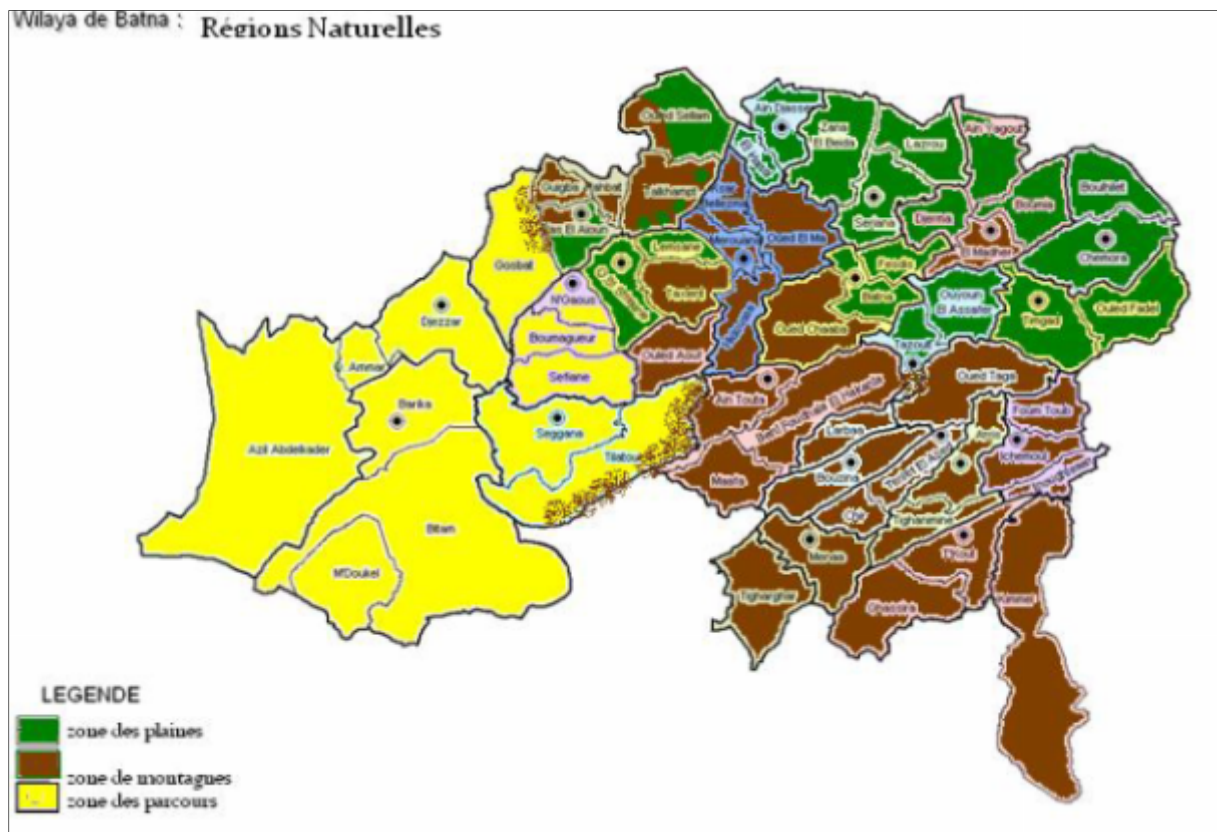


Figure n° 30 : Carte du relief de la wilaya de Batna (ANDI, 2013).

C- Situation climatique :

D'une manière générale, le climat de la zone d'étude est semi-aride avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, dans tous les points du bassin versant sans exception.

Dans notre étude, la région qui nous intéresse le plus s'est les lieux que traversent oued El Gourzi, où l'étude climatique a porté sur la partie NE de la ville de Batna. C'est pour cette

raison qu'on a choisi la station météorologique d'Ain Skhoua, qui se trouve à une altitude de 827m, de Latitude 35°43' Nord et de Longitude 6°22'30'' Est.

En plus de la station météorologique de Batna, située à une altitude de 1050 m.

Le choix de ces deux (2) stations s'est fait spécialement, vue l'emplacement d'oued El Gourzi qui prend sa source au SW de la ville de Batna et son exutoire se trouve en résurgence à Mardja Mezouala, à proximité du sous bassin versant de Gadaine.

C-1- Précipitations :

Toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...), sont provoquées par un changement de température ou de pression (ASTE, 2010).

Dans le cas de notre étude, on s'est basé sur les précipitations enregistrées à la station météorologique d'Ain Skhoua, pour la période allant de 1971 à 2011 (**tableau n° 9**), ainsi que celles enregistrées à la station de Batna, pour la période s'étalant de 1984 à 2005 (**tableau n° 10**) (Guellouh, 2017).

Tableau n° 9 : Variation annuelle des précipitations d'Ain Skhoua (1971-2011).

Années	P (mm)	Années	P (mm)	Années	P (mm)	Années	P (mm)
1971	301.5	1982	467.5	1993	188	2004	596.8
1972	521.6	1983	155.3	1994	215,5	2005	252
1973	330.3	1984	395.7	1995	283.4	2006	351.4
1974	229.1	1985	462.9	1996	393.2	2007	293.8
1975	296.3	1986	355.3	1997	379	2008	348.4
1976	480,6	1987	327.8	1998	269.4	2009	349.8
1977	298.7	1988	169.9	1999	308.5	2010	280.6
1978	193.1	1989	234	2000	292.8	2011	185
1979	242.9	1990	437.3	2001	224.1		
1980	411,4	1991	300,3	2002	287		
1981	199.2	1992	454.1	2003	503		

(Source : station météo Ain Skhoua (Guellouh, 2017).

Selon ce tableau (**tableau n° 9**), on remarque que les précipitations dans cette région se caractérisent par une irrégularité, d'une année à l'autre, avec une moyenne annuelle de cette série qui est de l'ordre de **382.7 mm**.

- L'année la plus pluvieuse c'est celle de **2004**, avec un cumul annuel de **596.8mm**.
- Alors, qu'en **1983** on a enregistré un cumul annuel ne dépassant pas les **155.3 mm**.

Cette irrégularité des précipitations a une influence directe sur l'écoulement d'oued El Gourzi, qui véhicule les eaux pluviales ainsi que les eaux d'assainissement de la ville de Batna et quelques autres localités.

Tableau n° 10 : Variations moyennes mensuelles des précipitations (période 1971-2011).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P(mm)	38.6	25,1	30.4	29.7	28.1	26.5	33.8	33.9	39.5	18.1	9	16.3

(Source : ONM, Ain Skhouna (Guellouh, 2017))

De ce **tableau n° 10**, on relève ce qui suit :

- Les mois les plus pluvieux sont, respectivement : **Mai**, avec **39,5 mm**, et **Septembre**, avec **38,6 mm** ;
- Le mois le moins pluvieux est **Juillet**, avec **9mm** seulement.

Le **tableau n° 11**, ci-contre, représente les précipitations moyennes mensuelles de la station de Batna-cité.

Tableau n° 11 : Variations mensuelles moyennes des précipitations pour la période (1984-2005).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P(mm)	43.7	26	31.7	34.4	35.7	25.2	37.1	29.7	36.3	19,2	9.6	13.5

(Source : Station météo de Batna (Belouanas, H. 2012))

A la lecture de ce **tableau n° 11**, ci-dessus, on constate ce qui suit :

- Le mois le plus pluvieux est celui de **Septembre**, avec **43.7 mm** ;
- Le mois le moins pluvieux est **Juillet**, avec **9.6 mm** seulement.

L'examen de la carte des isohyètes (**figure n° 31**), montre que la pluviométrie moyenne annuelle varie d'un seuil de 350 mm, dans la dépression de la plaine d'El Madher, jusqu'à un maximum moyen de 450 mm, dans les sommets du Djebel Bou Arif, à l'Est, et ceux des Monts de Batna, à l'Ouest (**B.N.E.D.E.R, 1983, in Mennani 1991**).



C-2- Températures :

Les températures, présentées dans cette étude, sont celles des stations météo d'Ain Skhouna et de Batna (**tableau n° 12**).

Tableau n° 12 : Températures moyennes mensuelles d'Ain Skhouna (période 1971-2011)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T (°C)	20.8	15.3	9.7	6.3	5.2	6.3	9	11.7	17.3	22.5	25.8	25.4

(Source : ONM Ain Skhouna (Guellouh, 2017))

Dans le NE d'oued El Gourzi, en se basant sur les températures enregistrées à la station météo d'Ain Skhouna (827 m d'altitude) (**tableau n° 12**), on remarque que :

- Les températures les plus élevées sont enregistrées pendant les mois de **Juillet** et **Août**, avec des valeurs respectives de **25.8 °C** et **25.4°C** ;
- Et le mois le plus froid est **Janvier**, avec une moyenne de **5,2°C**.

A la station de Batna, les températures moyennes mensuelles de la période 1986-1996, sont consignées dans le **tableau n° 13**, ci-contre.

Tableau n° 13 : Températures moyennes mensuelles de la station de Batna (période 1986-1996).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T(°C)	22.4	16.2	9.25	5.25	5.55	7.15	10.8	13.5	19.3	24.2	26.4	28.1

(Source : Station météo de Batna (Belouanas, 2012))

Dans le SW d'oued El Gourzi, les températures enregistrées à la station météorologique de Batna (1050 m d'altitude) (**tableau n° 13**), pour une période de dix (10) années, montrent ce qui suit :

- les températures les plus élevées sont celles enregistrées durant le mois d'**Août**, avec **26.4°C** ;
- Les mois les plus froids sont **Décembre** et **Janvier**, avec des valeurs respectives de **5.25°C** et **5.55°C**.

Sachant que l'augmentation des températures favorise l'évaporation des eaux qui coulent dans oued El Gourzi ; par conséquent, la concentration des éléments chimiques dissous dans ces eaux est élevée.

C-3- Relation précipitations-températures :

Cette relation est généralement établie à l'aide des diagrammes pluvio-thermiques, connus en agronomie pour définir la période sèche sous le nom de diagramme ombrothermique de GAUSSEN.

$$\text{Où on prend : } P = 2T$$

Dans cette partie de l'étude, on utilise les données climatiques des deux (2) stations, Ain Skhouna et Batna, avec :

- Celle d'Ain Skhoua, pour la période qui s'étale de 1971 à 2011 ;
- Et de Batna, pour la période qui va de 1986 à 1996.

Et le **tableau n° 14**, ci-dessous, représente cette relation des précipitations-températures enregistrées au niveau des deux stations concernées.

Tableau n° 14 : Relation précipitations-températures moyennes des deux stations (1986-1996).

Stations	Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
	Paramètres												
Ain Skhoua	P (mm)	30	19	19	30	31	24	41	23	35	19	15	17
	T (°C)	21.6	18.5	10.5	6.9	5.4	6.6	9.2	11.8	17.5	22.2	25.6	25.8
Batna	P (mm)	40	28	35	43	39	29	47	32	41	26	14	11
	T (°C)	22.4	16.2	9.25	5.25	5.55	7.15	10.8	13.5	19.3	24.2	26.4	28.1

C-4- Evaporation :

Les données climatiques concernant l'évaporation sont celles de la station météorologique d'Ain Skhoua, pour la période qui s'étale de 1971 à 2011 (**tableau n° 15**).

Tableau n° 15 : Evaporation moyenne mensuelle d'Ain Skhoua (période 1971-2011).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Evaporation	195	138	<u>93</u>	<u>79</u>	<u>82</u>	<u>91</u>	124	157	199	164	<u>366</u>	<u>355</u>

(Source : ONM, Ain Skhoua (Guellouh S. 2017))

De ce **tableau n° 15**, ci-dessus, on relève ce qui suit :

- L'évaporation est intense aux mois de **Juillet** et **Août**, avec des valeurs respectives de **366 mm** et **355 mm**, où, durant ces deux (2) mois secs, les écoulements superficiels issus des précipitations sont moindres ;
- A cet effet, oued El Gourzi ne véhicule que les eaux usées partiellement épurées issues de la ville de Batna et des agglomérations avoisinantes ;
- Durant la période de **Novembre** à **Février**, les valeurs d'évaporation sont moindres.

C-5- Humidité relative :

Les données concernant l'humidité relative, enregistrées au niveau de la station d'Ain Skhoua, sont consignées dans le **tableau n° 16**, ci-contre.

Tableau n° 16 : Humidité relative (%) à la station d'Ain Skhoua (période 1988-2000).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité relative (%)	55.0	62.8	67.3	73.8	<u>74.2</u>	70.9	62.8	58.7	53.8	47.3	<u>39.0</u>	42.7

(Source : Station météo Ain Skhoua (Zouita, 2002).

A la lecture des résultats du **tableau n° 16**, on constate ce qui suit :

- Le mois de **Juillet** enregistre une humidité relative minimale de **39%**, et c'est le mois le plus sec ;

- Par contre, le mois de **Janvier** enregistre le pourcentage (%) le plus élevé de l'humidité relative, avec **74.2%**.

C-6- Vitesse du vent :

Les valeurs de la vitesse du vent, enregistrées à la station d'Ain Skhouna sur une période de douze (12) années, sont données dans le **tableau n° 17**, ci-dessous.

Tableau n° 17 : Vitesse moyenne du vent à la station d'Ain Skhouna pour une période de 12 ans (1988-2000).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vitesse du vent (m/s)	3.3	2.8	3.0	3.0	3.0	2.9	3.4	4.0	3.6	3.7	3.4	3.2

(Source : Station météo Ain Skhouna (Zouita, 2002)).

Les données de la vitesse moyenne du vent à la station d'Ain Skhouna, consignées dans le **tableau n° 17**, nous renseignent sur :

- La vitesse du vent dans la région d'Ain Skhouna est importante, surtout pour le mois d'**Avril**, avec une vitesse moyenne de **4 m/s** ;
- Le vent favorise l'évaporation, surtout en période sèche, et ce, en présence de températures élevées ;
- Dans cette région, les vents dominants sont de direction SW, plus particulièrement pour le sirocco.

C-7- Ensoleillement :

Le **tableau n° 18**, ci-contre, nous renseigne sur la durée et le taux de l'ensoleillement de la région d'étude concernée, sur une période de douze (12) années.

Tableau n° 18 : Ensoleillement moyen sur une période de 12 ans (1988-2000)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Ensoleillement (%)	67.8	66.6	61.5	59.5	54.3	64.2	60.2	63.3	66.7	69.9	78.7	78.7

(Source : Station météo Ain Skhouna (Zouita 2002)).

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessus, permettent de constater que :

- Le mois de **Juillet** est le plus ensoleillé, avec un taux de 78.7 % ;
- Alors, qu'on n'enregistre que **54.3%** pour le mois de **Janvier**.

D- Aperçu géologique :

D-1- Plaine d'El Madher :

Selon **Belouanas (2012)**, la région de Batna fait partie de l'ensemble autochtone et para-autochtone eurasién, caractérisée par des séries sédimentaires du Crétacé et du Jurassique de Djebel Bouarif, l'anticlinal de Ravin bleu, Djebel Sarif et Djebel Tafraout.

D'après des études effectuées par différents auteurs, tels que **Lafitte (1939, in Baaziz, 2008)** et autres géologues, la région de Batna est caractérisée par une gamme variée de faciès, allant du secondaire jusqu'au quaternaire.

Oued El Gourzi, qui passe par la plaine d'El Madher, est du point de vue géologique un bassin de sédimentation, de forme synclinale, à substratum marneux très épais, d'âge Cénomaniens. Il est limité par deux structures anticlinales, à savoir :

- au nord, par l'anticlinal des monts de Batna, de direction SW-NE ;
- au sud, par l'anticlinal de Djebel Bou Arif, de même direction.

Ces structures sont affectées par de nombreux accidents tectoniques, qui sont des :

- Longitudinaux, aux axes d'anticlinaux ;
- Transverses aux structures, de direction générale NW-SE ;
- D'autres, de direction N-S à 20°E, à l'origine de nombreux décrochements, comme celui à proximité de douar ouled Lakhdar.

Dans la partie nord, la plaine d'El Madher, d'où passe oued El Gourzi, constitue une fosse d'origine tectonique, comblée d'une épaisseur de sédiments détritiques, issus principalement du démantèlement des reliefs voisins. Les phénomènes de subsidence décelés tout le long du secondaire, peuvent avoir manifestés à nouveau au cours du quaternaire, pour contribuer à la mise en place d'épaisseurs considérables de sédiments détritiques, dépassant les 200 m par endroit (**Ballais, 1981**).

D-2- Aquifère :

L'aquifère de la plaine d'El Madher couvre une superficie d'environ 90 km², il est constitué de formations mio-plio-quaternaires qui s'étendent des massifs crétacés des monts de Batna et du Djebel Bou Arif, au Sud, jusqu'aux Djebels Tafraout et Koudiate Tfouda, au Nord.

La géométrie du réservoir mio-plio-quaternaire tient du mode de dépôt des sédiments détritiques, qui dépassent les 200 m d'épaisseur au centre de la dépression. L'organisation de ces dépôts en séquences sédimentaires et même en cycles, favorise l'existence de niveaux préférentiels d'écoulements communiquant au sein d'une matrice argileuse (**Mennani, 1991**).

C'est un système aquifère libre à semi-libre, qui constitue une même unité hydrogéologique homogène en grand.

Son substratum est constitué de marnes cénomaniennes épaisses d'environ 300 m et localement par des argiles du Tortonien. Cette épaisse formation marneuse, dans son ensemble, limite parfaitement du point de vue hydraulique et sur toute son étendue l'aquifère mio-plio-quaternaire. De même, qu'elle constitue le toit des formations captives du Crétacé (grès barrémiens et calcaires aptiens) (**Mennani, 2004**).

Selon **Mennani (1991)**, la superposition des marnes miocènes par discordance sur les marnes cénomaniennes n'est pas différentiable du point de vue géophysique ; les deux formations conductrices ayant des résistivités de l'ordre de 30hm/m. Cette épaisse formation marneuse, dans son ensemble limite parfaitement du point de vue hydraulique et sur toute son étendue

l'aquifère Mio-plio-quaternaire. De même qu'elle constitue le toit des formations captives du crétacé.

Il existe deux (2) catégories d'aquifères, qui sont :

- **Niveaux des aquifères profonds du recouvrement :**

Ils sont localisés dans la grande dépression située au nord de la plaine d'El Madher, dans cette zone on trouve plusieurs forages : M1, M2 et M3. Les niveaux captés par les sondages se trouvent en grande majorité, jusqu'à des profondeurs de 277m, c'est un ensemble inférieur. L'ensemble supérieur est de nature semi perméable à dominante argilo-sableuse (**Mennani, 1991, in Zouita, 2002**).

Selon toujours le même auteur, il existe une communication entre les deux niveaux, inférieur et supérieur. Donc, si l'un des niveaux est pollué, l'autre niveau risque d'être contaminé à son tour, notamment aux endroits prédisposés.

Seuls les niveaux aquifères profonds, captés au sondage M2, entre 249m et 277m de profondeur, semblent être en nette captivité, sans communication avec l'aquifère de surface.

- **Aquifère de surface :**

Localisé au Sud de la dépression, le sondage M5 d'une profondeur de 89m, capte une alternance de niveaux grossiers et argileux, au-dessus du substratum imperméable. Ces niveaux, captés entre 3m et 68m de profondeur, font corps avec l'aquifère de surface, dans un ensemble à nappe libre.

L'aquifère de surface est capté également par de nombreux puits, implantés à des profondeurs variant, généralement, entre 20m et 30 m. La nappe s'écoule du Sud vers le Nord, et ce, jusqu'à l'exutoire du bassin à Merdja Mazouala (**photo n° 3**).



Photo n° 3 : Exutoire à Merdja Mezouala du bassin versant de la plaine d'El Madhar où la nappe est en résurgence (cliché, Zouita, 2002).

Selon le service de l'exploitation de la ville de Batna en eau potable (EPEBA), les sondages de la plaine d'El Madher ont été exécutés pendant la période allant de 1969 à 1990 pour le compte de la direction d'hydraulique de la wilaya de Batna (DHW). Dans cette partie, des

coupes géologiques de quelques sondages sont présentées pour voir les constituants et l'épaisseur de l'aquifère à différents endroits de la plaine (**figure n° 32**).

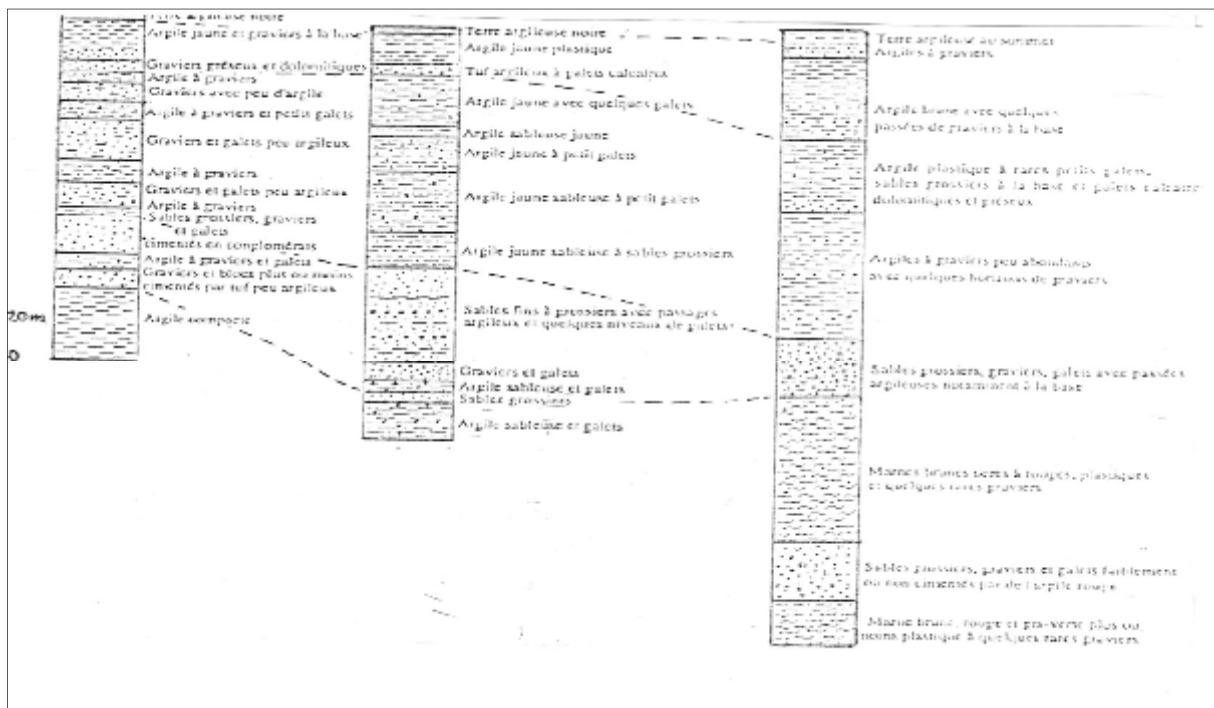


Figure n° 32 : Coupes géologiques des sondages M1, M2 et M3 (Menani, 1991).

E- Aperçu hydrogéologique :

Pour l'étude hydrogéologique, on s'est basé sur les essais de pompages effectués par **Mennani (1991)**. Ces essais constituent, à travers leurs différentes étapes, un moyen essentiel pour la connaissance des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère en déterminant les transmissivités et les coefficients d'emmagasinement, mais également les caractéristiques techniques des puits.

Nous avons également utilisé les mesures de niveaux, statiques et dynamiques, faites par **Amiour (2001)**, pour faire ressortir les variations de niveau qu'a subit la nappe souterraine de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, au cours d'une période de dix (10) ans.

Selon **Baaziz (2008)**, les aquifères connus ont été mis en évidence par des forages pour les besoins de l'alimentation en eau potable (A.E.P) et l'alimentation en eau d'irrigation (A.E.I), étant donné que la région n'a pas bénéficié d'une étude ou d'une couverture hydrogéologique. Les nappes aquifères existantes dans le territoire de la commune n'ont été connues que grâce à des sondages géophysiques (**figure n° 33**). Il s'agit des nappes suivantes :

- Quaternaire et alluviale
- Plio-quaternaire
- Miocène
- Turonienne
- Aptienne.

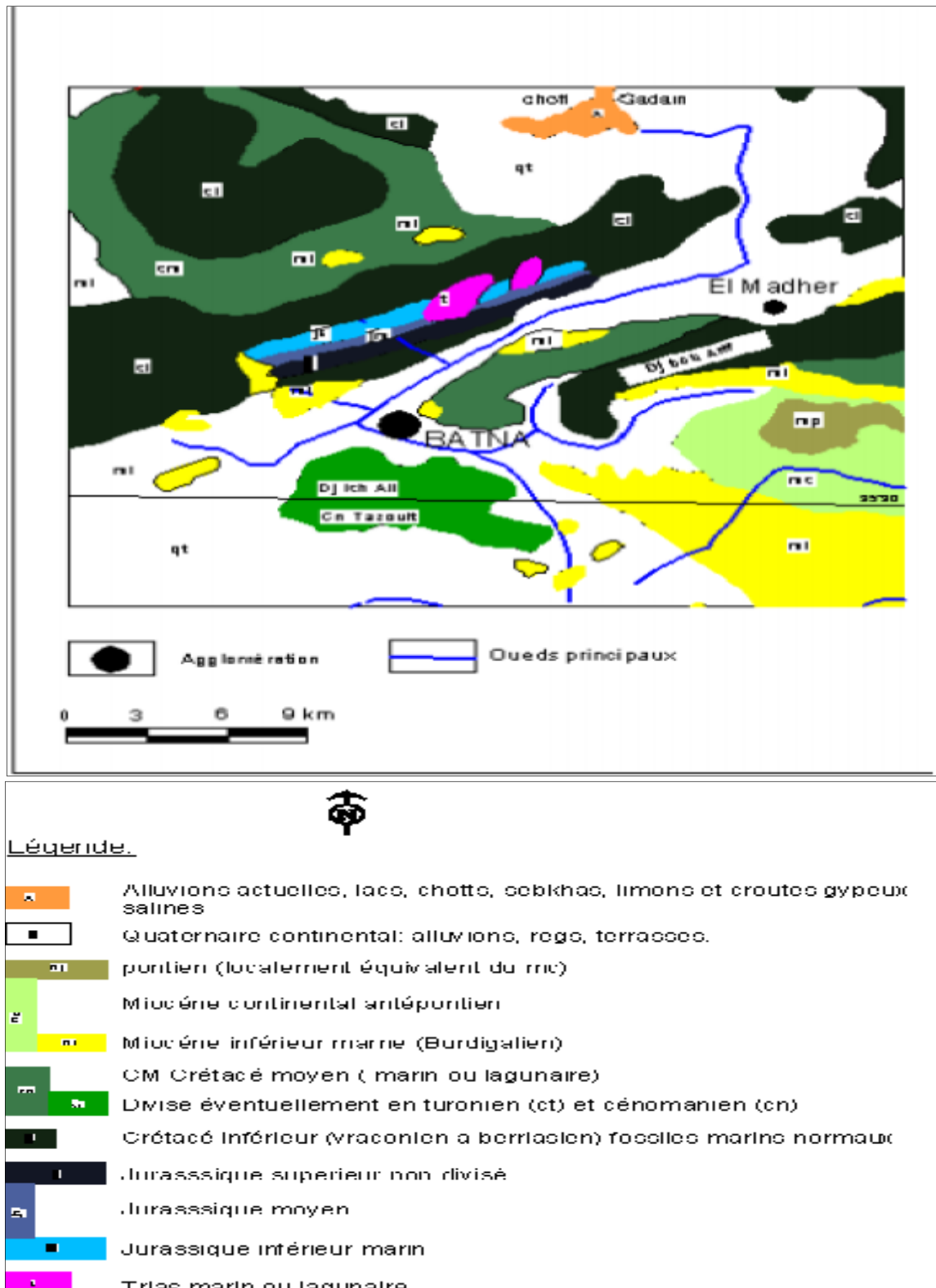


Figure n° 33 : Nature géologique de la région de Batna (extrait de la carte géologique à l'échelle 1/5000) (Baaziz, 2008).

L'examen des coupes géologiques des forages réalisées dans la région permet de distinguer des aquifères profonds, captés par des sondages, composés d'un ensemble inférieur pouvant

atteindre des profondeurs de plus de 300 m où la présence d'éléments grossiers est prépondérante. L'ensemble supérieur est à dominance d'argile.

L'examen dans le détail des coupes des sondages, permet de constater que la formation de recouvrement présente un granoclassement vertical de ses éléments et caractérisé par le passage d'éléments grossiers, plus au moins cimentés, situés à la base des sables et, enfin, des argiles.

L'écoulement souterrain est globalement orienté du Sud vers le Nord, avec des profondeurs du niveau d'eau variant entre 5 m, au centre du bassin (Mechtat Arour), et 30 m, à l'amont et aux limites du bassin. Par ailleurs, la nappe réagit rapidement par des rehaussements du niveau piézométrique consécutivement à des épisodes pluvieux, comme cela a été constaté par une série de mesures effectuées en 1989, 1990 et 2001. Par endroits, le rehaussement était de 1 à 1,5 m, comme c'est le cas à Mechtat Arour, où l'oued recharge la nappe souterraine (**figure n° 34**) (**Mennani, 1991**).

La nappe souterraine de la plaine d'El Madher assure une grande partie des besoins en eau de la ville de Batna, et ce, par l'intermédiaire de son champ captant externe qui est composé de huit (8) forages, dont quatre (4) (DJ1, M1, M2 et M3) sont implantés dans la plaine d'El Madher et les autres dans la plaine de Gadaine.

Ces forages refoulent l'eau vers la station principale de Djerma. Cette dernière, à travers un réseau d'adduction, refoule l'eau traitée vers les réservoirs de la ville de Batna, notamment Azzeb et Carrière. On note que le forage M5 est destiné au douar de Bouatchaoune et le Djerma 2 (Dj I), à la localité du même nom.

En plus des forages implantés dans la nappe souterraine de la plaine d'El Madher, il y a plus de 250 puits, de faible profondeur, qui captent l'aquifère alluvionnaire, où 225 ont été recensés au cours des études effectuées par **Mennani et al. (2004)**.

Il y a également quelques sources de faibles débits, tels qu'Ain Belkhez, Ain Kerma et Ain El Kser.

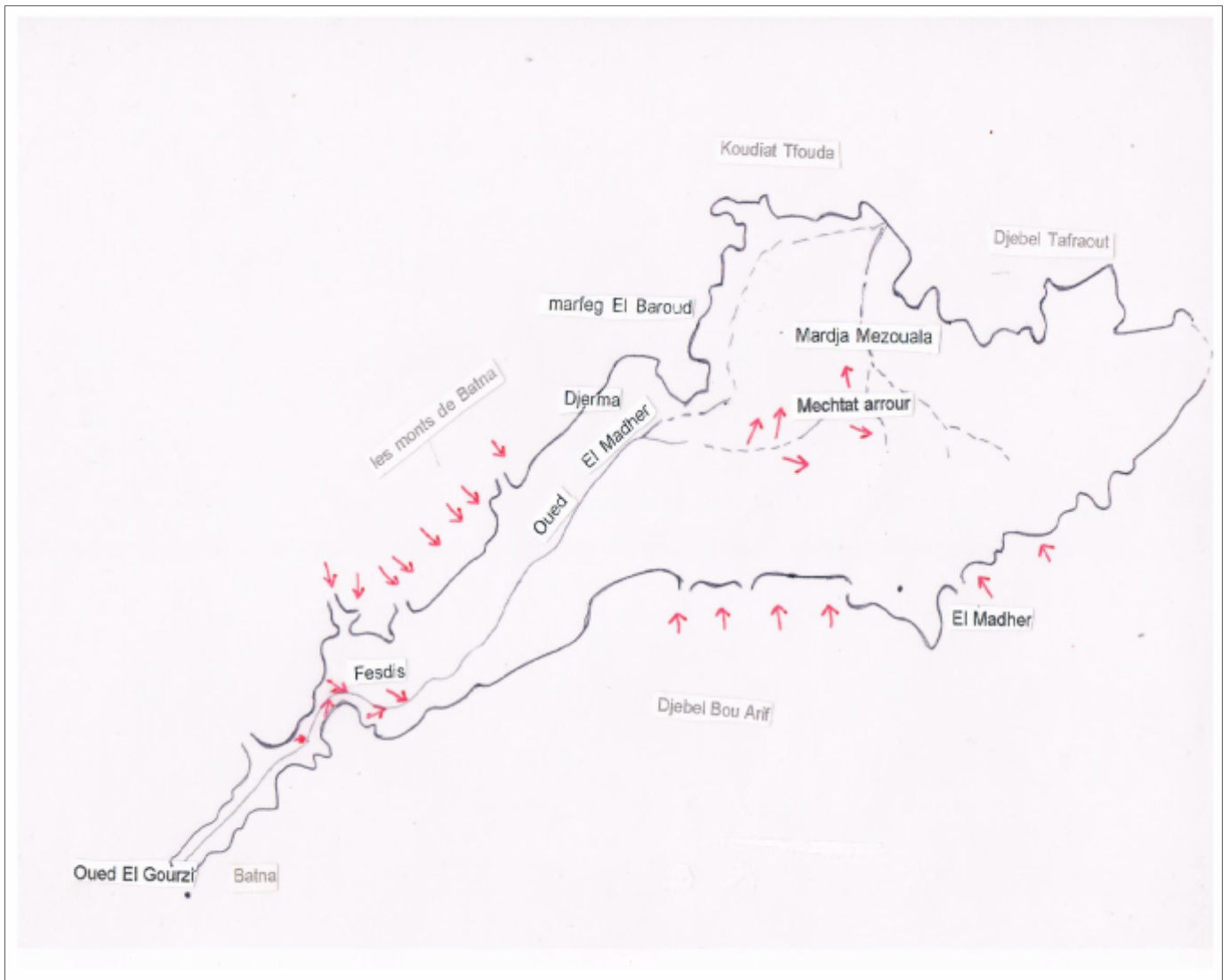


Figure n° 34 : Alimentation de la plaine d'El Madher (Mennani, 1991).

*** Oueds El Gourzi et El Madher :**

- Oued El Gourzi, est le collecteur principal du réseau d'assainissement de la ville de Batna ainsi que des eaux pluviales. C'est un oued à ciel ouvert qui franchit cette ville, avec un débit qui varie selon les saisons. Avant la sortie Nord de la ville, il traverse sa zone industrielle, où il collecte, en plus des rejets urbains, tous les rejets industriels. Par la suite, il s'écoule vers la plaine d'El Madher en longeant Madher Ilef, fesdis et Djerma ;
- Oued El Madher est le prolongement naturel d'oued El Gourzi qui draine les eaux superficielles du bassin de Batna. En saison pluvieuse, il collecte les eaux issues des nombreux sous bassins versants par l'intermédiaire des cours d'eaux secondaires tels que les oueds Belkhez, Tezzebennt, ouzegrine, Madher Ilef (Mennani, 1999).

Oued El Gourzi a un régime d'écoulement permanent, bien qu'en été quelques filets d'eau subsistent, mais qui sont en grande partie issus des rejets domestiques et

industriels de Batna. Ces eaux usées peuvent contaminer les nappes du champ externe qui alimentent la ville de Batna en grande partie, surtout pour les zones prédisposées à la pollution.

Selon les résultats de la méthode DRASTIC (**Mennani, 2004**), où l'auteur a dressé une carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la plaine d'El Madher (**figure n° 35**), et vu que l'oued recharge la nappe souterraine dans cette zone, qui présente les caractéristiques d'une zone vulnérable à la pollution. Sachant que dans cette zone de recharge se trouve les forages qui alimentent la ville de Batna, en plus de ça, la plaine d'El Madher est une zone agricole, où les agriculteurs irriguent à partir de l'oued El Gourzi, dont il a été prouvé par de nombreuses études qu'il subit une pollution, qui a légèrement diminué, mais qui existe toujours.

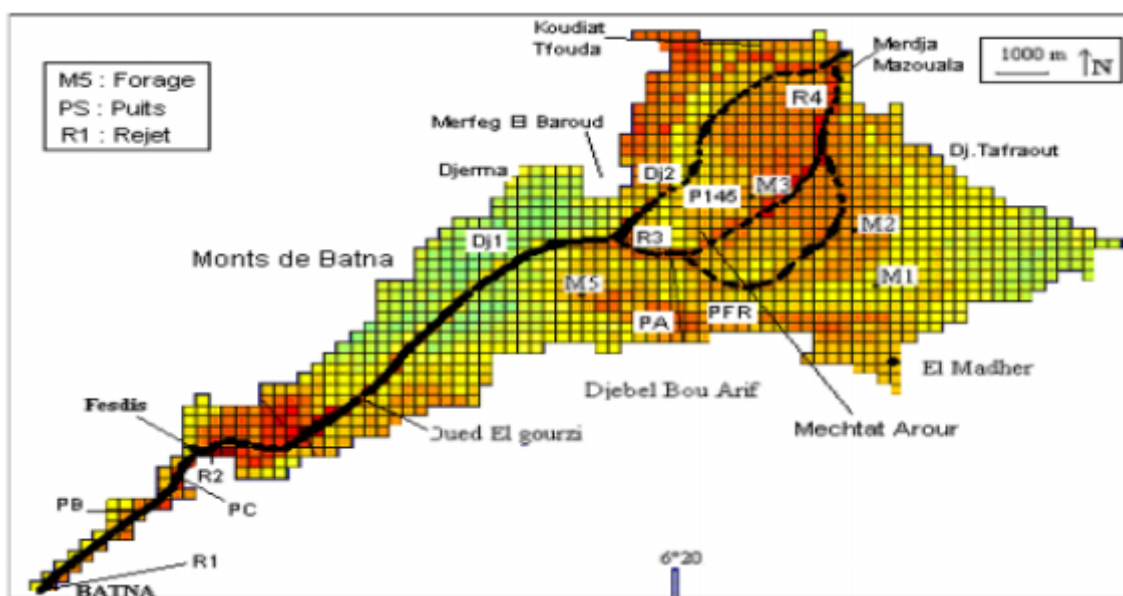


Figure n° 35 : Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la plaine d'El Madher (Menani, 2004).

F- Réseau hydrographique :

Selon **Baaziz (2008)**, le réseau hydrographique est étroitement lié à l'organisation du relief.

L'**assiette** de la ville de Batna est traversée par deux grands oueds, Batna et Tazoult, dont la confluence forme oued El Gourzi, où cette situation l'expose aux inondations lors des crues (**figure n° 36**).

Les eaux des crues se rejoignent au SE de l'agglomération et traversent le centre ville par deux (2) canaux, le canal talweg et le canal ceinture. Ces derniers ont une capacité hydraulique insuffisante, compte tenu de l'importance des crues, les deux canaux débouchent dans oued El Gourzi qui reste l'unique collecteur naturel des eaux pour toute la ville.

Les eaux de ruissellement dans les autres parties de la ville sont de moindre importance, elles sont drainées par les fosses de protection réalisées à cet effet.

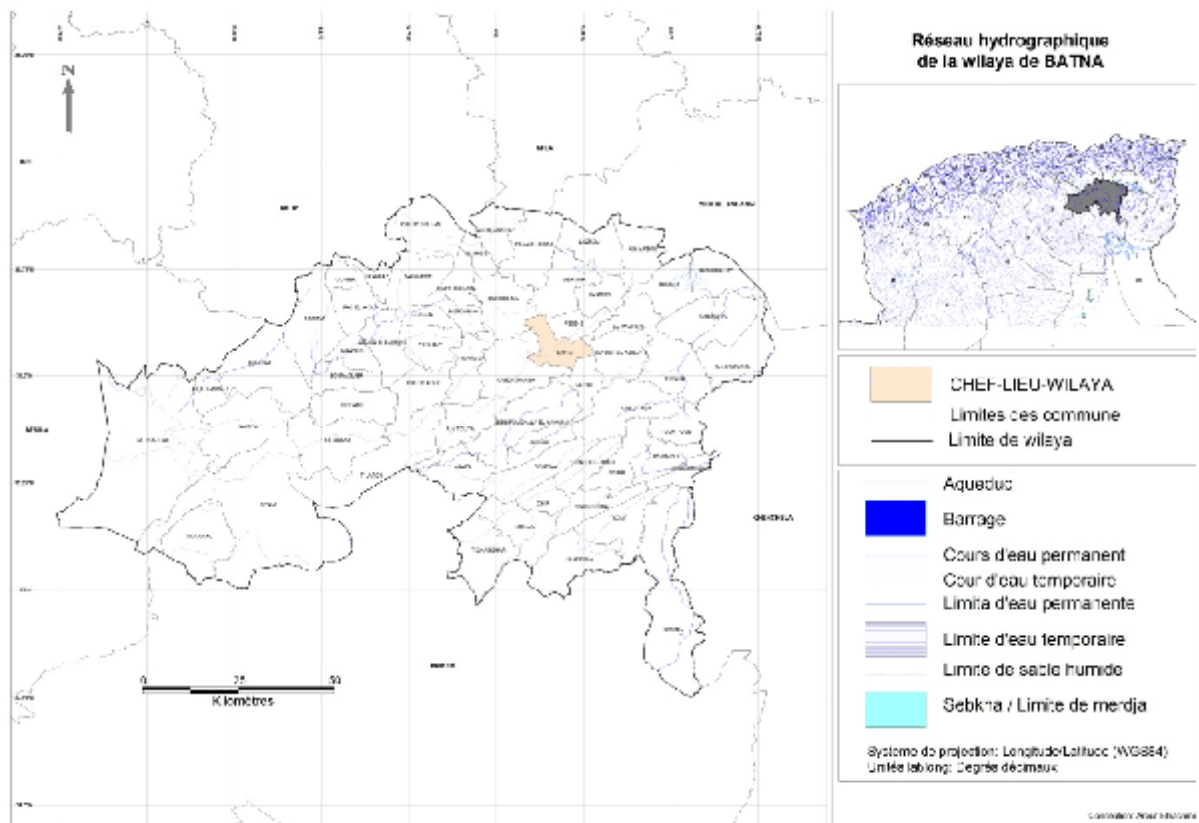


Figure n° 36 : Réseau hydrographique de la ville de Batna.

De nombreux cours d'eau à régime temporaire et issus des bassins versants secondaires se regroupent pour se déverser dans oued El-Gourzi, qui constitue le prolongement de l'oued El-Madher, ce dernier se perd à son tour à Chott Gadaine (**figure n° 37**) (Mennani, 1991).

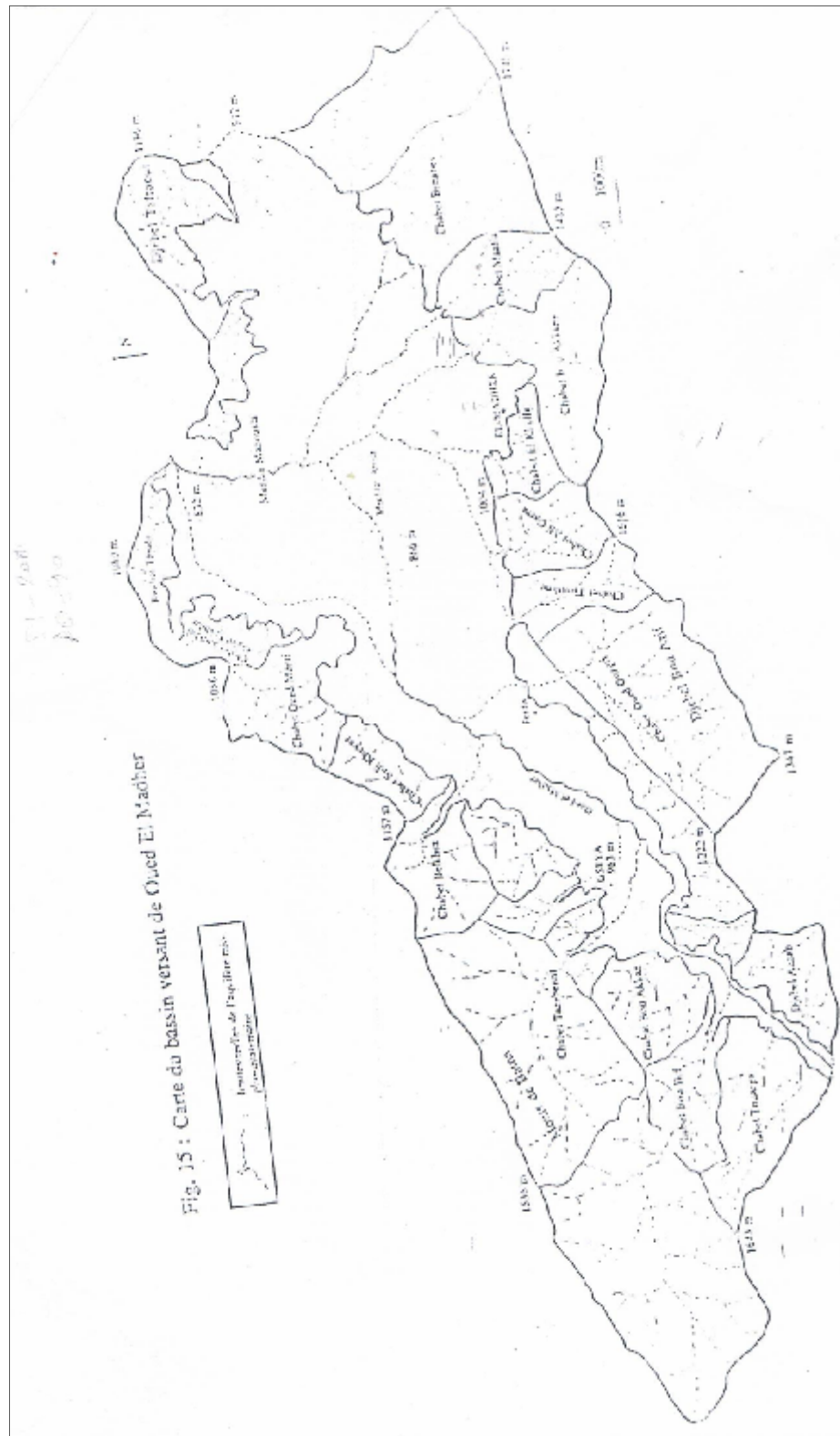


Figure n° 37 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued El Madher (Mennani, 1991).

G- Ressources hydriques de la ville de Batna :

Depuis l'année 2007, le déficit en eau dans la ville de Batna a été partiellement réglé à partir des eaux du barrage de koudiat M'douar. Cet ouvrage hydraulique, dont la capacité est de 62

millions m^3 , est destiné à l'alimentation des zones urbaines de Batna, Ain Touta, Barika, Arris, Khenchela et certaines communes limitrophes, ainsi qu'à l'irrigation de la plaine Chemora.

Le barrage de Koudiat M'douar est alimenté par trois (3) oueds (Reboa, Timgad et Morri), où à partir de l'année 2015 un volume de $40000 m^3 /j$ des eaux de surface (barrage) est destiné à l'alimentation de la ville de Batna.

Les eaux souterraines sont les ressources les plus utilisées dans la wilaya de Batna, notamment pour l'AEP, l'Agriculture et l'industrie.

La mobilisation de ces potentialités est assurée par un grand nombre de forages, puits individuels ou collectifs et les sources captées ou non captées, réparties à travers tout le territoire de la wilaya.

D'après l'inventaire présenté par la Direction des Ressources en Eau (DRE), la wilaya de Batna compte 383 forages, dont 328 en exploitation et 25 abandonnés définitivement, dont 30% environ sont implantés dans les seules plaines de Barika, Ain Djasser et El Madher, là où les ressources en eau souterraines sont particulièrement importantes. Le débit mobilisé à partir des 292 forages est réparti comme suit :

- **AEP : 285** Forages, soit **451 543.68 m^3/j**
- **AEP/IRR : 04** Forages, **19 353.00 m^3/j**
- **AEI : 11** Forages, soit **16 416.00 m^3/j**
- **IRR : 25** Forages, soit **64 368.00 m^3/j**
- **AEP/ANP : 04** Forages, soit **3024.00 m^3/j** .

Le champ captant externe est composé de six (6) forages qui sont implantés dans les plaines d'El Madher, Gadaine et la Fontaine Chaude, là où les ressources en eaux souterraines sont particulièrement importantes (**figure n° 38**) (ADE, Batna, 2000).

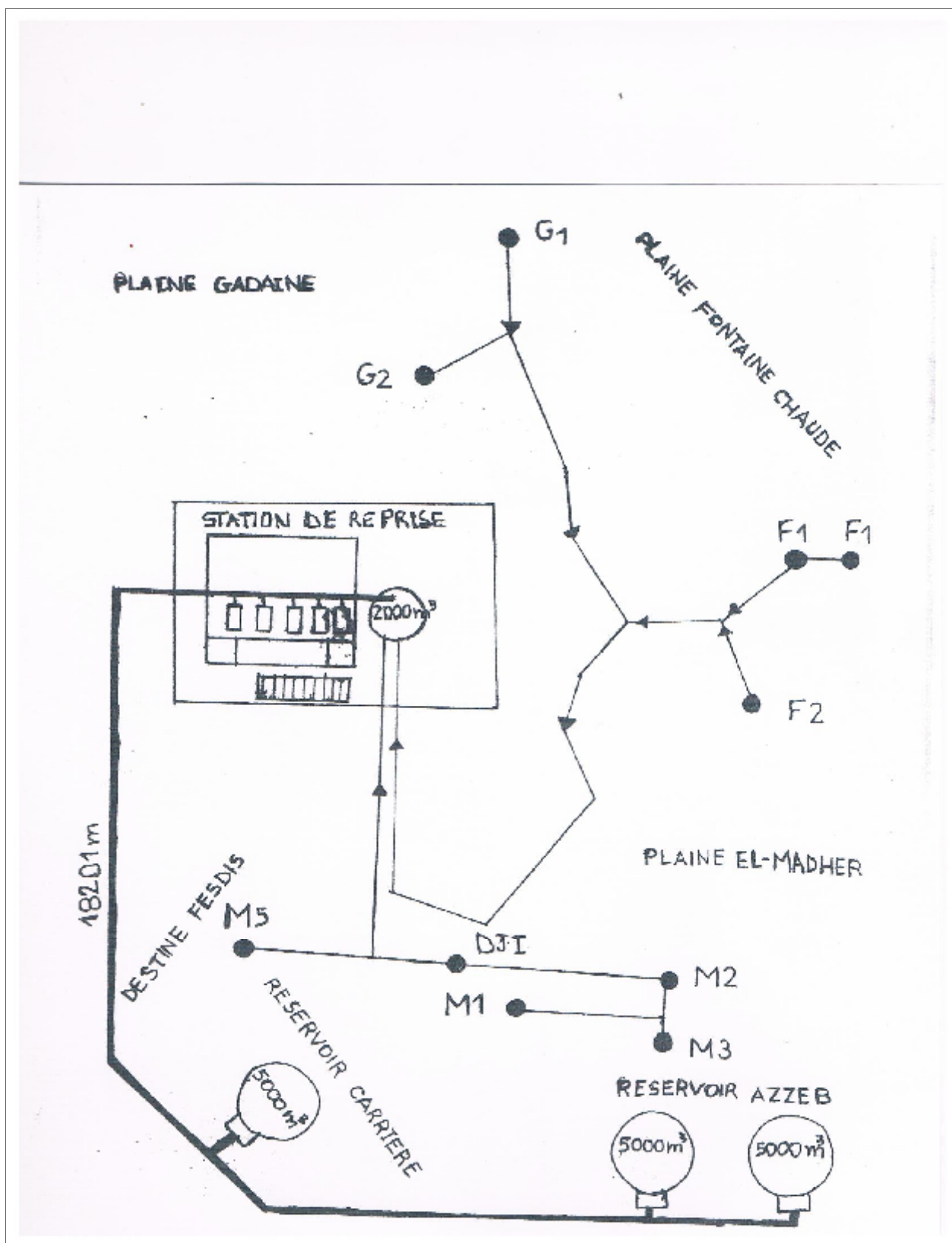


Figure n° 38 : Champ captant externe de la ville de Batna (ADE, Batna, 2000).

Selon l'Algérienne Des Eaux (ADE), une partie de la ville de Batna est alimentée à partir des forages réalisés dans le champ captant interne, qui sont répartis à travers le territoire de la commune de Batna (**figure n° 39**) (DHW/ Batna, in Baaziz, 2008).

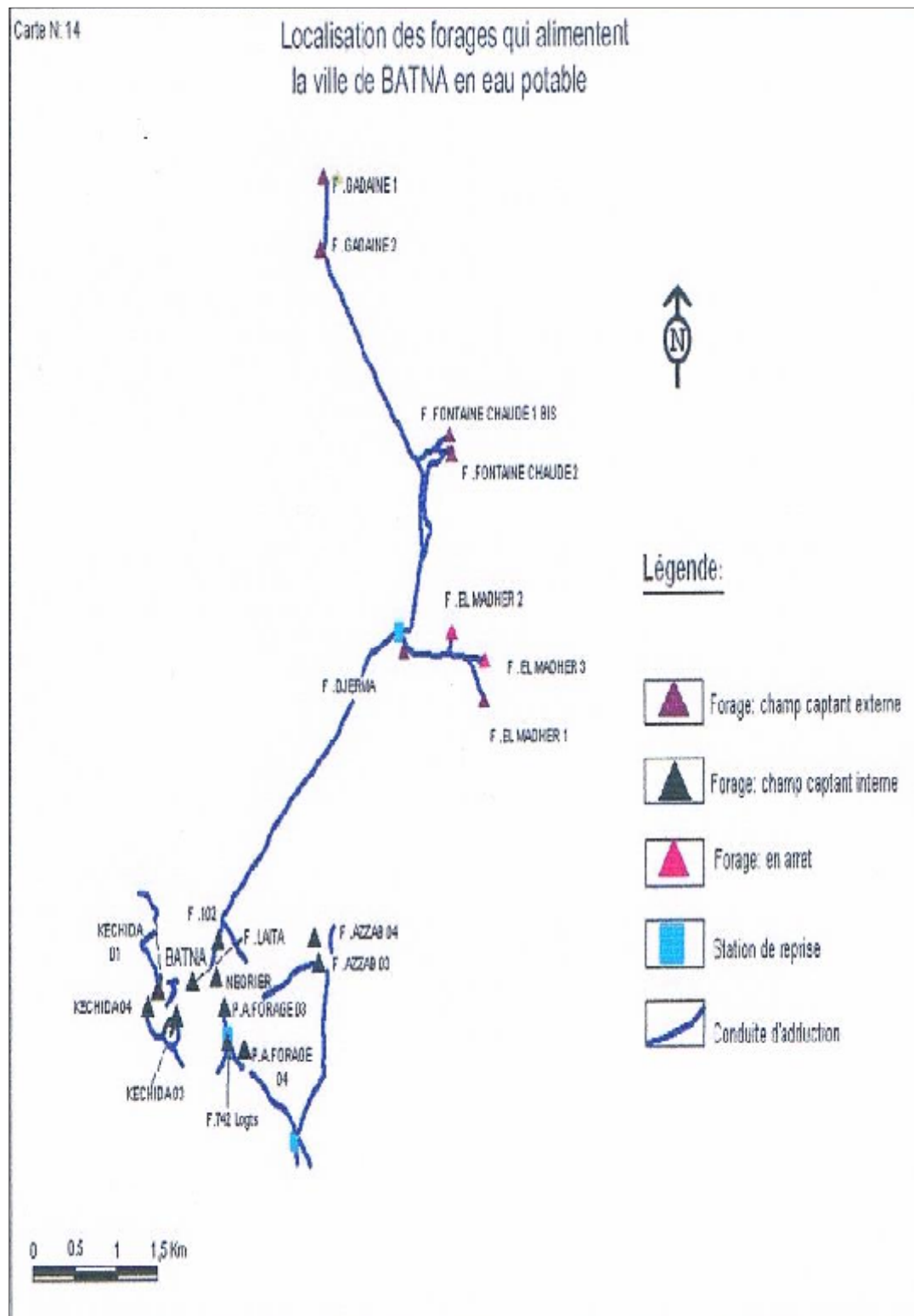


Figure n° 39 : Forages alimentant la ville de Batna (DHW/ Batna, in Baaziz, 2008).

H- Réseau d'assainissement de la ville de Batna :

Selon la direction de l'Hydraulique de la wilaya de Batna (DHW), le réseau d'assainissement de la ville de Batna draine les rejets urbains de la quasi-totalité des quartiers de la ville vers oued El Gourzi, ainsi que ceux industriels de la zone d'activités (quartier de Kéchida). L'évacuation des eaux pluviales se fait également dans oued El Gourzi, qui draine ainsi toute la charge liquide vers la plaine d'El Madher.

Le réseau concerné est constitué d'une gamme variée de conduites (circulaires, ovoïdales,...), dont le dimensionnement des conduites varie entre 200 mm et 2400 mm, avec un taux de raccordement du réseau d'assainissement qui est finalisé à 87% (**Baaziz, 2008**).

En l'an 2000, le taux de raccordement était estimé à environ 80%. Durant cette période, les eaux usées de la ville de Batna sont lâchées dans la nature, sans traitement ou épuration, et le débit jaugé au niveau d'oued El Gourzi était de 280 l/s (**Zouita, 2002**).

Avant l'année 2005, la charge polluante véhiculée par cet oued vers la plaine n'a subi aucun traitement et/ épuration, avec un débit total estimé à 350 l/s (**DHW, Batna, 2006**).

Le rejet des eaux usées est plus important lors des heures de pointes (de 11h à 15h) et diminue pendant la nuit (de 23h à 07h). En périodes sèches, les effluents alimentant oued El Gourzi sont composés des eaux usées domestiques, traitées préalablement à la station d'épuration principale, industrielles, qui by-passent par la station d'épuration, et usées brutes des localités limitrophes.

En dehors des périodes de crues, la modulation horaire de l'effluent est caractérisée par un débit traité maximum de 293.5 l/s, en saison estivale (Juillet), minimum de 155.2 l/s, en saison hivernale (Février) et une moyenne annuelle de 195 l/s, soit un coefficient de pointe de **1.5**. Le débit des eaux usées non traitées ou qui by-passent la STEP est estimé à 155 l/s (**Tamrabet, 2011**).

H-1- Rejets de la ville de Batna :

Les rejets de la ville de Batna sont d'origine urbaine, pour une population estimée à environ 350 000 habitants en 2016, en plus d'un développement industriel qui est à l'origine d'importantes quantités d'eaux rejetées et mélangées dans un réseau unitaire, avec les eaux des pluies en période pluvieuse.

Dans la ville de Batna, le secteur industriel s'est développé depuis les années soixante (1960), surtout dans le secteur public, pour atteindre aujourd'hui un nombre assez important d'unités industrielles, dans lesquelles le secteur privé prend une part considérable.

Quelque soit le secteur, public ou privé, la majorité de leurs industries sont de grandes consommatrices d'eau, par conséquent, leurs rejets liquides augmentent de plus en plus. Quant à la qualité des eaux usées, le moins qu'on puisse dire c'est qu'elles sont généralement rejetées à l'état brut, avec tous les éléments toxiques qu'elles peuvent contenir, étant donné que les stations d'épurations des unités industrielles sont généralement en panne, voire inexistantes.

La station d'épuration de la ville de Batna, qui a été construite en 1975, n'a commencé à fonctionner qu'en 2005. De même que son dimensionnement n'est plus approprié au volume des rejets actuels, qui a très sensiblement augmenté.

H-2- Unités industrielles de la ville de Batna :

D'après les données de l'inspection de l'environnement de la wilaya de Batna (**Zouita, 2002**), les unités industrielles susceptibles d'être considérées comme polluantes sont les suivantes :

- **COTITEX** : Complexe textiles
- **ENIPEC** : Société de transformation des peaux brutes en cuir
- **LANDJASSA** : Tannerie privée
- **ORELAIT** : Production de lait et ses dérivés
- **SABA** : Production de batteries pour véhicules
- **TUDOR** : Production de batteries pour véhicules
- **CSD** : Centre de stockage et de distribution d'hydrocarbures
- **BITUM** : Unité de production de goudron
- **ORAVIE** : Abattoir avicole et viande rouge
- **ENBAG** : production de bouteilles de gaz

On peut également évoquer les stations de lavage, réparties un peu partout au sein de la ville de Batna, ainsi que les hôpitaux et les cliniques privées qui ont des rejets spécifiques, chargés en germes pathogènes...

I- Station d'épuration de la ville de Batna :

Dans le cadre de la protection de l'environnement et de l'élimination des risques de pollution des nappes du champ captant de la ville de Batna (283.000 habitants), des centres environnants (Tazoult 19.000 habitants), d'une part, et la mise à la disposition de nouvelles ressources au profit de l'agriculture, d'autre part, il a été envisagé dès 1975, la réalisation d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) (**ONA, 2011**).

La station d'épuration de la ville de Batna est située à son Nord, sur la voie qui mène à l'échangeur vers Kechida, au bord d'oued El Gourzi. Elle est limitée, au Sud et à l'Est, par la route nationale RN 03, au Nord, par un large terrain qui s'ouvre sur un vaste relief et, à l'Ouest, par la gare routière du nord.

Cette station d'épuration à boues activées, a une capacité de 200 000 Eq. Habitants. Les eaux traitées sont d'origine urbaine, avec un débit journalier, de 19 875 m³, et un débit de pointe, de 27 210 m³. Les objectifs de la station restent à dépolluer l'eau collectée à l'entrée et en faire un rejet de qualité pour être utilisable dans le domaine agricole (**Baaziz, 2008**).

En outre, la station concernée, reçoit les eaux usées par un canal-collecteur installé en un point donné au niveau d'oued El Gourzi.

Après traitement, les eaux sortantes de la STEP s'écoulent vers oued El Gourzi où se trouvent les eaux usées industrielles non traitées, dans un point au Nord de l'oued.

Les eaux usées, d'origine industrielle, non soumises aux traitements par les stations d'épuration, peuvent contenir des polluants de divers types, notamment les substances toxiques. Ces rejets industriels croisent ceux qui sont épurés et traités, et peuvent donc être source de pollution des nappes alluviales de la plaine El Madher.

Selon **Boudhan *et al.*, (2016)**, la station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna est prévue pour traiter un débit journalier moyen de $19\,875\text{ m}^3/\text{j}$. La chaîne de traitement est composée de deux (2) lignes : une, d'eau, et l'autre, de boues. Le débit est divisé sur certains ouvrages, afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station (**figure n° 40**).



Figure n° 40 : Carte de localisation de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de la ville de Batna (Google Earth, Février 2016, in Boudhan *et al.*, 2016).

Conclusion :

Selon les données climatiques, nous observons une continentalité certaine définie par un étage bioclimatique semi-aride, frais.

Cette zone reçoit, en moyenne, un cumul annuel de 350 mm/an, dans les dépressions, et 450 mm/an, dans les montagnes.

Cette semi-aridité se traduit sur le terrain par des étés brûlants et des hivers glacés, de fréquents vents chauds et très secs, pendant la saison chaude.

La saison, biologiquement sèche, dure de 4 à 5 mois, en moyenne. Cette semi-aridité du climat de la région, marque durement la végétation et les écoulements.

La période sèche s'étale du mois de Mai à Octobre, pour la station de Batna, et entre la fin du mois d'Avril à Novembre, pour la station d'Ain Skhouna.

Pendant la période sèche, oued El Gourzi ne véhicule, en général, que les rejets domestiques et industriels vers la plaine d'El Madher et, par la suite, son exutoire. Divers polluants, contenus dans ces eaux usées, sont susceptibles de contaminer les eaux de surface et souillent aussi les nappes souterraines par infiltration. Sachant qu'une partie de ces eaux est partiellement épurée.

En période pluvieuse, les eaux des précipitations sont additionnées à la charge de l'oued qui est drainé à la plaine d'El Madher.

La nappe souterraine de la plaine d'El Madher constitue, donc, un réservoir non négligeable d'eau potable pour la ville de Batna. Cette nappe doit être protégée et préservée des différents types de pollution.

Les eaux souterraines sont, généralement, affectées par la pollution générée par l'activité humaine. Cette pollution est d'autant plus inquiétante que la nappe constitue une source importante d'eau potable. Les pollutions accidentelles des nappes souterraines sont une réelle préoccupation, surtout par infiltration des eaux de ruissellement.

En ce qui concerne l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, oued El Gourzi joue le rôle de vecteur principal du cheminement de tous les rejets, industriels et urbains, de la ville de Batna. Cet aquifère souterrain doit être protégé de tout type de pollution, surtout qu'il comporte des zones prédisposées à la pollution.

Ce risque est toujours présent, même après la mise en marche de la station d'épuration (STEP) de la ville de Batna (en 2005), sachant qu'une partie du débit généré par oued El Gourzi n'est pas pris en considération par le traitement de la STEP, qui sera par la suite mélangée avec les eaux traitées et épurées.

PARTIE II

Chapitre V

PROBLEMATIQUE DE LA POLLUTION DE L'OUED MEKERRA

1- Problématique :

Oued Mekerra prend naissance à Ras El Ma, au Sud de la wilaya de Sidi Bel Abbés, à une cote avoisinant les 1250 m d'altitude, il draine une surface de 3000 km² et parcourt une distance de 125 km. L'historique de l'oued Mekerra de Sidi bel Abbés démontre que ce cours d'eau qui était pur servait pour l'irrigation des terres agricoles surtout que les cinq (5) nappes souterraines existantes sont insuffisantes même pour les besoins en eau de la population **(Benyahia et al., 2011)**.

La pente moyenne de l'oued est de 5,5%, ce qui explique le caractère torrentiel de ce cours d'eau, où sur son passage il rencontre plusieurs communes. Le chef lieu de la wilaya de Sidi Bel Abbés devient complètement plat, ce qui diminue la vitesse d'écoulement et favorise parfois la stagnation de l'eau de l'oued.

L'échange permanent entre l'oued et son environnement, pendant une cinquantaine d'années, a causé une détérioration remarquable de ce cours d'eau qui est le siège d'une pollution, constatée de visu, et ce, même sans avoir recours à des analyses physico-chimiques, avec une odeur nauséabonde et une couleur trouble de l'eau, qui vire à un vert grisâtre. Cette situation dure depuis des décennies, surtout après le développement urbain et industriel.

La station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés, a été mise en marche depuis l'année 1994, où avant cette période l'ensemble des eaux usées et pluviales de la ville étaient pour la quasi-totalité rejetées dans l'oued Mekerra et, partiellement, oued El Melah, qui draine les eaux industrielles (de la zone industrielle de la ville de Sidi Bel Abbés) et les rejettent dans l'oued Mekerra **(DHW, Sidi Bel Abbés, 2006)**. Sachant que les eaux usées industrielles, véhiculées par le Mekerra, ne sont pas prises en charge par la station d'épuration concernée. Et, par la suite, ces eaux usées se mélangeront ultérieurement avec les eaux traitée et épurées à la sortie de la STEP.

Selon l'office national de l'assainissement **(ONA, Sidi Bel Abbés, 2012)** le taux de raccordement du réseau est de 98%, avec un système unitaire. Les eaux pluviales sont déversées dans l'oued par sept (7) déversoirs d'orage, où il y a également 46 rejets illicites.

Le débit des eaux usées, déversées directement dans l'oued, est important et il est de l'ordre de 200 à 300 l/s en période de pointe. En période de pluies, le débit est plus important **(DHW, Sidi Bel Abbés, 2006)**.

Dans un rapport du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, il est énoncé que les effluents industriels contribuent de façon notable à la pollution des cours d'eau. Il en est de même pour l'oued Mekerra **(Anonyme, 2002)**.

Dans cette étude, nous avons effectué des analyses physico-chimiques et microbiologiques sur les eaux de l'oued Mekerra dans différents points.

L'oued Mekerra divise la ville de Sidi Bel Abbés en deux parties : l'une, au Sud, et l'autre, au Nord. L'oued, en partie à cause du développement rapide de la ville, il est devenu avec le temps une source et un vecteur de pollutions, qui dure depuis des années.

Le régime hydrologique particulier de ce cours d'eau est un facteur aggravant, car il entraîne des inondations importantes à intervalles réguliers. La majorité du temps, par contre, l'oued est quasiment à sec et est constitué principalement d'une multitude de rejets d'eaux usées qui s'y déversent.

Cette situation conduit à un phénomène d'alluvionnement important, relevant le fond du cours d'eau et bloquant les déchets, en donnant un aspect désagréable du lit et créant des nuisances, et ce, le long de son parcours.

Les pouvoirs publics ont mandaté la **Société SGI Ingénierie SA**, afin d'étudier une éventuelle couverture de l'oued dans sa traversée de la ville de Sidi Bel Abbés, avec les exigences suivantes :

- **Réduire les nuisances visuelles et olfactives,**
- **Intégrer l'oued en tant que mobilier urbain,**
- **Assurer le passage de la crue de 80 m³/s,**
- **Assurer un entretien régulier du lit...**

L'étude a été menée sur une longueur de l'oued de l'ordre de 4.5 km, dont un tronçon à ciel ouvert de 2,5 km, avec une section du dalot de (11.05 m x 3.20 m), qui est un ouvrage pour l'entretien de l'oued Mekerra (le dalot est un ouvrage de franchissement placé sous la chaussée. Il est généralement en béton armé et présente une section rectangulaire ou carrée) (**Bourrier, 2018**).

L'origine de l'oued Mekerra est dans la région de Ras El Ma, il passe par plusieurs localités avant d'atteindre son exutoire au Marais de la Macta et, par la suite, il se jette dans la mer Méditerranée. La pollution de cet oued s'accroît beaucoup plus au niveau de sa traversée de la ville de Sidi Bel Abbés, où il y a le plus important développement urbain et industriel ainsi qu'agricole, qui sont tous des secteurs aux besoins considérables en eaux et, certainement, un volume des rejets important, du point de vue quantitatif et qualitatif.

Les services agricoles en collaboration avec les services de la sécurité et les services d'hygiène, ainsi que la direction de l'environnement, signalent régulièrement, surtout en période sèche, l'irrigation illicite des terres agricoles avec les eaux usées véhiculées par cet oued, qui ont comme spéculations des cultures maraîchères, fourragères et parfois arboricoles.

Il est à noter qu'il est fait strictement interdit d'irriguer par les eaux polluées, selon le **Décret n° 07-149 du 20 mai 2007**, en particulier dans son **article 130**, et même pour les eaux qui subissent une épuration, qui sont régies par des lois et normes, publiées dans le journal officiel de Juillet 2012. Et en se basant, aussi, sur les directives de l'organisation mondiale de la santé (**OMS, 2012**).

Des enquêtes faites auprès des services précédemment cités, démontrent qu'un nombre indéfini d'agriculteurs irriguent avec les eaux polluées et aucun rapport officiel n'existe sur la superficie totale irriguée illicitement, et ce, malgré qu'un tel phénomène soit vécu depuis des années, et signalé pendant la période estivale de l'année 2013, avec plusieurs interventions par

les services concernés de la protection de l'environnement, et plus particulièrement dans la région de Sidi Brahim (à la sortie NE de la ville de Sidi Bel Abbés).

2- Choix des sites des prélèvements :

L'étude de la pollution de l'oued Mekerra consiste à définir la source de la pollution de ce cours d'eau, ainsi que le degré de cette pollution. Et l'endroit le plus touché par cette pollution doit être cerné pour pouvoir y remédier à ce problème et le protéger.

Donc, le choix des points de prélèvements prend en considération leurs emplacements. Et on a choisi la partie nord du bassin versant de l'oued Mekerra, situé entre le centre ville de Sidi Bel Abbés jusqu'à Sidi Brahim.

Selon l'étude hydrologique et hydrogéologique, on a constaté que la plaine de Sidi Bel Abbés et son aquifère sont les plus vulnérables à la pollution causée par les eaux usées de l'oued Mekerra.

Il est à signaler, aussi, que l'oued dans cette partie du bassin versant alimente la nappe souterraine, alors que dans la partie sud du bassin versant, entre Ras El Ma et Sidi Ali Ben Youb, l'oued Mekerra draine les nappes souterraines (Ras El Ma et Moulay Slissen) **(Hallouche, 2017)**.

Dans la même étude, dans ces deux (2) nappes souterraines on a signalé des taux (%) trop élevés en Nitrates, cela peut contribuer à l'augmentation de cet élément dans l'oued Mekerra.

Notre choix des sites de prélèvements s'est fait également sur le fait que la zone industrielle de Sidi Bel Abbés rejette ses eaux usées dans le réseau d'assainissement de la wilaya sans aucun traitement préalable et, par la suite, cette charge polluante rejoint l'oued Mekerra via oued El Melah.

On doit préciser que cette partie des eaux résiduaires, d'origine industrielle, avec toutes les impuretés qu'elles contiennent n'est pas prise en charge par la station d'épuration (STEP) de la wilaya de Sidi Bel Abbés. Ajouter à cela que les eaux traitées et épurées par la STEP se mélangent dans l'oued Mekerra, avec les eaux usées qui ne sont pas prises en charge par la STEP.

A la sortie de la ville de Sidi Bel Abbés, existent des zones agricoles importantes qui sont sillonnées par l'oued Mekerra, cela implique que les agriculteurs de ces localités utilisent pour l'irrigation de leurs cultures les eaux usées de cet oued. Parmi ces localités, on peut citer comme exemple Sidi Brahim et Sidi Hamadouche (les deux localités sont citées à la sortie NE de la ville de Sidi Bel Abbés) **(Hallouche, 2018)**.

Cet acte est interdit par la loi algérienne qui est basé sur les directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS), vu que l'utilisation des eaux résiduaires en agriculture implique de graves conséquences sur le consommateur des fruits et légumes, en particulier ceux qui sont consommés crus, ainsi que sur son environnement.

Les nappes souterraines sont également menacées par l'infiltration des polluants, surtout dans les zones vulnérables à la pollution.

2-1- Points et les périodes des prélèvements :**➤ 11 Mars 2013**

- **P1** : Situé à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés, qui concerne des eaux usées épurés,
- **P2** : Tronçon de l'oued qui véhicule des eaux qui ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement,
- **P3** : Oued Mekerra, au niveau de la cité Faubourg tiers,
- **P4** : Oued Mekerra, au milieu du centre ville.

➤ 22 Mai 2013

- On a opéré à des prélèvements dans les mêmes points qui sont : **P1, P2, P3 et P4.**

➤ 2 Avril 2014

- **P5** : Sis à la sortie de la ville de Sidi Bel Abbés, près de la route nationale N°13 (menant vers Oran),
- **P6** : Situé à proximité de la localité de Sidi Brahim.

2-2- Conditions des prélèvements :**➤ 11 Mars 2013 à 10h45'**

- Selon le service de la station de météorologie de Sidi Bel Abbés, la température varie entre 18°C, pour la maximale, et 7°C, pour la minimale. L'humidité est de 39%. Le vent est d'une vitesse comprise entre 0 et 22 km/h.
- Les quatre (4) échantillons prélevés aux points **P1, P2, P3 et P4** ont fait l'objet d'analyses directes, afin de déterminer les paramètres de pollution, à savoir **DBO₅** et **DCO**, en plus des nitrates et nitrites, du phosphate, de l'azote et des matières en suspension. Ces analyses ont été réalisées par l'Office National de l'Assainissement (**ONA, Sidi Bel Abbés, 11 Mars 2013**), au niveau de la station d'épuration de Sidi Bel Abbés (STEP).

➤ 22 Mai 2013 à 09H00'

- Sur la base des données du service de la station de météorologie de Sidi Bel Abbés, la température varie entre 25°C, pour la maximale, et 12°C, pour la minimale. Sachant qu'il y avait des précipitations importantes pendant deux (2) jours,
- Les quatre (4) échantillons ont subi des analyses pour le dosage de l'Ammonium, l'Ortho-phosphate, les Nitrates, le Fer, l'Aluminium et le Phénol, qui ont été effectuées dans un laboratoire de la SEOR, à Oran.

➤ 2 Avril 2014 à 09H00'

- Le service de la station de météorologie de Sidi Bel Abbés a relevé la température de l'air, qui est de l'ordre de 20°C, avec un vent du sud de 20 à 40 km/h,
- Deux (2) prélèvements ont été effectués aux points **P5 et P6**, avec deux (2) échantillons pour chaque prélèvement : un, dans une bouteille en verre stérilisée,

destiné à des analyses microbiologiques et, l'autre, dans une bouteille en plastique, pour des analyses physico-chimiques.

Sur les sites des prélèvements, on a constaté qu'à la sortie de la ville de Sidi Bel Abbés, près du **P5** se dégage une odeur nauséabonde très forte.

Les quatre (4) échantillons, ont été conservés dans une glacière, qui, par la suite, seront analysés aux laboratoires de l'Algérienne Des Eaux de Sidi Bel Abbés (ADE).

3- Rejets de la ville de Sidi Bel Abbés :

Les rejets de la ville de Sidi Bel Abbés sont déversés dans l'oued Mekerra, même pendant la période coloniale, sans traitement ni épuration, et ce, jusqu'à 1993, date de la mise en marche de la STEP de la wilaya qui reçoit actuellement entre 9000 à 9200 m³/j d'eaux polluées.

La station d'épuration (STEP) de la ville de Sidi Bel Abbés, ne fonctionne qu'à 33% de ses capacités qui sont de l'ordre de 28 000 m³/j (**Aloui-Labiod, 2017**).

Le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés est de type unitaire, qui concerne : les rejets industriels et urbains, ainsi que les eaux pluviales (**figure n° 41**).

Ces rejets, de la ville de Sidi Bel Abbés, concernent également les eaux usées issues du secteur sanitaire qui ne subissent aucun traitement préalable. Ce type de rejet est très riche en agents pathogènes, qui peuvent être des vecteurs de maladies infectieuses à transmission hydrique (MTH).

A ajouter aussi les eaux rejetées par les abattoirs, les stations de lavages, etc... qui sont toutes déversées dans le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbés.

3-1- Rejets des unités de la zone industrielle de la ville Sidi Bel Abbés :

Les rejets de la zone industrielle de Sidi Bel Abbés sont véhiculés par l'oued Mekerra, cette charge polluante n'a subi ni traitement, ni épuration (**figure n° 41**) (**ONA, Sidi Bel Abbés, 2012, modifié par Zouita (2018)**).

Sidi Bel Abbés est une région à vocation agricole, où l'industrie n'était pas développée, mais actuellement le secteur industriel demeure concentré à hauteur de 85% au niveau du chef-lieu de wilaya et reste dominé par l'électronique, représentée par l'ENIE, par la mécanique, représentée par le CMA/PMA et par la branche agro-alimentaire, représentée par l'E.R.I.A.D, GIPLAIT (ex. OROLAIT) et 64 autres unités industrielles.

La présence de ressources souterraines, tels que les gisements utiles et leur valorisation, peuvent impulser le développement de beaucoup de secteurs, comme la chimie et le bâtiment, entre autres. A ce titre, il est à signaler qu'il existe une cinquantaine d'indices de substances utiles dans différents domaines (agrégats, pierre taillée, argiles à briques, gypse, etc...) (**ANDI, Sidi Bel Abbés, 2013**).

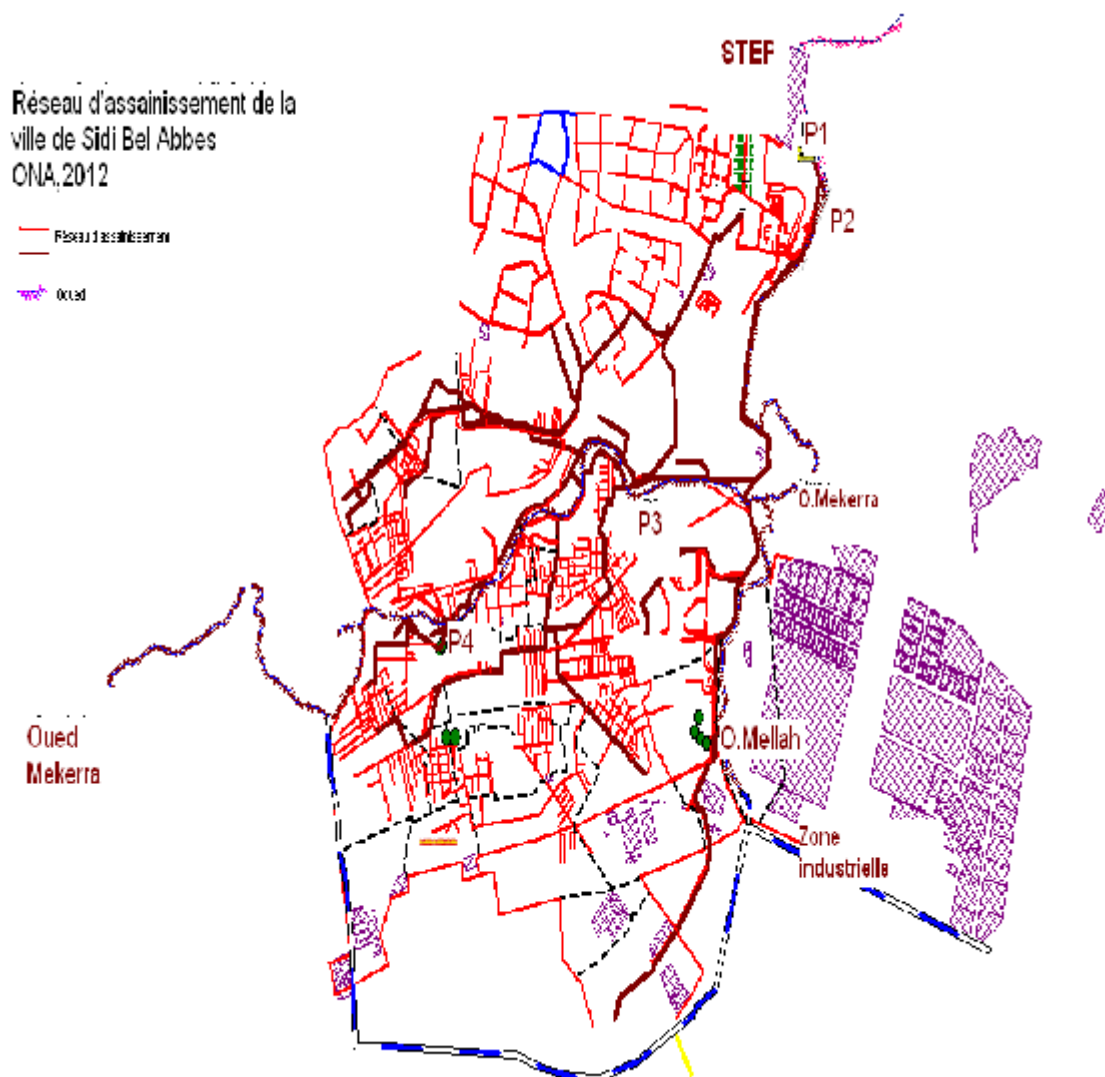


Figure n° 41 : Réseau d'assainissement de la ville de Sidi Bel Abbès (ONA, Sidi Bel Abbès, 2012, modifié par Zouita (2018)).

3-2- Irrigation par les eaux usées de l'oued Mekerra :

Ici, on traite un problème réel et qui est présent dans la quasi-totalité des wilayas en Algérie (on l'a évoqué dans notre publication, parue au mois d'Avril 2018).

L'enquête effectuée auprès des services concernés par la protection de l'environnement, a montré que l'irrigation par les eaux usées de l'oued se fait dans plusieurs localités de façon illicite, où l'intervention de ces services c'est faite, en particulier, dans la région de Sidi Brahim à plusieurs reprises, entre Septembre et Octobre 2013. Avec les quelques cas, donnés ci-dessous :

- Le 13/09/2013, à Sidi Brahim, il y a eu sept (7) interventions dans différents lieux où est exercée l'irrigation à partir des eaux de l'oued Mekerra, sur des parcelles dont la superficie varie entre 2Ha à 5Ha, sur des cultures maraîchères (poivrons, pastèques...), et des oliviers,

pour une parcelle de 28Ha, de 800 arbres. Il y a aussi des parcelles qui sont irriguées depuis plus de deux (2) ans par les eaux usées du même oued.

- Le 1/10/2013, à Sidi Brahim, 3Ha de pomme de terre irriguée depuis quelques mois.
- Le 11/10/2013, à Sidi Brahim, 4 Ha de poivron irrigué depuis quelques mois...

Pour ces cas, cités ci-dessus, des échantillons des légumes et des fruits et de l'eau d'irrigation ont été soumis à des analyses, dont les résultats révèlent une contamination microbienne, avec la présence des coliformes fécaux et totaux, ainsi que des streptocoques, avec des valeurs qui dépassent les normes.

L'irrigation par les eaux usées de l'oued est strictement interdite par les lois algériennes, conformément au journal officiel (JORA) publié en Septembre 2005, en particulier dans son article 130.

La loi algérienne, du 23 Avril 2010, oblige les unités industrielles à effectuer des contrôles quotidiens pour leurs rejets liquides, tel que stipulé dans le journal officiel n° 26, du 23 Avril 2010, avec des valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides, qui sont des normes à respecter, généralement, pour tous types d'industries.

De même que pour les eaux usées traitées et épurées, et destinés pour l'irrigation, il ya des normes et des règles à respectés, comme stipulé par le journal officiel de Juillet 2012, et ce, pour préserver l'état sanitaire du consommateur et de l'agriculteur (l'irrigant) et protéger l'environnement.

Ces lois doivent être appliquées avec plus de rigueur, et ce, pour la protection et la préservation de la santé humaine et la protection de son environnement.

4- Points de prélèvements : (tableau n° 19 et figure n° 42).

- **P1** : Situé à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés et concerne des eaux usées épurées,
- **P2** : Tronçon de l'oued véhiculant des eaux qui ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement,
- **P3** : Oued Mekerra au niveau du quartier Faubourg Thiers,
- **P4** : Oued Mekerra au milieu du centre de la ville de Sidi Bel Abbés,
- **P5** : situé à la sortie de la ville de Sidi Bel Abbés, à proximité de la route nationale n°13 (menant vers la ville d'Oran),
- **P6** : situé à la sortie de la localité de Sidi Brahim.

Tableau n° 19 : Localisation des points des prélèvements au niveau de l'oued Mekerra.

Points de prélèvements	Dates	Coordonnées	lieu	Nombre de prélèvement(s)
P1	*11 /03/2013 *22/05/ 2013	35°13'32"N 0°36'17"O	Eaux épurées à la sortie de la station d'épuration	2
P2	*11/03/2013 *22/05/ 2013	35°13'31"N 0°35'15"O	Oued Mekerra (eau polluée) avant la STEP	2
P3	*11/03/ 2013 *22/05/2013	35°12'8"N 0°36'34"O	Centre ville faubourg Thiers	2
P4	*11/03/ 2013 *22/05/2013	35°11'35"N 0°38'25"O	Centre ville	2
P5	02/04/ 2014	35°13'53"N 0°36'39"O	Sortie de la ville de Sidi Bel Abbès (devant la station d'essence)	1 prélèvement pour 2 échantillons
P6	02/04/2014	35°14'45"N 0°35'22"O	Près de la localité de Sidi Brahim	1 prélèvement pour 2 échantillons



Figure n° 42 : Points des prélèvements au niveau de l'oued Mekerra (Google Earth, 2012).

4-1- Prélèvement P1 :

Le premier prélèvement, **P1**, a été effectué à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés, où ses eaux ont subi des procédés de traitement et d'épuration qui rendent ce liquide conforme aux normes des rejets, selon l'efficacité de la station d'épuration. L'écosystème ne court aucun danger avec la qualité des eaux sortantes de la STEP (**photo n° 4 et figure n° 43**).



Photo n° 4 : Le prélèvement P1 à la sortie de la station d'épuration (11 mars 2013).

4-2- Prélèvement P2 :

Ce tronçon de l'oued véhicule des eaux usées d'origine industrielle via oued El Malah. Sachant que oued Mekerra est l'exutoire naturel d'oued El Malah qui draine à son tour les eaux de la zone industrielle de la ville de Sidi Bel Abbés et celles de Beloulladi et Tilmouni (**photo n° 5 et figures n° 43 et 44**) (DHW, Sidi Bel Abbés, 2006).

En période pluvieuse, les rejets urbains et les eaux des pluies augmentent la charge polluante de l'oued Mekerra.

Cette partie n'est pas encore raccordée au réseau d'assainissement et, par conséquent, elle n'est pas prise en charge par la station d'épuration (STEP).

Par la suite, ces eaux chargées de différents types de polluants seront ultérieurement mélangées avec les eaux traitées et épurées. Elles seront véhiculées par l'oued vers la zone agricole de la ville de Sidi Bel Abbés, en passant par les localités de Sidi Brahim et Sidi Hamadouche, en touchant oued El Mabtouh, qui se dirigent ensuite vers les marais de la Macta.

L'oued Mekerra recharge, dans cette zone, l'aquifère alluvionnaire de la plaine de Sidi Bel Abbés. Donc, un risque de contamination des eaux souterraines est à craindre.



Photo n° 5 : Prélèvement P2, tronçon de l'oued véhiculant des eaux qui ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement (11 mars 2013).



Figure n° 43 : Prélèvements P1, P2 près de la station d'épuration de Sidi Bel Abbés (Google Earth, 2018).

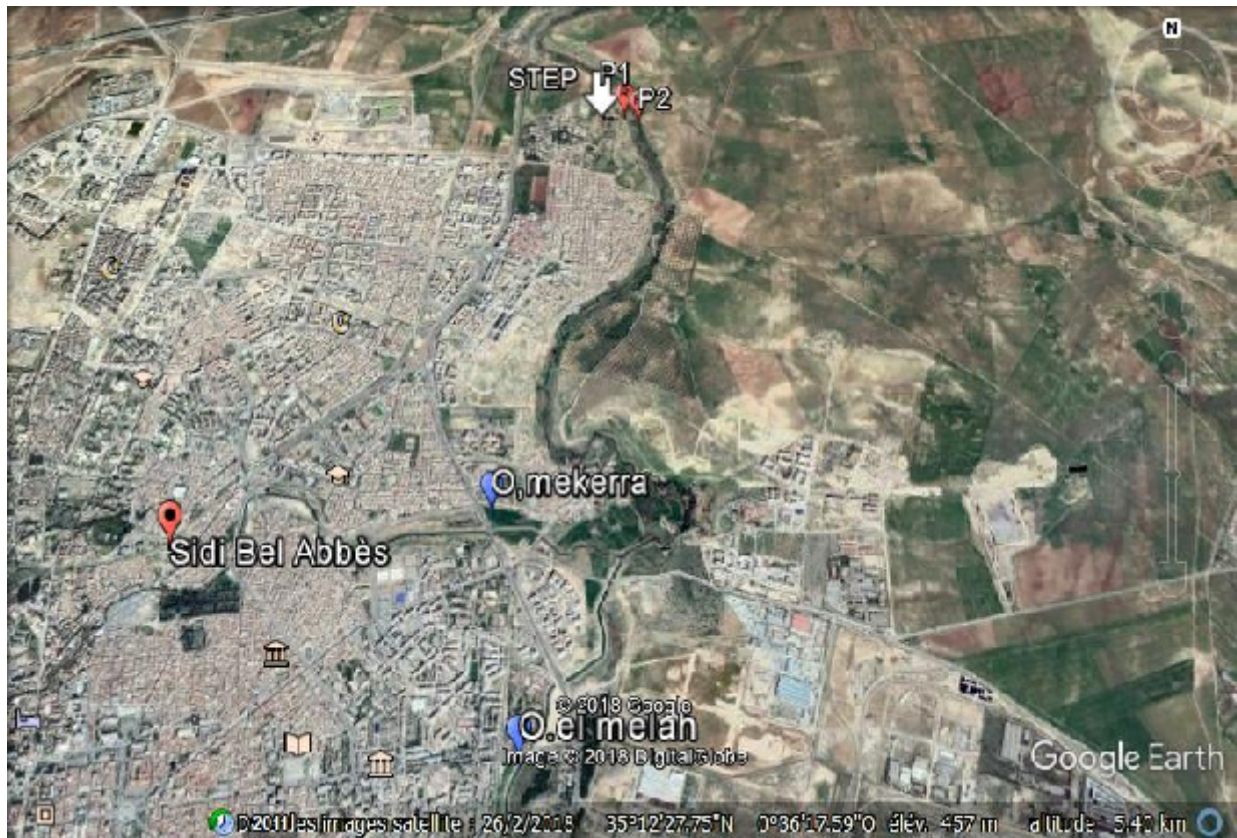


Figure n° 44 : Situation des prélèvements P1 et P2 par rapport à l'oued Mekerra et oued El Melah (Google Earth, 2018).

4 -3- Prélèvement P3 :

Il est situé dans un quartier à la sortie Nord de la ville de Sidi Bel Abbès, juste avant l'intersection de l'oued El Melah et oued Mekerra. Cette partie de l'oued véhicule la charge polluante urbaine et pluviale de Sidi Bel Abbès et ces localités avoisinantes (**photo n° 6 et figure n° 45**).



Photo n° 6 : Prélèvement P3 avant la STEP de Sidi Bel Abbés (11 Mars 2013).

4 -4- Prélèvement P4 :

Ce point de prélèvement, **P4**, est situé au centre ville, à Faubourg Thiers, où est installé un déversoir d'orage (**photo n° 7 et figure n° 45**).



Photo n° 7 : Prélèvement P4 au niveau de l'oued Mekerra en présence d'un déversoir d'orage (11 mars 2013).

Les deux (2) prélèvements, **P3** et **P4**, se trouvent avant l'intersection des deux (2) oueds, Mekerra et El Melah.

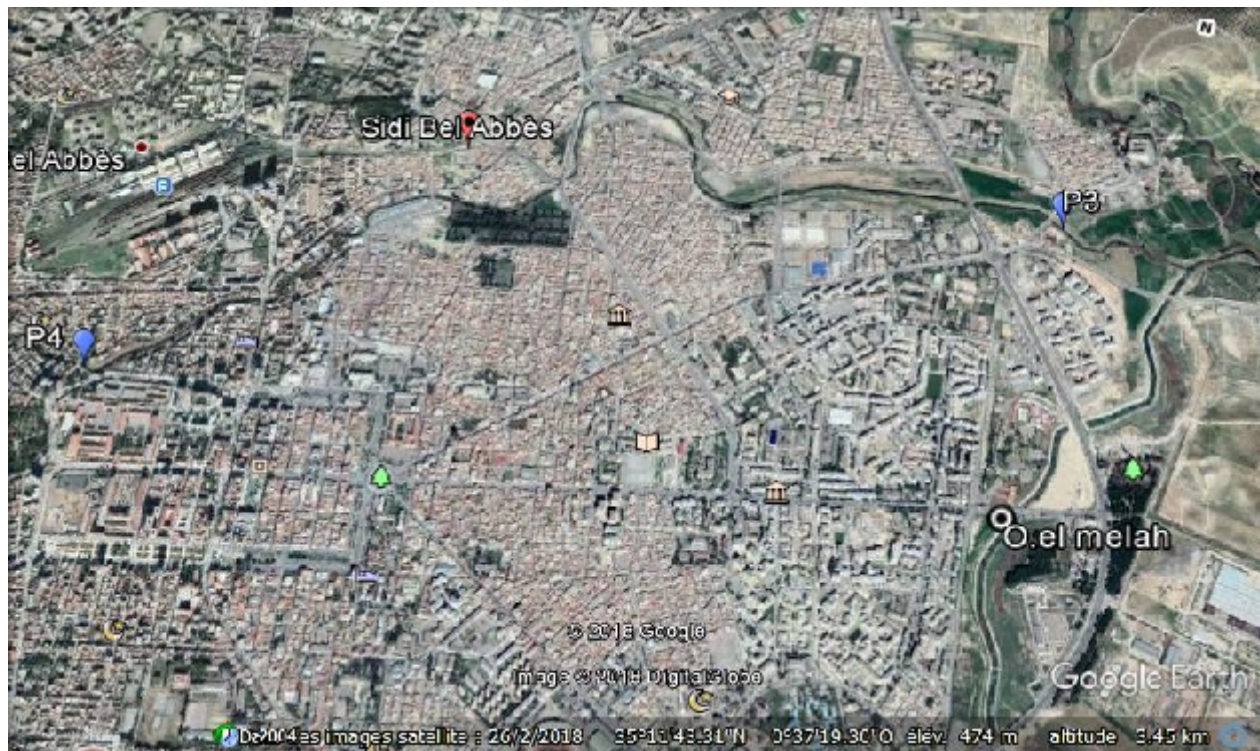


Figure n° 45 : Situation des prélèvements P3 et P4 par rapport à oued Mekerra et oued El Melah (Google Earth, 2018).

4-5- Prélèvements P5 et P6 :

On a effectué une série d'analyses complémentaires sur l'oued Mekerra avec deux (2) autres prélèvements, **P5** et **P6** (photos n° 8 et 9) pour des analyses physico-chimiques et microbiologiques dans la zone située entre la sortie Nord de la ville de Sidi Bel Abbès et l'entrée de la localité de Sidi Brahim (figure n° 46).



Photo n° 8 : Prélèvement P5 à la sortie Nord de la ville de Sidi Bel Abbès (2 Avril 2014).



Photo n° 9 : Prélèvement P6 à l'entrée de Sidi Brahim (2 Avril 2014).

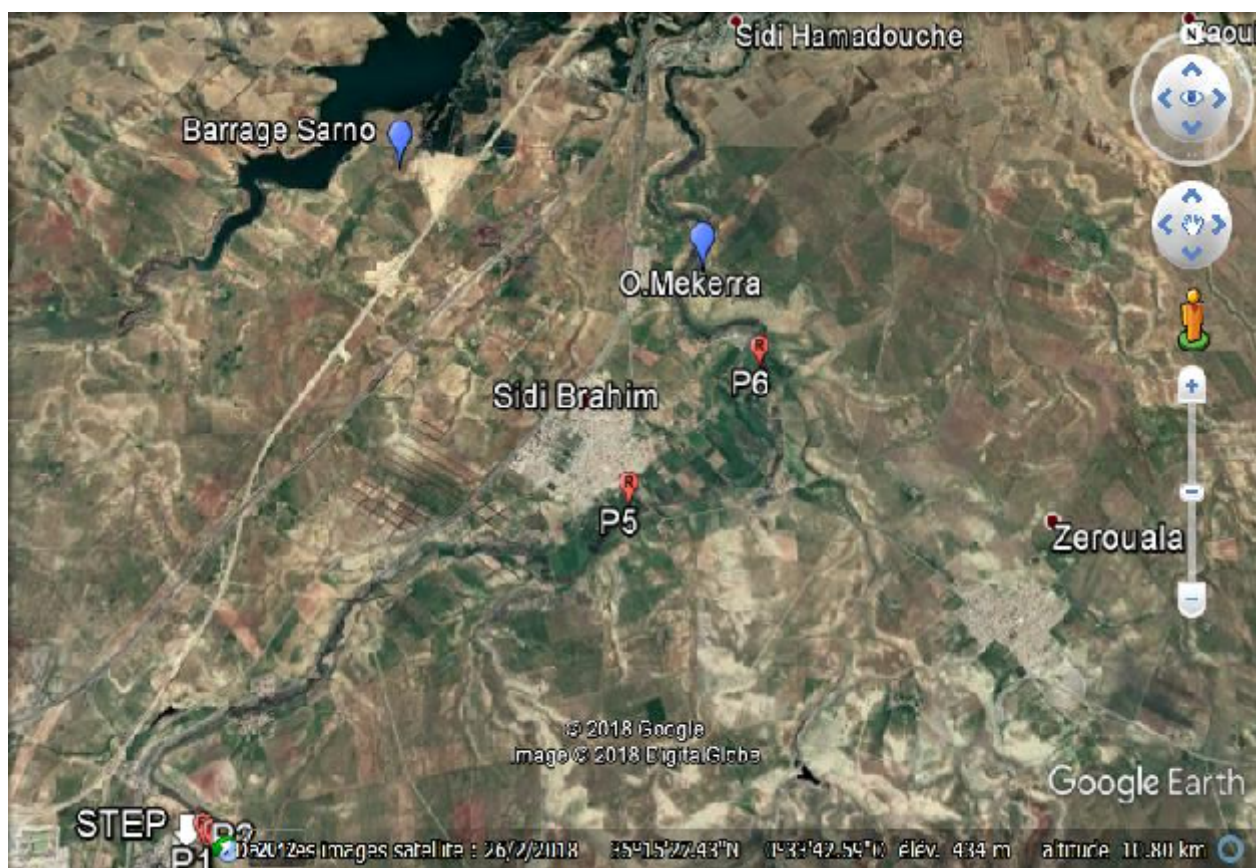


Figure n° 46 : Situation des prélèvements P5 et P6 au niveau de l'oued Mekerra, entre Sidi Bel Abbès et Sid Brahim (02 Avril 2014) (Google Earth, 2018).

PARTIE II

Chapitre VI

PROBLEMATIQUE DE LA POLLUTION DE L'OUED EL GOURZI

1- Problématique :

Oued El Gourzi (Wilaya de Batna), constitue le prolongement naturel d'oued Batna et de celui de Tazoult, au SW de la ville de Batna, il traverse une partie du chef-lieu de la wilaya par deux bras qui ont été couverts par l'entreprise nationale **COSIDER**.

La première partie de l'oued El Gourzi couverte est d'une longueur de 2.6 km ; les travaux ont commencé en 2007 et achevés en 2012. La deuxième partie est d'une longueur de 3,5 km, où les travaux ont été entrepris en 2012 et terminés en 2014.

Le recouvrement de l'oued El Gourzi est une action positive sur tous les plans. Car pendant plusieurs années, les deux (2) bras de l'oued étaient devenus une décharge sauvage à ciel ouvert. Ils représentaient une source de nuisances pour les quartiers d'où passe l'oued, tels que le quartier Zmala, le centre ville de Batna, le quartier de la Verdure jusqu'au quartier de Bordj El Ghoul... Aujourd'hui, le site couvert est devenu un lieu de distraction pour la population Batnèenne et autres visiteurs.

Le tronçon qui passe par Kechida, le lieu qui comporte la zone industrielle de Batna, est considéré comme le point noir de ce cours d'eau qui reçoit les eaux industrielles qui, en principe, devaient être prises en charge par les unités polluantes dont les stations de prétraitements ne sont pas fonctionnelles, ce qui aggrave, de plus en plus, la situation de la pollution de l'oued El Gourzi.

Cet oued, El Gourzi de Batna, est le vecteur principal des éléments toxiques véhiculés par les eaux usées par ce cours d'eau, qui traverse la ville de Batna et, par la suite, collecte toutes les eaux d'assainissement de cette ville, qui sont d'origine urbaine et industrielle.

Les eaux usées urbaines, véhiculées par oued El Gourzi, sont prises en charge par la station d'épuration (**STEP**), qui est entrée en service au mois de Septembre 2005. Alors que les eaux usées industrielles sont rejetées dans la nature sans aucun traitement ni épuration, vu que la quasi-totalité des unités industrielles sont dépourvues de stations de prétraitements (**figure n° 47**).



Figure n° 47 : Station d'épuration de Batna (Google Earth, 2017).

Après traitement et épuration des eaux usées urbaines de la ville de Batna, elles vont se mélangées dans l'oued El Gourzi avec les eaux usées industrielles qui sont chargées en éléments chimiques néfastes pour tout l'environnement. Ce mélange, qui est déversé dans oued El Gourzi, sillonne plusieurs localités (Bouyelf, Fesdis, Djerma...), qui appartiennent à la plaine d'El Madher, et atteindra par la suite Merdja Mezouala qui est l'exutoire naturel de l'oued El Gourzi, sachant que la plaine d'El Madher est en contact avec la plaine de Gadaine, qui appartient au bassin versant **(BV)** du Constantinois.

La plaine d'El Madher, située à 15 km du chef-lieu de la wilaya de Batna, comporte le champ captant externe qui alimente la ville de Batna en eau potable, à partir de l'aquifère alluvionnaire, qui semble jusqu'à maintenant résisté à l'intensité de la pollution générée par oued El Gourzi, et ce, malgré l'existence de zones vulnérables à la pollution (**Voir, carte de vulnérabilité à la pollution établi (Menani, 2004), figure n° 35**).

Cette vulnérabilité à la pollution s'accroît avec les procédés agricoles effectués dans cette zone connue pour sa vocation d'élevage bovin et la production du lait et surtout dans la commune de Djerma. La plaine d'El Madher est une zone de culture irrigable et de céréaliculture.

Malheureusement, quelques agriculteurs optent pour l'irrigation avec les eaux polluées de l'oued El Gourzi, qui leur permettent d'avoir d'importantes rendements sans l'utilisation des engrais (selon leur point de vue, le coût de la production diminue).

Avec la réutilisation des eaux usées non traitées, la nappe souterraine court un danger de contamination probable, sans oublier que les cultures maraîchères irriguées par les eaux polluées de l'oued sont, en général, une source de polluants et de micropolluants pour le consommateur qui risque d'être exposé à des maladies à transmission hydriques (MTH).

Dans la **figure n° 48**, ci-dessous, oued El Gourzi passe par plusieurs quartiers du chef-lieu de la wilaya, dont on cite, par exemple, le quartier populaire de Zmala, où l'oued véhicule les eaux pluviales, ainsi que les eaux usées domestiques de quelques localités de Tazoult d'un autre bras de l'oued Azzeb, qui est l'effluent de l'oued El Gourzi, venant de la localité du parc à fourrage, entre Zmala et Hai Ennasr, oued El Gourzi se divise entre deux (2) bras qui sont actuellement couverts.

Dans la partie NW de la ville, plus particulièrement dans la région de Kechida, oued El Gourzi est divisé en plusieurs bras véhiculant les eaux de la région de Hamla.



Figure n° 48 : Cours d'eau au milieu de la ville de Batna.

2- Choix des sites des prélèvements :

Le choix des sites des prélèvements s'est fait en se basant sur le lieu le plus important qui est la plaine d'El Madher, qui comporte l'aquifère alluvionnaire où sont implantés les plus importants forages qui alimentent la ville de Batna en eau potable, et le risque de contamination que cours cette ressource hydrique (**figure n° 49**).



Figure n° 49 : Vue générale des points des prélèvements au niveau d'oued El Gourzi (Google Earth, 2018).

La plaine d'El Madher est un milieu récepteur de la charge polluante et, en même temps, c'est le milieu transmetteur des eaux de l'alimentation en eau potable par le champ captant externe (voir, figure n° 38).

Le choix est fait sur cette zone, située entre la zone industrielle de Kechida et la plaine d'El Madher, en passant par la station d'épuration (STEP). La pollution de l'eau, véhiculée par oued El Gourzi, a atteint des concentrations d'éléments toxiques qui atteignent des taux relativement élevés dans cet intervalle.

Les eaux usées de la zone d'activités de Kechida ne subiront aucun traitement par la suite elles seront mélangées avec l'eau traitée et épurée à la sortie de la station d'épuration. Ce qui nous donnera une vue de la capacité de ce traitement partiel des eaux pollués de l'oued El Gourzi.

Notre travail dans la région de Batna est divisé en trois (3) étapes, entre trois (3) sorties d'étude. Il s'agit de :

- **Une première étape**, première sortie à la station d'épuration, qui est entrée en service en 2005, et faire une synthèse des analyses physico-chimiques du mois d'**Août 2013**.

Ensuite, effectué une comparaison avec l'étude qu'on a effectué entre 2000 et 2002 sur la même région, et ce, en l'absence de la station d'épuration (STEP) ;

- **Une deuxième étape**, deuxième sortie, où on a fait un suivi pendant une année et demi ($\frac{1}{2}$) pour les eaux polluées de l'oued El Gourzi. En consultant les analyses physico-chimiques de la station d'épuration qui nous ont permis d'utiliser les fiches journalières comportant toutes les informations qui concernent le flux pollué entrant (qui coule dans l'oued El Gourzi) dans la station d'épuration et le flux sortant, après avoir subi les procédés de traitement et épuration et qui rejoindra, par la suite, l'oued (**voir, en annexes, les fiches journalières de la STEP**). La période du suivi s'est étalée de **Janvier 2014 à Juillet 2015** ;
- **Une troisième étape**, troisième sortie, effectuée le **26 Mars 2017**. Durant cette période, une partie de la STEP était en panne, mais on a pu avoir les résultats des analyses physico-chimiques des eaux polluées de l'oued El Gourzi, avant et après épuration.

Durant le mois de **Mars 2017**, nous avons effectué des prélèvements en amont et en aval de la station d'épuration de Batna (STEP). Les points de ces prélèvements sont :

- **R1** : prélèvement dans l'oued El Gourzi, près de l'usine de Textiles à la zone industrielle de Kechida,
- **R2** : prélèvement dans l'oued El Gourzi, en face de l'OAIC de Batna, près de la station d'épuration. Ce tronçon de l'oued n'est pas pris en charge par la STEP et l'eau sera mélangée ultérieurement avec les eaux traitées et véhiculées vers la zone agricole,
- **R3** : prélèvement dans l'oued El Gourzi, sous le pont de Fesdis, vers la plaine d'El Madher.

Les trois (3) prélèvements, pris au niveau de l'oued El Gourzi, sont comme suit :

- le **premier prélèvement (R1)**, est situé dans la zone industrielle près de l'usine de textiles de Batna,
- Le **deuxième prélèvement (R2)**, est sis dans le tronçon de l'oued qui n'est pas pris en charge par la station d'épuration (STEP) de Batna,
- Le **dernier prélèvement (R3)**, se trouve après le pont de Fesdis où nous avons constaté l'installation de pompes, destinées pour aspirer l'eau polluée de l'oued El Gourzi, et ce, pour irriguer les terres agricoles de cette région (**voir, photo Fesdis 26 Mars 2017**).

La zone industrielle de Kechida et d'après les données de l'inspection de l'environnement de la wilaya de Batna, ces unités sont toutes raccordées au réseau d'assainissement. Ces unités industrielles sont susceptibles d'être considérées comme polluantes (**Zouita, 2002**). Il s'agit de :

- **COTITEX** : Complexe textiles
- **ENIPEC** : Société de transformation des peaux brutes en cuir

- **LANDJASSA** : Tannerie privée
- **ORELAIT** : Production de lait et ses dérivés
- **SABA** : production de batteries pour véhicules
- **TUDOR** : Production de batteries pour véhicules
- **CSD** : Centre de stockage et de distribution d'hydrocarbure
- **BITUM** : unité de production de goudron
- **ORAVIE** : Abattoir avicole et viande rouge
- **ENBAG** : production de bouteilles de gaz

On peut également évoquer les stations de lavage situées un peu partout dans la ville de Batna, ainsi que les hôpitaux et les cliniques privées qui ont des rejets spécifiques, chargés en germes pathogènes.

Il est clair dans la photo, prise au même moment du prélèvement **R1** dans la zone d'activités à Kechida et à oued El Gourzi, dans cette zone, qu'il s'agit d'une décharge à ciel ouvert.

3- Rejets de quelques unités industrielles :

- **COTITEX** :

C'est le complexe textile de Batna, entré en production en 1966, qui utilise des produits chimiques très polluants. Compte tenu de ces éléments chimiques qui entrent dans le processus de fabrication, en générale, cette industrie compte plusieurs opérations de : Blanchiment, teinture, impression, etc....

Selon une étude faite par **Bouras (2000)**, ce complexe utilise dans la production différents types de produits chimiques, à l'exemple de : NaCl ; Na_2SO_4 ; K_2CO_3 ...

La station de prétraitement de cette unité est toujours en panne.

- **ENIPEC** :

C'est la société de transformation des peaux brutes en cuir qui sont utilisées pour la fabrication de chaussures, vêtements ainsi que tous les articles de cuir. Cette unité a été créée en 1972. Cette industrie est connue par son utilisation de produits très toxiques qui entrent dans le processus de la transformation des peaux en cuir, à l'exemple l'utilisation des sels de chrome et des Sulfures (**Haid et al., 1996**).

Il est a signalé que la station de prétraitement de cette unité était fonctionnelle, mais actuellement, elle connaît de fréquentes périodes de panne !

- **ORELAIT** :

L'ORELAIT de Batna, nommé "Laiterie des Aurès", implantée en 1988 et entrée en production en 1991. Cette industrie exige une hygiène totale des appareils, dont ses besoins en eau sont très importants et, par conséquent, ses rejets sont également très importants, sur les plans quantitatif et qualitatif. Ce sont des eaux très chargées en matière organique biodégradable et non biodégradable.

Selon **Haid et al., (1996)**, les analyses chimiques des rejets de cette laiterie révèlent ce qui suit : une DBO_5 et une DCO excessivement élevées, qui peuvent atteindre, respectivement, 1300mg/l et 1596mg/l. Sachant que cette unité industrielle ne possède pas de station de prétraitement.

- **ORAVIE** :

Cette unité est spécialisée dans la production de viande de volaille, entrée en production en 1994. Elle comporte plusieurs blocs, tel que celui destiné pour l'abattage, un autre pour l'éviscération et d'autres blocs pour le conditionnement et le traitement de viande et charcuterie, etc....

Dans cette unité il y a une station d'épuration biologique à boues activées (**Haid et al., 1996**).

Les eaux résiduaires d'abattoirs sont considérées comme infectieuses, chargées en matière organique et des graisses qui amènent à des fermentations et au dégagement d'odeurs désagréables.

- **ENBAG** :

Il s'agit de l'unité de mise en bouteilles du gaz propane, de la wilaya de Batna, mise en fonction en 1974. Cette industrie nécessite des opérations de découpage des métaux, ainsi que des celles de tournage, fraisage, perçage, rainurage etc...., avec l'utilisation de liquides de refroidissement qui contiennent des huiles minérales et des émulsifiants, ainsi que des savons, etc....

Les effluents de cette unité peuvent contenir des métaux, comme le **Zinc**...

Selon **Haid et al. (1996)**, l'ENBAG ne dispose pas de station de traitement.

Selon d'autres études, effectuées récemment et qui sont toutes avec l'hypothèse que la pollution de l'oued El Gourzi a atteint des seuils alarmants ! et l'origine de cette pollution sont ces unités industrielles implantées dans la zone d'activités de Kechida.

En outre, entre 2000 et 2002, nous avons effectué une étude où nous avons mis en évidence la présence d'une pollution générée par oued El Gourzi vers l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher. Durant cette période, la station d'épuration (STEP) n'était pas encore mise en service, ce qui fait que nos résultats des analyses des prélèvements de l'oued montrent bien la présence de polluants biodégradables et non biodégradables, avec des valeurs de DBO_5 , de l'ordre de 320 mg/l, et une DCO , égale à 410 mg/l, pour le point de prélèvement qui est situé entre la STEP et Fesdis (**figure n° 50**) (**Zouita, 2002**).

Aussi, dans le même point de prélèvement on a eu la présence de **Brome**, **Chrome** et **Manganèse**, avec des valeurs qui dépassent largement les normes contenues dans le journal officiel (**Décret exécutif n° 93-163**).

La **figure n° 50**, ci-dessous, montre clairement le degré de la pollution de l'oued El Gourzi, et ce, en l'absence d'une station d'épuration (STEP) au niveau de cette unité. Cependant, se sont

les stations de prétraitement des différentes unités industrielles qui ont contribué à cette pollution.

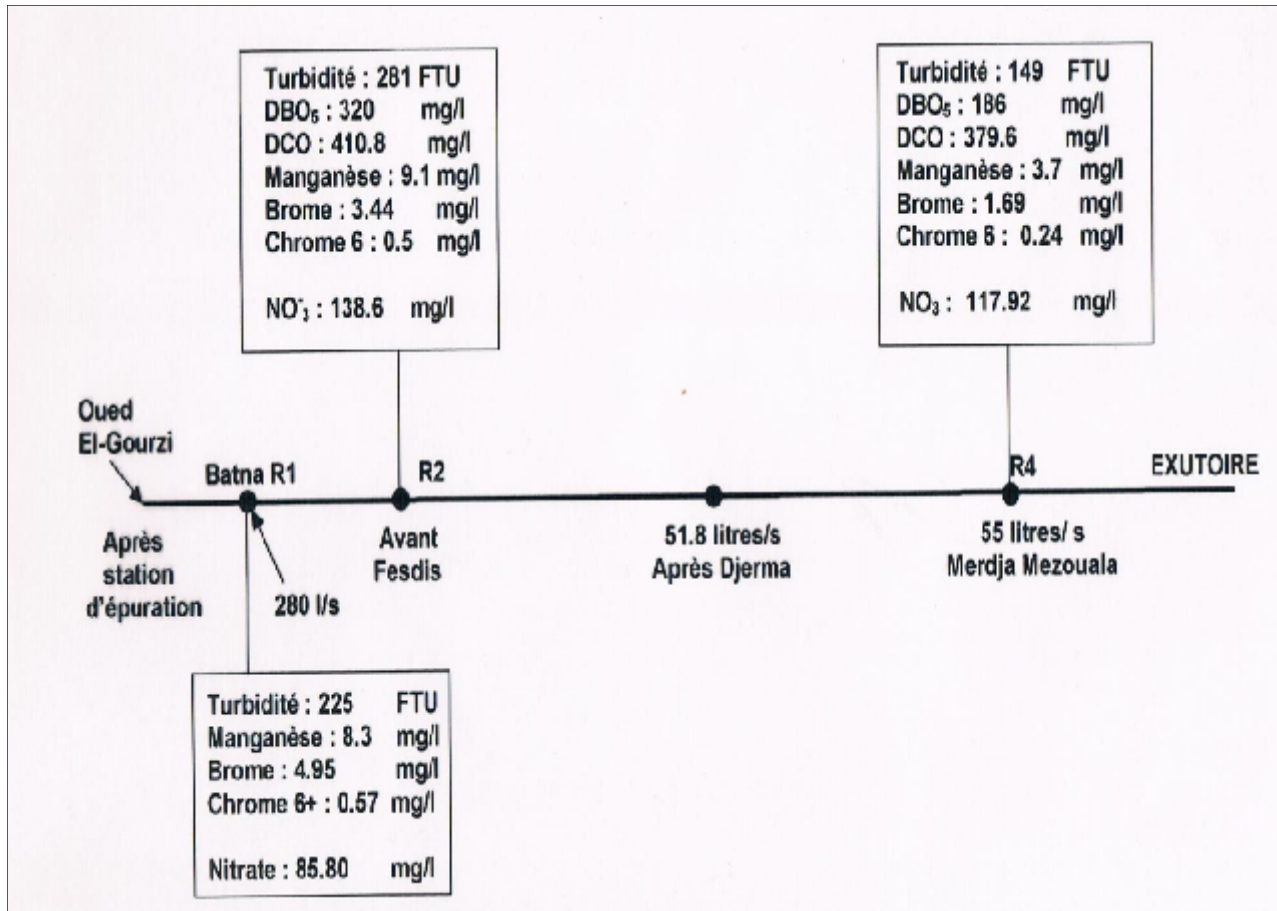


Figure n° 50 : Schéma récapitulant la pollution de l'oued El Gourzi (Zouita, 2002).

Les différentes études effectuées, montrent clairement la présence de cette pollution et qui est maintenue, et ce, malgré les diverses propositions de solutions à ce problème d'environnement qui récurrent !

L'étude effectuée par **Bendjammaa et al. (2015)**, est venue pour prouver l'évolution de cette pollution, et ce, même en présence d'une station d'épuration (STEP). L'importance de cette étude, a démontré, aussi, la source de cette pollution qui n'est autre que les unités industrielles de la zone d'activités de Kechida (**tableaux n° 20 et 21**).

Tableau n° 20 : Résultats des métaux lourds de quelques unités industrielles (Bendjammaa et al., 2015).

Paramètres	ENBAG	COTITEX	ORELAIT	Norme en (µg/l) (WHO, 2006)	Normes (mg/l) Direction Hydraulique Batna (JORA, 2009)
Pb (mg/l)	0.7	0.4	0.1	10	0.2
Cd (mg/l)	0.35	0.2	0.001	3	0.1
Cu (mg/l)	0.9	0.1	0.2	1000	0.5
Cr (mg/l)	0.4	0.6	0	50	0.1
Zn (mg/l)	0.9	0.5	0.09	3000	1.5

Tableau n° 21 : Résultats des analyses physico-chimiques de quelques unités industrielles (Bendjammaa F et al., 2015).

Paramètres	ENBAG	COTITEX	ORELAIT	Normes (mg/l) Direction Hydraulique Batna (JORA, 2009)
T °C	34	20	19	<35°C
pH	9.8	8.66	7.02	6.5 < pH < 9
Conductivité CE (µS/cm)	7590	6380	1642	1000(µS/cm)
MES (mg/l)	285	78	760	400 mg/l
DBO₅ (mg/l)	230	414	500	400 mg/l
DCO (mg/l)	1200	837	1320	1000 mg/l
NO₃ (mg/l)	15.8	1.06	31	90 mg/l
PO₄ (mg/l)	1	1.4	25.7	0.5 mg/l

Cette étude, effectuée par **Bendjammaa et al. (2015)**, montre clairement que non seulement il y a une pollution organique, qui engendre une prolifération des microorganismes (virus, bactéries, protozoaires, etc....), mais, aussi, une pollution par les métaux lourds qui est également détectée, constituant des éléments nocifs pour les êtres vivants.

Ces éléments nocifs, ont un pouvoir d'accumulation dans l'organisme, dont leur présence dans le sol peut être un vecteur à atteindre les nappes souterraines et contaminer l'eau de boissons, ou les aliments..., à l'exemple de :

- **Cadmium**, qui peut s'accumuler dans les reins et le foie. Il peut être la cause de troubles rénaux ou d'altération osseuse et même d'hypertension artérielle (**Rodier, 1996**).
- **Plomb**, susceptible de s'accumuler dans l'organisme, donc le danger n'est pas lié à la dose toxique mais aux quantités prises souvent. C'est leur accumulation dans le squelette qui est un danger fatal et peut causer l'anémie, en diminuant la durée de vie des globules rouges.

Chez les femmes enceintes, le **plomb** passe facilement par le placenta et peut intoxiquer le fœtus et provoquer un avortement de la maman (**Rodier, 1996**).

Selon des études effectuées par **Mennani (2004, 2006, 2007)**, les résultats obtenus viennent pour confirmer, une fois de plus, qu'il y a des teneurs en polluants industriels à des seuils dépassant nettement les normes nationales dans les rejets industriels et également dans les eaux de l'oued El Gourzi. Il s'agit notamment du **Plomb** et du **Zinc**.

Dans ces mêmes études, il y a un point important à signaler, c'est celui des eaux souterraines captées par forages profonds qui sont jusqu'à présent épargnées de la pollution ayant touché les eaux de surface, du fait de l'épaisseur de la couverture des sédiments et du rôle épurateur des sols.

Les eaux de la nappe phréatique présentent des teneurs élevées en polluants organiques et autres éléments, d'autant plus qu'elles sont proches du lit de l'oued El Gourzi, vecteur de la pollution (**Mennani, 2007**).

4- Points des prélèvements :

4-1- Point de prélèvement R1 :

Le prélèvement, **R1**, a été effectué en deux (2) points dans la zone industrielle de Kechida, près de l'usine de textiles (COTITEX), qui déverse ses eaux usées, chargées en divers produits chimiques, dans le cours de l'oued El Gourzi qui passe à proximité de la dite zone (**photos n° 10 et 11, et figure 51**).



Photos n° 10 et 11 : Points des prélèvements R1 dans la zone industrielle de Kechida près de l'usine de textiles (COTITEX).



Figure n° 51 : Prélèvements R1 dans la zone industrielle de Kechida près de l'usine de textiles (COTITEX) (Google Earth, 2018).

4-2- Point de prélèvement R2 :

Ce point de prélèvement, **R2**, a été choisi pour déterminer le taux (%) de la pollution de ce tronçon de l'oued qui véhicule les eaux résiduaires de la zone industrielle de Batna et qui n'est pas pris en charge par la STEP. Car, cette dernière ne possède pas la capacité d'épuration nécessaire pour recevoir toute l'eau de l'effluent charrié par oued El Gourzi, vu que sa conception a été faite pour une capacité de 135.000 équivalent/habitant, sans extension, et 400.000 équivalent/habitant, avec extension.

Les eaux polluées dans cette partie de l'oued El Gourzi se mélangent avec les eaux qui sortent de la station d'épuration (STEP), qui sont considérées comme des eaux traitées et épurées, et ce, après différentes étapes qui sont coûteuses et nécessitant beaucoup de temps pour avoir un résultat satisfaisant.

Car un effluent liquide peut être rejeté dans la nature, sans risque de polluer l'environnement, ou être utilisé pour d'autres fins, à l'exemple de l'agriculture..., si ce rejet respecte les normes contenues dans journal officielle algérien (JORA) et celles de la FAO et l'OMS.

Malheureusement, ces eaux traitées et épurées vont de nouveau être polluées, une fois mélangées avec les eaux usées de l'oued El Gourzi, où le mélange va atteindre la plaine d'El Madher, qui constitue le point, **R3**, où nous avons effectué un troisième prélèvement (**R3**), entre Fesdis et El Madher, et ce, pour voir ce qui deviendra le mélange qui va être utilisé par les agriculteurs de cette région d'une manière illicite et qui dure depuis des années.

Dans la plaine d'El Madher il y a une centaine de puits (125) et quelques forages implantés dans l'aquifère alluvionnaire de cette plaine. Ces forages constituent le champ captant externe qui alimente la ville de Batna et les localités avoisinantes (**photos n° 12 et 13**) (**Menani et al., 2004**).



Photos n° 12 et 13 : Prélèvement R2 en face de l'OAIC et à proximité de la STEP de Batna [cliché, Zouita, le 26 Mars 2017].

4-3- Point de prélèvement R3 :

Le troisième prélèvement, **R3**, a été effectué sous le pont de Fesdis, sur la route qui mène à la Daira d'El Madher. Dans les environs du prélèvement, nous avons pu voir l'installation d'une pompe qui refoule l'eau pollué de l'oued El Gourzi vers des terres agricoles, à proximité de l'oued, de façon illicite (**photos n° 14 et 15, et figure n° 52**).



Photos n° 14 et 15 : Prélèvement R3 entre Fesdis et El Madher [cliché, Zouita, le 26 mars 2017].

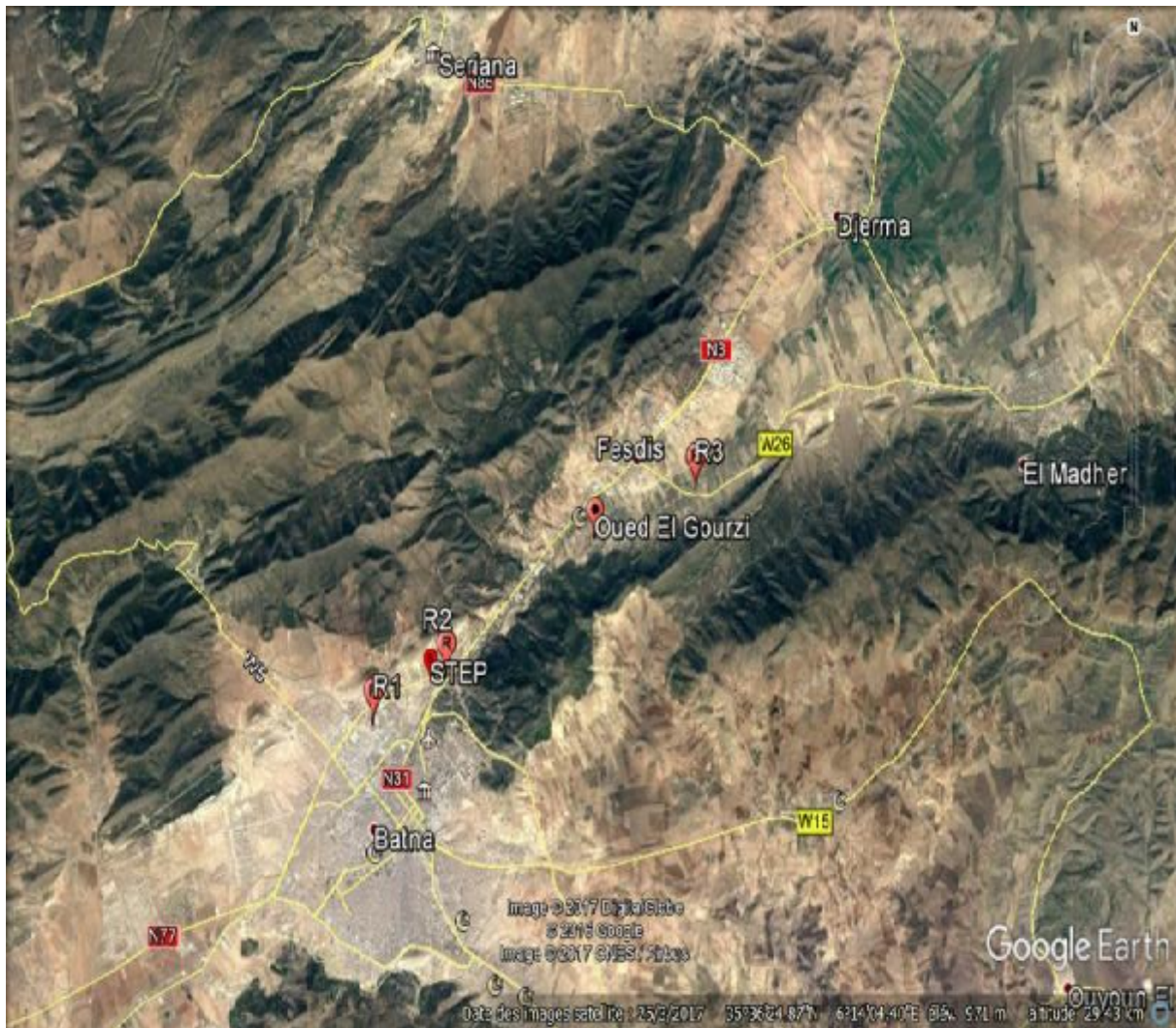


Figure n° 52 : Points des prélèvements R1, R2 et R3 par rapport à la ville de Batna et la plaine d'El Madher (Google Earth, 2017).

4-4- Merdja Mezouala :

On a pu constater à la sortie de cette Merdja que les agriculteurs de cette région ont dévié l'écoulement naturel de l'oued el Gourzi, en l'empêchant de rejoindre son exutoire de manière illicite, et ce, pour des besoins d'irrigation ! Sachant qu'on a fait ce constat dans le cadre de notre précédente étude, effectué en 2001 par un prélèvement à Merdja Mezouala concernée (Zouita, 2001).

A cet effet, on a essayé de procéder à un quatrième prélèvement dans l'exutoire du bassin versant de l'oued El Madher, qui est l'effluent naturel de l'oued El Gourzi, à la Merdja Mezouala où la nappe est d'habitude en résurgence dans cette endroit, sauf que l'endroit concerné se trouvait à sec en cette période, et ce, dans le but de voir l'évolution de la pollution dans le temps, tout en sachant qu'en 2001-2002 la STEP de Batna n'était pas encore entrée en service (photo n° 16).



Photo n° 16 : Merdja Mezouala, l'exutoire du bassin versant de la plaine d'El Madhar où la nappe est en résurgence (cliché, Zouita, 2002).

L'hypothèse du manque d'eau dans cette zone est due probablement à la sécheresse, donc au grand déficit en précipitation... Aussi, la déviation de l'écoulement de l'oued El Gourzi a été constatée durant cette sortie d'étude, qui peut être la cause sur la recharge de la nappe souterraine ! (photos n° 17 – 18 – 19 et 20).



Photos n° 17 et 18 : Dessèchement de l'oued El Madher (oued El Gourzi) près de la Merdja Mezouala (cliché, Zouita, 26 Mars 2017).



Photos n° 19 et 20 : Eau de l'oued El Gourzi après Merdja Mezouala et son écoulement (cliché, Zouita, 11 Juin 2018).

La succession de ces photos dans le temps démontre clairement que l'exutoire de l'oued El Gourzi a connu un abaissement du débit et de son écoulement, pour les raisons que nous avons cité auparavant.

Mais, après les dernières précipitations des mois d'Avril et Mai, l'oued à cet endroit a repris son écoulement.

5- Visualisation des prélèvements :

A l'observation des trois (3) prélèvements, **R1**, **R2** et **R3**, on remarque que tout au long de l'oued El Gourzi la couleur de l'eau montre clairement que le prélèvement **R1** de la zone industrielle est plus foncée que les deux prélèvements **R2** (en face de l'OAIC et à proximité de la STEP) et **R3** (sous le pont de Fesdis) (**photo n° 21**).



Photo n° 21 : Echantillons des eaux des prélèvements R1, R2 et R3.

PARTIE II

Chapitre VII

RESULTATS ET DISCUSSIONS

PARTIE II

Chapitre VII

RESULTATS ET DISCUSSIONS

OUED MEKERRA

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I- Oued Mekerra :

I-1- Résultats des analyses physico-chimiques (P1-P2-P3-P4) (11 Mars 2013) :

Il s'agit des résultats des prélèvements **P1**, **P2**, **P3** et **P4**, en plus des eaux brutes de l'assainissement entrant à la station d'épuration (STEP) de la ville de Sidi Bel Abbès, qui ont été véhiculées par l'oued avant d'entrer dans le collecteur principal du réseau d'assainissement qui est raccordé à la STEP (**tableau n° 22**).

Tableau n° 22 : Résultats des analyses physico-chimiques (P1-P2-P3-P4) (11 Mars 2013).

Paramètres Physico-chimiques	Eau épurée sortante P1	Eau oued sans épuration P2	Oued Faubourg Thiers P3	Oued centre-ville P4	Normes JORA 2012	Eau brute de l'assainissement entrante
Température (°C)	15,9	16,0	14,2	15,7	30	
pH	8,35	8,42	8,85	8,76	6,5-8,5	
DBO ₅ (mg/l)	17	51	53	42	30	290
DCO (mg/l)	35,43	145,74	110,13	83,01	90	736,52
Nitrates (mg/l)	0,44	1,00	0,99	0,91	ND	0,007
Nitrites (mg/l)	0,04	0,18	0,11	0,09	ND	0,01
Phosphate (mg/l)	1,76	1,37	2,87	1,52	2mg/l	2,10
Azote Ammoniacal (mg/l)	4,99	4,24	2,45	0,013		8,95
MES (mg/l)	09	17	48	12	30	616

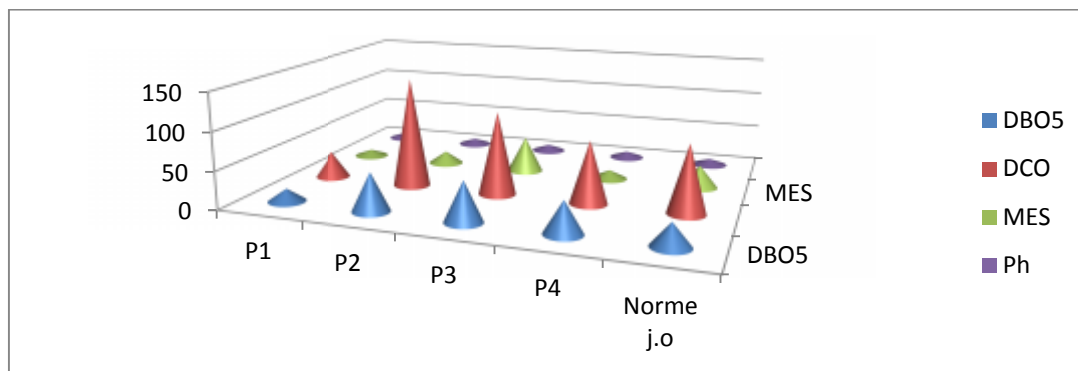
A l'analyse des résultats obtenus à la station d'épuration de Sidi Bel Abbès (sous la direction de l'ONA, Sidi Bel Abbès), montrent clairement que l'effluent entrant des eaux usées est chargé en matière organique avec une DBO₅, de 290mg/l, et une DCO de 736,52mg/l, qui dépassent largement les normes admises par la réglementation algérienne (**tableau n° 20 et graphe n° 1**).

Par contre, à la sortie de la STEP, on a enregistré une diminution importante de ces deux (2) paramètres qui confirment l'efficacité du traitement et de l'épuration.

Aussi, selon **Bensalem (2008)**, les analyses effectuées sur un prélèvement à la sortie de la station d'épuration (STEP) ont donné des valeurs très élevées concernant la **DBO₅**, avec 52 mg/l en 2008, et 17mg/l en 2013 ; et la **DCO**, avec 420 mg/l en 2008, et 35,43 mg/l en 2013.

Cette comparaison est donnée à titre indicatif, et ce, pour montrer que l'efficacité de l'épuration était plus importante en 2013 qu'en 2008, concernant la matière organique.

La même remarque est faite sur la matière en suspension (**MES**) qui était de 59 mg/l, en 2008, et qui est descendue à 9 mg/l, en 2013 (**Bensalem, 2008**).



Graphique n° 1: Evolution des paramètres détecteurs de pollution dans l'oued Mekerra (11 Mars 2013).

Le prélèvement **P2**, a été effectué sur les eaux de l'oued qui n'ont pas subi d'épuration, qui pose un problème de pollution, puisque ces eaux sont mélangées avec les eaux épurées. Les analyses effectuées sur ce prélèvement, révèlent des résultats qui dépassent les normes algériennes avec une **DBO5**, de l'ordre de 51 mg/l, et une **DCO**, de 145,74 mg/l, alors que les normes sont respectivement de 30 mg/l et 90 mg/l (**graphe n° 1**).

Selon la formule, ci-contre, (**Rodier, 1997**), le taux (%) de la matière organique (**M.O**) calculé est :

$$MO = (2DBO5 + DCO)/3$$

Donc, le taux (%) de la matière organique (**M.O**) pour le prélèvement **P2** est de l'ordre de 82,58.

D'une façon générale, une teneur élevée en matière organique devra toujours faire suspecter une contamination microbienne (**Rodier, 1997**).

Le **pH** dépasse légèrement les normes, pour **P3** et **P4** qui sont de 8,85 et 8,76, alors que les normes sont de 8,5.

Les **MES**, ou matières en suspension, dépassent les normes pour le prélèvement **P3**. Et selon (**Rodier, 1997**), des teneurs élevées en **MES** peuvent empêcher la pénétration de la lumière et diminuer l'oxygène dissout.

I-2- Résultats des analyses physico-chimiques (22 Mai 2013) :

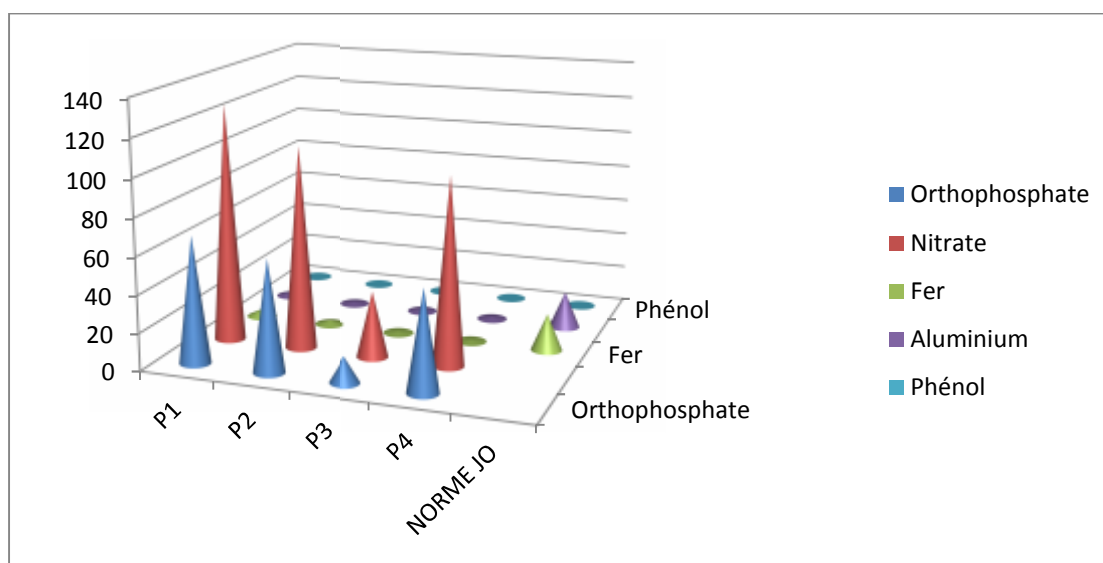
Les prélèvements ont été effectués dans les mêmes points durant le mois de Mai 2013, pour d'autres paramètres, sachant qu'on a rencontré quelques problèmes concernant la disponibilité d'un laboratoire pour effectuer des analyses physico-chimiques.

Les analyses ont été réalisées le 22 Mai 2013 pour l'**Azote Ammoniacal**, l'**Orthophosphate**, les **Nitrates**, le **Fer**, l'**Aluminium** et les **Phénols** (**tableau n° 23**).

Tableau n° 23 : Résultats des analyses physico-chimiques (22 Mai 2013).

Eléments	Eau épurée sortante P1	Eau sans épuration P2	Oued Faubourg Thiers P3	Oued centre ville P4	Normes JORA 2012	Normes JORA Avril 2006
Ammonium (NH_4^+) (mg/l)	23.168	21.04	0.512	3.492	/	/
Orthophosphate (mg/l)	68	60	14.26	54.18		/
Nitrates (NO_3) (mg/l)	128	108.7	35.72	100.625	30	/
Fer (Fe) (mg/l)	4.21	2.18	1.03	1	20	/
Aluminium (Al) (mg/l)	2.2310	1.2254	1.4530	1.2	20	3
Phénols ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_4$) mg/l	0.104	0.028	0.015	0.008	0.002	/

A la lecture des valeurs du **tableau n° 21**, ci-dessus, et le **graphe n° 2**, ci-dessous, on note que pour les Phénols il y a un dépassement des normes qui sont de l'ordre de 0,002 mg/l, la présence des phénols dans l'eau est d'origine industrielle ou bien par la dégradation des produits phytosanitaires (Rodier, 1997).



Graphe n° 2 : Evolution de quelques éléments chimiques dans l'Oued Mekerra (22 Mai 2013).

I-3- Résultats des analyses physico-chimiques (02 Avril 2014) :

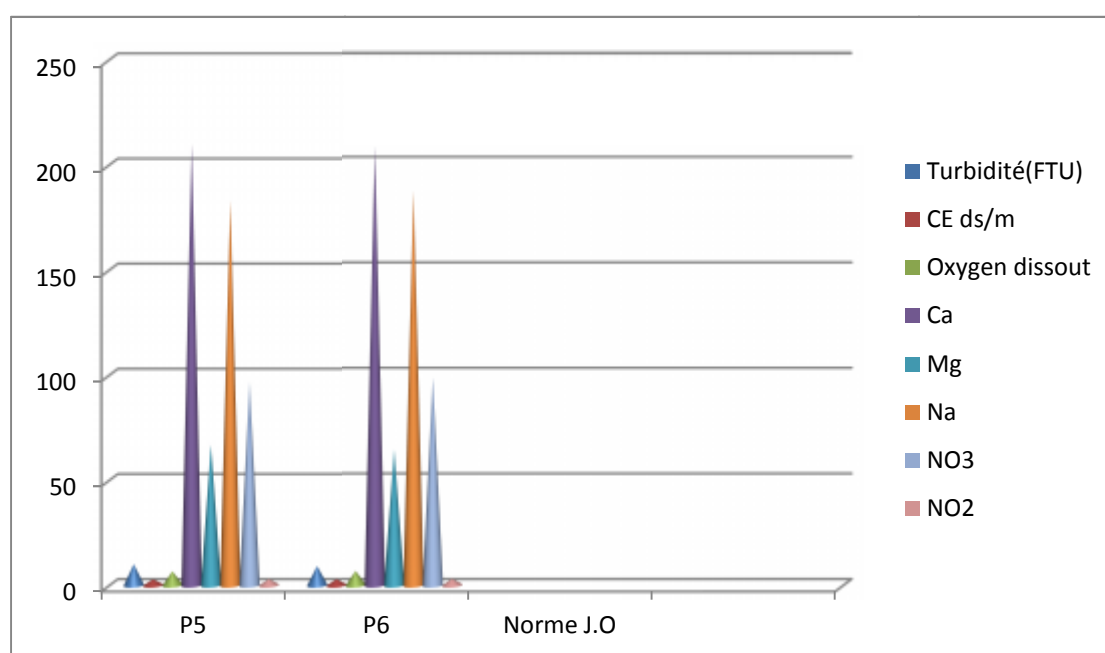
Les données consignées dans le **tableau n° 24** et le **graphe n° 3**, ci-dessous, se rapportent aux prélèvements et analyses effectués durant le 02 Avril 2014, et ce, pour les mêmes éléments et paramètres analysés antérieurement et donnés précédemment.

Tableau n° 24 : Résultats des analyses physico-chimiques (02 Avril 2014).

Eléments	Sortie Est ville Sidi Bel Abbès P5	Prés de Sidi Brahim P6	Normes JORA 2012
Température (°C)	17,7	17,6	
pH	7,28	7,35	6.25-8.5
Turbidité (NTU)	10,1	9,20	
C.E (µS /cm) à 25°C	2860.11	2935.71	*minéralisation élevée
Oxygène dissout (mg/l)	6,7	6,84	
Ca (mg/l)	210	208	SAR pour P5=2,81
Mg (mg/l)	66,82	64,4	
Na (mg/l)	183,1	187	SAR pour P6=2,9
NO ₃ (mg/l)	96,7	98,5	
NO ₂ (mg/l)	3	3,1	
Fe (mg/l)	0,35	0,29	20mg/l
Cu (mg/l)	0,21	0,17	5mg/l
Cd (µg/l)	<0,1	<0,1	0.05mg/l
Ni (µg/l)	<2	<2	2mg/l
Cr (µg/l)	<1	<1	1mg/l

Remarque : les résultats donnés en rouge dépassent les normes publiées dans le **Journal Officiel de la République Algérienne de 2012**, concernant les valeurs limites des paramètres physico-chimiques des eaux usées épurées et utilisées à des fins d'irrigation.

*La conductivité électrique, à 25°C, montre une minéralisation élevée.



Graphe n° 3 : Evolution de quelques éléments chimiques dans l'oued Mekerra (22 Mai 2014).

Le **SAR**, calculé, et la conductivité électrique permettent de classer la qualité des eaux d'irrigation selon le diagramme de classification des eaux d'irrigations (**Clément et al., 1979, in Zouita, 1999**).

Le **SAR**, calculé pour les deux prélèvements, **P5** et **P6**, est :

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

Le **SAR** pour **P5** = **2,81** et pour **P6** = **2,9 ds/m**, pour des conductivités électriques de l'ordre de **2,86 ds/m**, pour le prélèvement **P5**, et **2,93 ds/m**, pour le **P6**.

L'eau de l'oued Mekerra appartient à la classe **C4 S1**, qui est de **qualité médiocre** : en générale, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés (**Ayers, 1976, in Zella, 1991**).

Les résultats des analyses physico-chimiques, concernant les prélèvements **P5** et **P6**, effectués le 02/4/2014 (**tableau n° 22**), montrent clairement que les eaux véhiculées par l'oued Mekerra contiennent des traces des **métaux lourds** tels que le **Chrome**, le **Cadmium** et le **Nickel**, avec des valeurs conformes aux normes, publiées dans le **Journal Officiel de la République Algérienne (2012)**, pour les eaux usées épurées et destinées à l'irrigation.

Quant aux valeurs des **Nitrates**, elles dépassent largement les normes de la législation Algérienne dans la région de Sidi Brahim, elles peuvent être dues certainement aux activités agricoles de la région où le taux de ces **Nitrates** est important et qui peuvent s'infiltrer facilement dans le sol et vers les nappes souterraines.

I-4- Résultats des analyses microbiologiques (2/4/2014) :

Ces résultats sont représentés dans le **tableau n° 25**, ci-contre, et concernent les deux prélèvements, effectués durant le 02 Avril 2014, l'un, à la sortie Est de la ville de Sidi Bel Abbés, et l'autre, tout près de la localité de Sidi Brahim (située à une dizaine de km, à l'Est de la ville de Sidi Bel Abbés).

Tableau n° 25: Résultats des analyses microbiologiques (02 Avril 2014).

Agents pathogènes recherchés	Prélèvement P5 à la sortie ville Sidi Bel Abbés	Prélèvement P6 Près de Sidi Brahim	Normes JORA 2012 Irrigation avec eaux usées épurées
Coliformes totaux /100 ml	>1100	1100	Coliformes fécaux (CFU/100ml) <100 pour les produits pouvant être consommés crus. <250 , légumes qui ne sont consommés que cuits ou ceux destinés à la conservation ou transformation. <1000 , pour l'arbre fruitier, culture céréalière, industrielles. Arbres forestiers et plantes florales
E. Coli/ 100ml	240	240	
Streptocoques fécaux /100ml	240	210	
Germes totaux /100ml à 22°C	1500	1300	
Germes totaux /100ml à 35°C	90	85	

Les analyses microbiologiques, effectuées pour la recherche de quelques agents pathogènes présents dans les eaux de l'oued Mekerra, attestent qu'il y a contamination microbienne par les *coliformes totaux*, les *Streptocoques fécaux* et *Escherichia coli* (**tableau n° 25**). La réglementation algérienne (**JORA**) ne donne que les normes des coliformes fécaux/100 ml, qui doivent être <100, pour les cultures de produits pouvant être consommés crus, cette valeur augmente à un seuil <250, pour les légumes qui ne sont consommés que cuits. Pour les arbres fruitiers, le seuil recommandé est <1000, sachant que ces normes sont appliquées pour les eaux usées épurées et destinées à l'irrigation. On signale également qu'il est strictement interdit d'utiliser les eaux usées en irrigation (**Loi n° 05-12 et Arrêtés interministériels du 2 janvier 2012**).

En comparant les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de la présente étude (2013/2014) avec celles effectuées par **Bensalam (2008)** (**tableau n° 26**), on constate qu'il y a une nette amélioration, qui peut être interpréter comme une meilleure efficacité de l'épuration, mais la pollution microbiologique existe toujours.

A cet effet, il faudra plus d'efforts, pour permettre d'améliorer la qualité des eaux usées de l'oued Mekerra, et ce, en raccordant, par exemple, la partie de l'oued qui n'est pas prise en charge par la station d'épuration (STEP).

Tableau n° 26 : Moyenne des résultats des analyses microbiologiques des eaux usées de l'oued Mekerra (Bensalem, 2008).

Germes pathogènes	St1	St2	St3	St4
Coliformes totaux/100ml	332.10 ⁵	232.10 ⁴	340.10 ⁵	180.10 ⁵
Coliformes fécaux/100ml	320.10 ⁵	121.10 ⁴	333.10 ⁵	145.10 ⁴
Streptocoques totaux/100ml	201.10 ⁵	101.10 ⁴	260.10 ⁵	232.10 ⁵
Streptocoque fécaux /100ml	201.10 ⁴	100.10 ⁴	220.10 ⁴	75.10 ³
Chlostridium/ml	30	19	22	11
Escherichia coli/100ml	32.10 ⁵	34.10 ²	22.10 ⁵	51.10 ²

Les eaux usées épurées, qui sont mélangées avec les eaux usées polluées de l'oued Mekerra, sont riches en matières organiques qui sont favorables à la survie et au développement des microorganismes.

Ces eaux sont utilisées, par la suite, dans l'irrigation des cultures, ce qui entrainera l'apparition des maladies à transmission hydrique (**MTH**) qui sont très fréquentes, et ce, en présence de ces micro-organismes, tel que le Choléra, la Typhoïde, la Polio, la Méningite, l'Hépatite A et E et la Diarrhée.

En outre, chaque jour 6000 personnes meurent à travers le monde à cause des maladies diarrhéiques.

A titre indicatif, en 2001, on a dénombré près de 2 millions de morts, dont plus de la moitié sont des enfants (**OMS, 2010**).

I-5- Interprétation des résultats des analyses :

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2012), en irrigant avec des eaux usées, les dangers ayant la plus forte probabilité de provoquer des pathologies sont les agents pathogènes liés aux excréta (y compris les *Helminthes intestinaux* et les *Schistosomes*), les irritants cutanés et les agents pathogènes à transmission vectorielle.

Certains microorganismes peuvent survivre dans le sol et les plantes pendant quelques semaines, ce qui favorise la contamination des nappes souterraines, surtout sur les zones perméables. Par exemple, les coliformes peuvent survivre entre 20 et 70 jours, dans le sol, entre 15 et 30 jours, sur la culture. Pour les œufs d'*Ascaris*, ils peuvent vivre des années sur les sols et dans les eaux usées et douces et ils peuvent résister entre 30 et 60 jours sur les cultures (OMS, 2012).

Dans l'étude effectuée par Bensalem (2008), les résultats montrent clairement la présence des microorganismes, tels que les *Coliformes totaux* et *fécaux*, les *Streptocoques totaux* et *fécaux*, les *Chlostridium*, ainsi que *Escherichia coli*, avec des valeurs qui dépassent largement les normes de la législation algérienne et les directive de l'OMS (tableau n° 26, ci-dessus).

Et à titre de comparaison entre les analyses microbiologiques faites par Bensalem (2008) et celles effectuées en 2014 dans le présent travail, pour certains germes, une différence est constatée et qui montre que la pollution microbiologique est moins importante pour certains germes pathogènes.

Pour les **Coliformes totaux /100ml**, en 2014, elle est >1100 , pour le prélèvement **P5**, et de l'ordre de 1100, pour le **P6**, alors qu'en 2008, pour le **St3**, ils sont de l'ordre de 340.10^5 coliformes totaux /100ml.

Pour les **Streptocoque fécaux /100ml**, en 2014, ils sont de l'ordre de 240, pour le prélèvement **P5**, et 210, pour le prélèvement **P6**, alors qu'en 2008, pour le **St3**, ce germe est présent avec un taux de 220.10^4 Streptocoques fécaux /100ml.

Pour **E. Coli/100ml**, en 2014, on a obtenu la valeur de 240, qui est constante pour les deux prélèvements **P5** et **P6**, alors qu'en 2008, ce même germe pathogène avait présenté une valeur de 22.10^5 pour le **St3**.

On a choisi les valeurs de la station **St3**, qui se trouve à 500 m du point de rejet des eaux épurées, qui concerne la partie de l'oued Mekerra où se mélangent les eaux sortantes de la station d'épuration (STEP) et celles qui n'ont subi ni traitement ni épuration. Il s'agit aussi de la même station où a été effectué le prélèvement **P5**.

Conclusion :

L'utilisation des eaux polluées de l'oued Mekerra dans l'irrigation dure depuis des années, et ce, malgré que la loi algérienne interdit cet acte, mais les agriculteurs continuent à mettre en danger leur santé et celle des consommateurs, par leurs produits agricoles.

Cependant, chaque année, les services sanitaires signalent plusieurs cas de maladies à transmission hydrique (**MTH**), qui procèdent aussi à la sensibilisation de l'ensemble de la population aux risques encourus, suite à l'irrigation de certaines cultures par les eaux polluées de l'oued, mis en cause, qui ont un impact sanitaire et environnemental direct et grave. A ce titre, si une nappe souterraine est contaminée il sera très difficile de la dépolluer.

Il faudra donc chercher des solutions radicales à ce problème, et ce, pour dépolluer l'oued Mekerra.

A cet effet, il est urgent de mener une étude pour établir un réseau d'irrigation par les eaux traitées et épurées, sortantes de la station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés, au profit de quelques zones agricoles, telle que Sidi Hamadouche, Sidi Brahim, Ain El Berd, etc.

Propositions de solutions :

L'oued Mekerra, dans la plaine de Sidi Bel Abbés, recharge l'aquifère alluvionnaire de la dite plaine. Donc un risque de contamination des eaux souterraines est à craindre. Pour éviter toute contamination, il faut prendre certaines précautions en proposant quelques solutions :

Il faudra résoudre ce problème en urgence, en se basant sur des solutions réalisables, efficaces et durables, à l'exemple de :

- Brancher la partie de l'oued Mekerra non prise en considération par la station d'épuration,
- Envisager la construction d'une station de prétraitement à la sortie de la zone industrielle et sensibiliser chaque pollueur de gérer ces déchets d'une façon définitive selon les lois du journal officiel algérien,
- Dépollution de l'oued Mekerra et couvrir la partie de l'oued qui passe par la ville. C'est une solution qui a été efficace dans certaines wilayas en Algérie, à l'exemple du cas de la ville de Batna...
- Envisager, à long terme, d'élaborer un réseau d'irrigation pour la plaine de Sidi Bel Abbés, en utilisant les eaux usées épurées et traitées, et ce, après avoir connectée la partie de l'oued non épurée à la station d'épuration de Sidi bel Abbés (STEP)...

Le débit traité et épuré sera destiné à l'irrigation de la zone agricole de la plaine de Sidi Bel Abbés, sachant que l'agriculture dans cette wilaya, ainsi que l'élevage sont des solutions socio-économiques. Car, les besoins en eau sont très importants dans ces secteurs.

La réutilisation des eaux usées, traitées et épurées, est une solution convenable pour économiser l'eau potable des ressources hydriques. Sachant que la réutilisation de ces eaux usées, traitées et épurées, est recommandée en agriculture, vu que ces eaux sont riches en nutriments. Donc, minimiser l'utilisation des engrais. Mais le choix de la technique d'irrigation et des spéculations, elles se font après des études préalables.

Les agriculteurs de Sidi Bel Abbés sont obligés d'irriguer leurs cultures. Cependant, il est temps de substituer l'irrigation avec des eaux usées par des eaux traitées et épurées, sortant de la station d'épuration de la wilaya, qui sont rejetés dans l'oued Mekerra.

Cet acte pourra préserver les ressources hydriques, protéger l'environnement et l'être humain des effets secondaires de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation.

PARTIE II

Chapitre VII

RESULTATS ET DISCUSSIONS

OUED EL GOURZI

RESULTATS ET DISCUSSIONS

II- Oued El Gourzi :

Dans la partie expérimentale de la zone de Batna, concernant oued El Gourzi, notre étude a commencé en 2013, pour une première visite à la station d'épuration (STEP) de Batna où on a pu avoir les résultats des analyses physico-chimiques de l'oued El Gourzi pour le mois d'Août 2013, qui est une période sèche, et ce, avant l'épuration des eaux usées et après leur sortie de la station d'épuration (**voir, annexes : Fiche journalière, pour le mois d'Août 2013**).

Sachant que pendant la période sèche, oued El Gourzi véhicule seulement les eaux usées urbaines et industrielles de la ville de Batna et les localités d'où passe ce cours d'eau.

II-1- Résultats des analyses physico-chimiques du mois d'Août 2013 :

Suite aux résultats obtenus de ces analyses physico-chimiques et tels que consignés dans le **tableau n° 27**, ci-dessous, concernant l'eau polluée de l'oued El Gourzi, avant traitements, et celle épurée, sortante de la STEP, après traitements, les valeurs reflètent très nettement l'efficacité des traitements que subissent les eaux polluées au niveau de la dite STEP.

Tableau n° 27 : Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour le mois d'Août 2013.

Paramètres Dates Août 2013	Eau polluée oued El Gourzi				Eau épurée sortante de la STEP			
	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)
03/08/2013	225	1026	304	2126	37	117	16	2119
04/08/2013	302	692		2042	27	78		2050
05/08/2013	267	958	188	2054	31	123	29.8	2067
06/08/2013	296	872		2036	39	92		2052
07/08/2013				2064				2047
10/08/2013	283	800			23	96		2041
11/08/2013	271	1008		2032	21	81		
12/08/2013	241		301	2039	30		49	
13/08/2013	271	772		2100	33	81		2116
14/08/2013	277	786		2101	32	100		2115
15/08/2013	////	////	////	////	////	////	////	////
17/08/2013	278	734	324	2077	25	87	41.8	2096
18/08/2013	284	996		2050	23	98		2066
19/08/2013	316	702	316	2059	17	96	26.2	2068
20/08/2013	320	850		2054	24	86		2069
21/08/2013	350	822		2032	32	100		2017
22/08/2013	////	////	////	////	////	////	////	////
24/08/2013	344	922	286	2055	16	80	4	2040
25/08/2013	306	930		2144	19	96		2129
26/08/2013	370	966		2087	40	120		2067

Nous avons également obtenu les résultats des analyses de quelques métaux lourds, prélevés des échantillons des boues de la station d'épuration, pour le 26 juin 2012 et le 08 juillet 2012 (voir, annexes).

Durant cette période, on a constaté l'efficacité de la station d'épuration (STEP) de Batna dans la diminution de la teneur de la matière organique (M.O), biodégradable et non biodégradable, avec des taux de DBO_5 et DCO , qui sont nettement très élevés et largement supérieurs aux normes du journal officiel Algérien (JORA), publié le 23 Avril 2006.

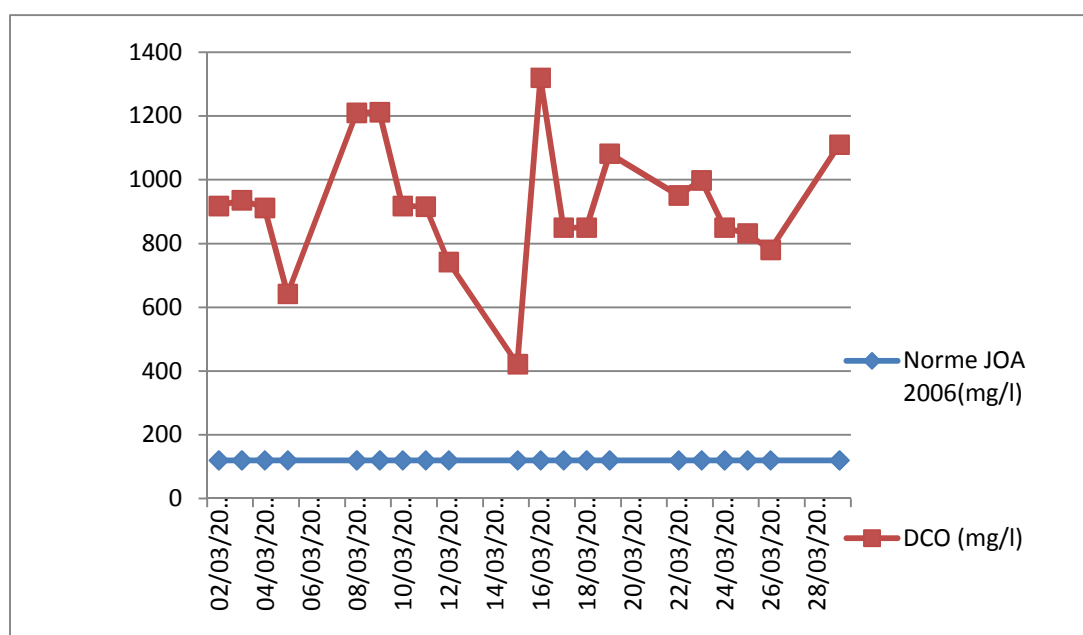
La plus grande valeur de DCO , enregistrée au mois d'Août 2013 est de l'ordre de 1026 mg/l, pour les eaux usées de l'oued El Gourzi. Mais après traitement et épuration, la DCO a connu une nette diminution, de l'ordre de 117 mg/l, sachant que la norme pour ce paramètre indicateur de pollution est égale à 120 mg/l.

Pour la matière organique (M.O) biodégradable, la plus grande valeur est enregistrée le 17 Août 2013, avec une DBO_5 de 324 mg/l, qui est un taux (%) très élevé par rapport aux normes qui sont de l'ordre de 35 mg/l. Après traitement et épuration, la DBO_5 est égale à 41.8mg/l, c'est une valeur qui reste légèrement supérieure aux normes du journal officiel Algérien (JORA).

Pour la matière en suspension (MES), la plus grande valeur est enregistrée le 21 Août 2013, pour une valeur de l'ordre de 350 mg/l, qui est très élevée par rapport à la norme qui est égale à 35 mg/l.

Donc, pour ces trois (3) paramètres, détecteurs de pollution, on peut dire que les eaux de l'oued El Gourzi sont trop chargées en polluants organiques biodégradables et non biodégradables, ce qui favorise une prolifération des agents pathogènes au niveau de ce cours d'eau (graphe n° 4).

La présence des matières en suspension (MES), minimise le phénomène de l'autoépuration des eaux de l'oued El Gourzi.



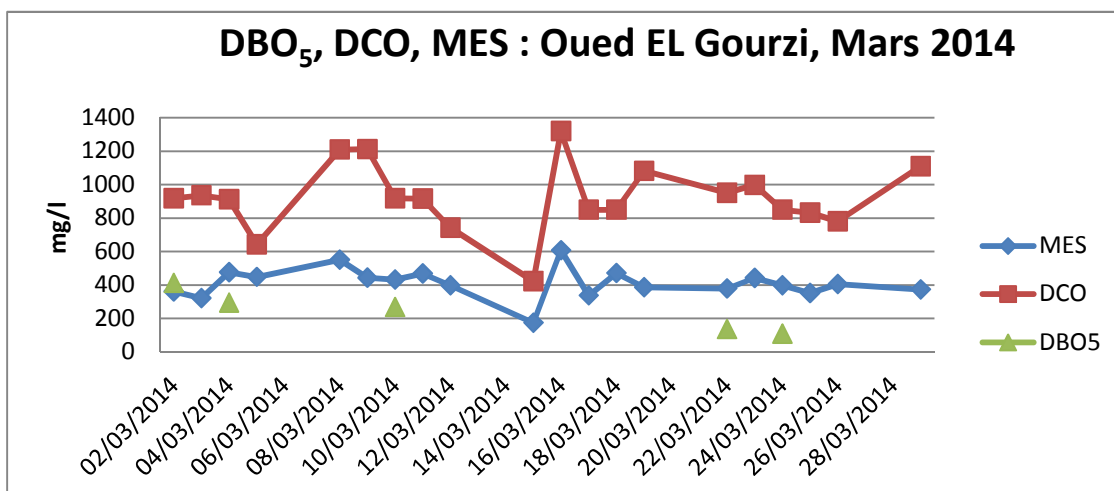
Graphe n° 4 : Paramètres détecteurs de pollution à la sortie de la STEP (Août 2013).

II-2- Résultats des analyses physico-chimiques pour le mois de Mars 2014 :

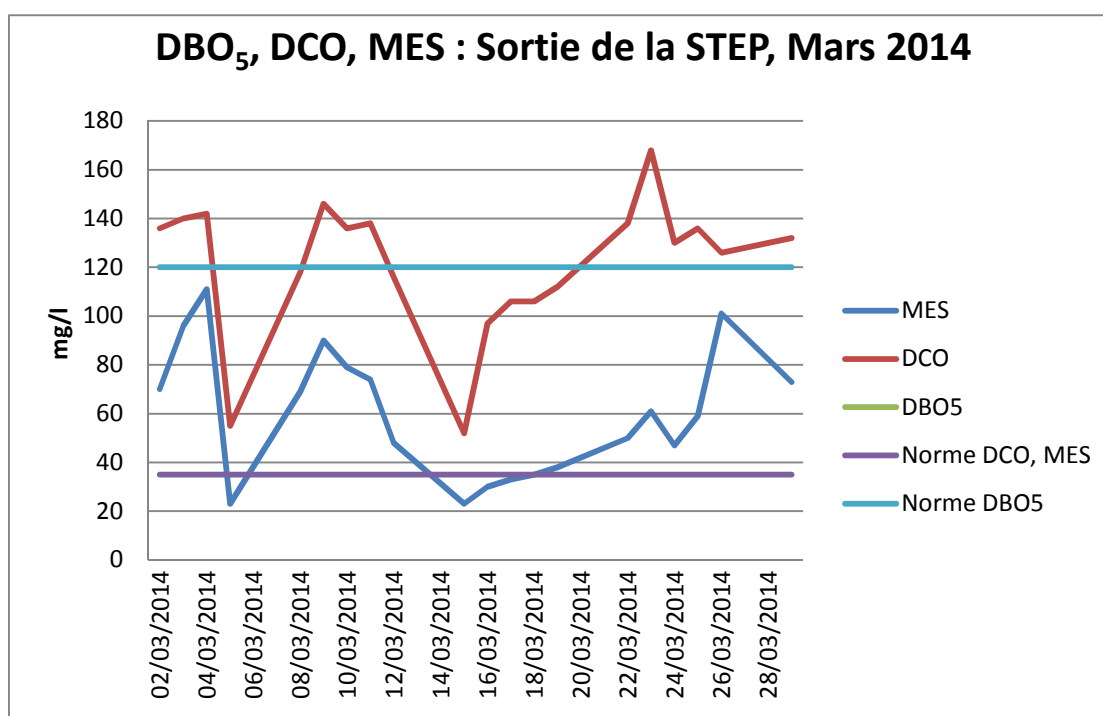
Les analyses physico-chimiques, effectuées au mois de Mars 2014 sur les eaux polluées de l'oued El Gourzi, avant traitements, et celles épurées, sortante de la STEP, après traitements, elles nous ont permis d'obtenir des résultats intéressants et corrélables. Ces résultats montrent très nettement les taux de pollution, avant traitements, et ceux, affichés, après traitements au niveau de la station d'épuration (STEP), qui prouvent que cette dernière fonctionne normalement (**tableau n° 28 et graphes n° 5 et 6**).

Tableau n° 28 : Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période humide (mois de Mars 2014).

Paramètres Dates Mars 2014	Eau polluée oued El Gourzi				Eau épurée sortante de la STEP			
	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)
02/03/2014	361	918	412	2238	70	136	44	2244
03/03/2014	321	936		2228	96	140		2201
04/03/2014	476	912	294	2252	111	142	68.2	2234
05/03/2014	448	642		2314	23	55		2332
08/03/2014	551	1210		2345	69	118		2390
09/03/2014	443	1212		2266	90	146		2253
10/03/2014	432	918	268	2273	79	136	32.8	2291
11/03/2014	468	916		2326	74	138		2317
12/03/2014	397	742		2145	48	116		2157
15/03/2014	174	422		2254	23	52		2247
16/03/2014	607	1320		2193	30	97		2186
17/03/2014	337	850		2350	33	106		2350
18/03/2014	471	850		2364	35	106		2380
19/03/2014	386	1082			38	112		
22/03/2014	379	951	136		50	138	23	
23/03/2014	442	998			61	168		
24/03/2014	398	850	108		47	130	14.6	
25/03/2014	351	832			59	136		
26/03/2014	405	780		2118	101	126		2136
29/03/2014	373	1110		132				



Graphique n° 5 : Evolution de la pollution au niveau de l'oued El Gourzi (Mars 2014).



Graphique n° 6 : Eaux épurées sortantes de la STEP de Batna (Mars 2014).

Toutes les valeurs, notées et marquées à la couleur rouge, concernent les eaux usées, traitées et épurées, mais qui ne sont pas conformes aux normes fixées en Algérie par le journal officiel (**JORA**), ce qui peut nuire à l'écosystème. Sachant que ces eaux rejoindront les eaux usées de l'oued El Gourzi qui n'ont pas été prises en charge par la station d'épuration (STEP) de Batna.

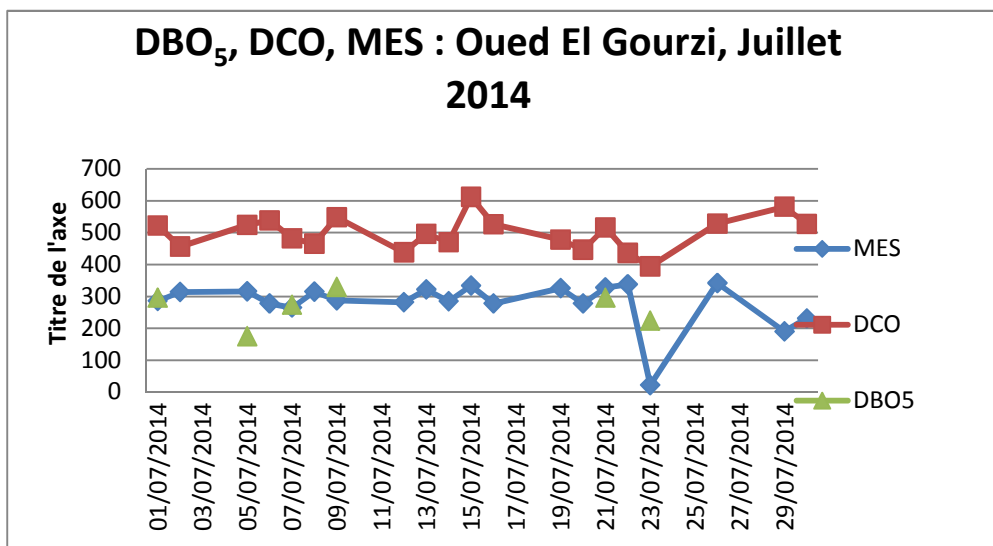
En plus, ces eaux vont être utilisées illicitement pour l'irrigation des terres agricoles de la plaine d'El Madher qui comporte l'aquifère alluvionnaire où sont implantés les forages du champ captant externe qui alimente la ville de Batna en eau potable.

II-3- Résultats des analyses physico-chimiques du mois de juillet 2014 :

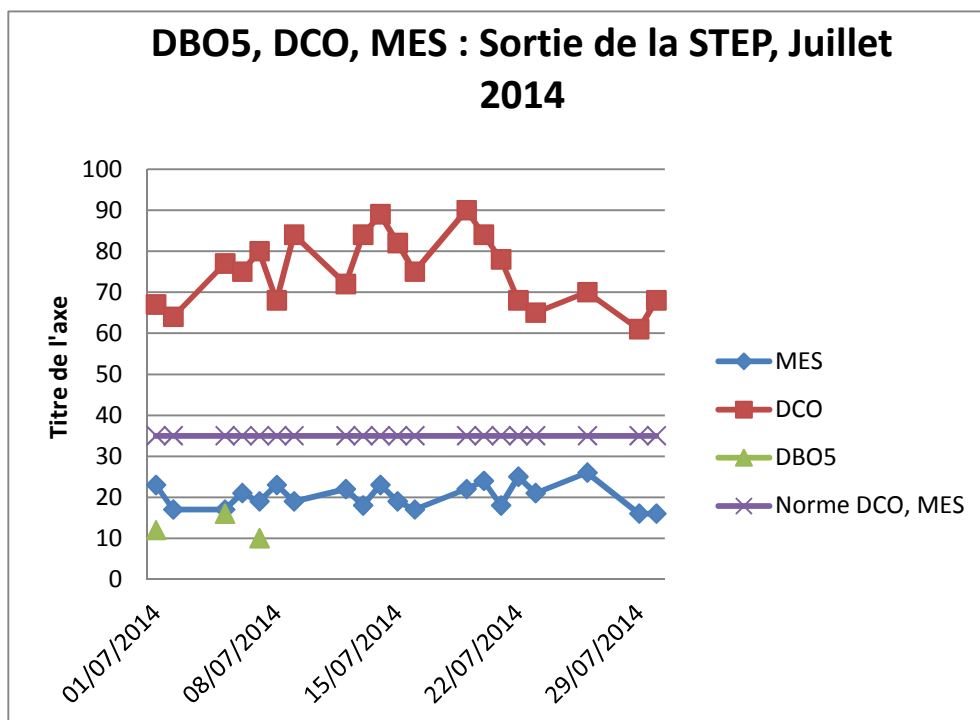
Durant le mois de Juillet 2014, on a procédé à une autre série d'analyses physico-chimiques sur les eaux polluées de l'oued El Gourzi et celles des eaux épurées et sortantes de la station d'épuration (STEP) de Batna. Ces analyses ont été effectuées durant une période sèche, et ce, afin de constater l'état de la pollution en ce mois de Juillet de l'année 2014, ainsi que l'intensité de l'efficacité de la STEP dans la dépollution des eaux concernées, et les résultats obtenus sont probants (**tableau n° 29 et graphes n° 7 et 8**).

Tableau n° 29 : Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période sèche (mois de Juillet 2014).

Paramètres Dates Juillet 2014	Eau polluée oued El Gourzi				Eau épurée sortante de la STEP			
	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)
01/07/2014	286	522	296	2066	23	67	12	2054
02/07/2014	314	456		1964	17	64		1971
05/07/2014	316	524	175	1810	17	77	16	1816
06/07/2014	278	538		1925	21	75		1914
07/07/2014	265	482	274	2028	19	80	10	2037
08/07/2014	315	465		2048	23	68		2037
09/07/2014	288	548	330	2096	19	84		2083
12/07/2014	282	438		2058	22	72		2042
13/07/2014	322	496		2019	18	84		2001
14/07/2014	285	470		1933	23	89		1945
15/07/2014	334	612		1964	19	82		1975
16/07/2014	278	526		2019	17	75		2001
19/07/2014	326	478		2048	22	90		2038
20/07/2014	278	446		2059	24	84		2059
21/07/2014	328	516	296	2114	18	78		2140
22/07/2014	338	436		2126	25	68		2114
23/07/2014	22	394	224	2042	21	65		2065
26/07/2014	342	528		2033	26	70		2041
29/07/2014	190	581		2046	16	61		2032
30/07/2014	231	527		2064	16	68		2077



Graphe n° 7 : Evolution de la pollution au niveau de l'oued El Gourzi (Juillet 2014).



Graphe n° 8 : Evolution de la DBO₅, DCO et MES, à la sortie de la station d'épuration (Juillet 2014).

La pollution de l'oued El Gourzi est moins accentuée pendant le mois de Juillet 2014, et ce, par rapport au mois de Mars 2014, mois de la période humide dans cette région. Et la période des précipitations peut être à l'origine de l'augmentation des valeurs de la DCO et des MES par lessivage des rives de ce cours d'eau.

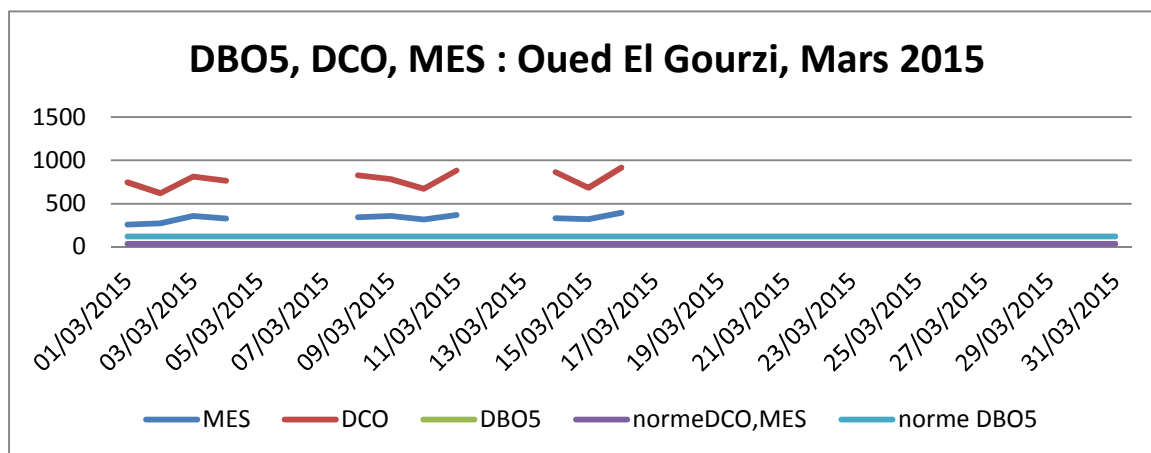
Pour le mois de Juillet 2014, les eaux de l'oued El Gourzi connaissent une pollution très importante, où toutes les valeurs des eaux traitées et épurées sont conformes aux normes contenues dans le journal officiel Algérien (JORA) de 2006.

II-4- Résultats des analyses physico-chimiques du mois du Mars 2015 :

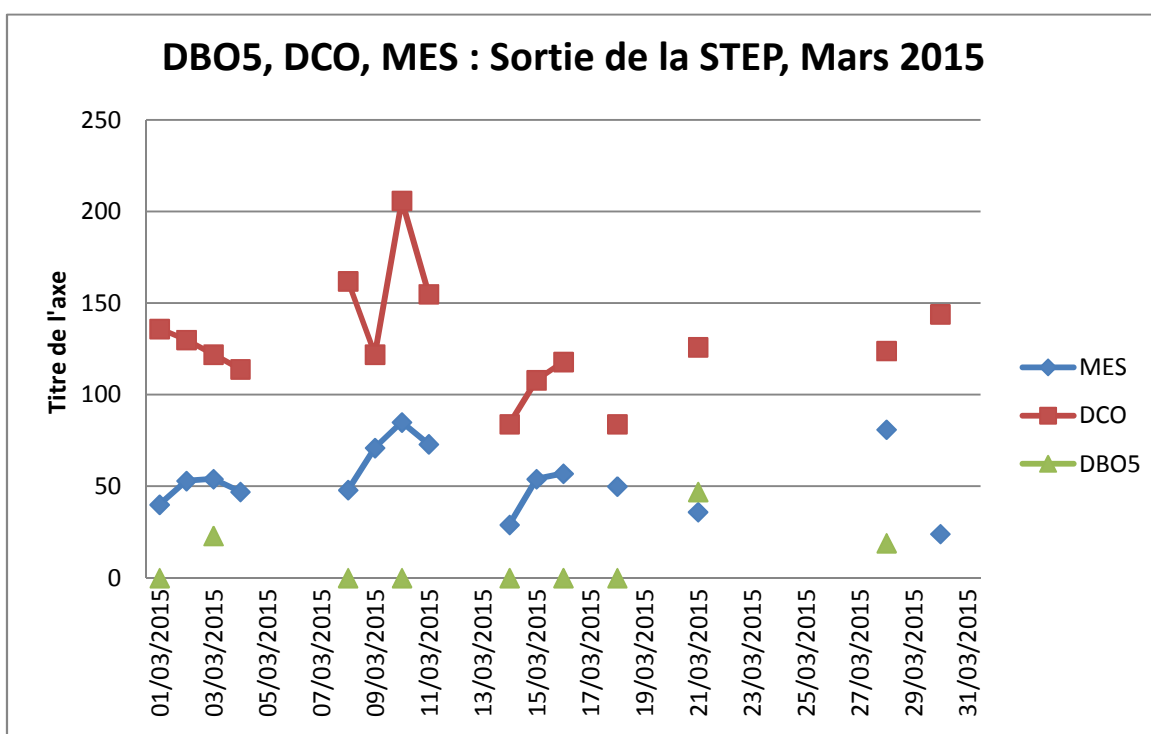
Pour le mois de Mars 2015, une autre série d'analyses physico-chimiques a été réalisée sur les eaux polluées de l'oued El Gourzi et celles des eaux épurées et sortantes de la station d'épuration (STEP) de Batna. Ces analyses ont été effectuées durant une période humide, et ce, afin de se situer sur l'état de la pollution en ce mois de Mars de l'année 2015, ainsi que sur l'efficacité de la STEP dans la dépollution des eaux usées, et les résultats obtenus sont très significatifs (**tableau n° 30 et graphes n° 9 et 10**).

Tableau n° 30 : Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période humide (mois de Mars 2015).

Paramètres Dates Mars 2015	Eau polluée Oued El Gourzi				Eau épurée sortante de la STEP			
	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)
01/03/2015	259	746	138	2134	40	136	19.8	2146
02/03/2015	273	622		2082	53	130		2069
03/03/2015	358	814	312	2172	54	122	23	2159
04/03/2015	329	766		2140	47	114		2123
05/03/2015				2234				2220
08/03/2015	344	827	376		48	162	33.2	
09/03/2015	359	782		2255	71	122		2248
10/03/2015	316	674	308	2234	85	206	44.4	2210
11/03/2015	370	884		2248	73	155		2236
12/03/2015				2218				2210
14/03/2015	332	864	174		29	84	38.8	
15/03/2015	322	682		2138	54	108		2164
16/03/2015	396	916	418	2275	57	118	66.2	2257
17/03/2015				2250				2267
18/03/2015	330	1022	444	2244	50	84	37.4	2230
19/03/2015				2188				2181
21/03/2015	241	668	290		36	126	47	
22/03/2015				2078				2098
23/03/2015				2042				2055
24/03/2015				2056				2036
28/03/2015	228	566	217		81	124	19	
29/03/2015				2184				2193
30/03/2015	446	1218		2176	24	144		2206
31/03/2015				2188				21811



Graphe n° 9 : Evolution de DBO₅, DCO et MES, au niveau de l'oued El Gourzi (Mars 2015).



Graphe n° 10 : Evolution de la DBO₅, DCO et MES, à la sortie de la STEP (Mars 2015).

Le mois de Mars de l'année 2015 est également très pollué par rapport au mois de juillet de l'année précédente, avec des valeurs de **DCO** qui peuvent atteindre 1218 mg/l, pour le prélèvement du 30/03/2015. Dans la même journée, on a enregistré la plus grande valeur de la matière en suspension qui est de l'ordre de 446 mg/l, c'est probablement une journée pluvieuse.

Le 18/03 2015, on enregistré la plus grande valeur de la **DBO₅**, avec une valeur de 444mg/l.

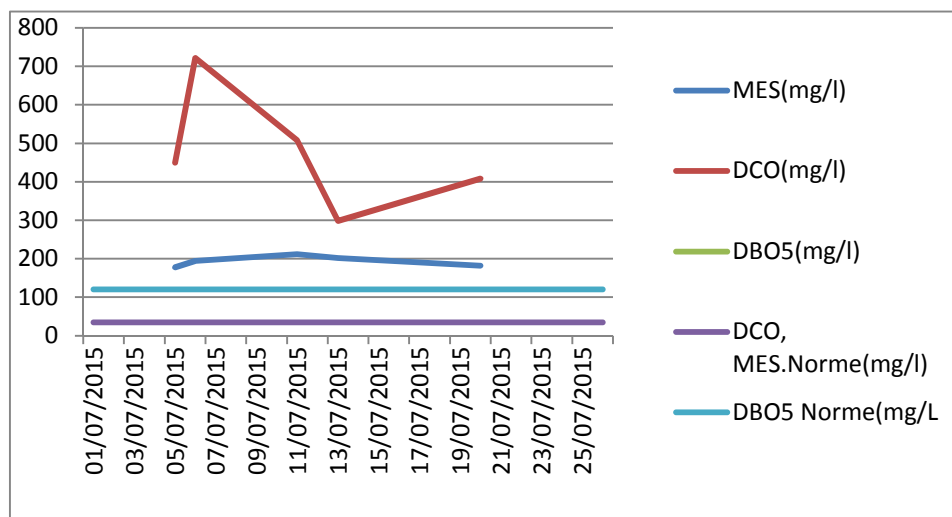
Les eaux usées traitées et épurées sont dans l'ensemble largement supérieures aux normes, surtout pour les deux paramètres : les **MES** et la **DCO** (voir le tableau les valeurs en rouge).

II-5- Résultats des analyses physico-chimiques du mois de Juillet 2015 :

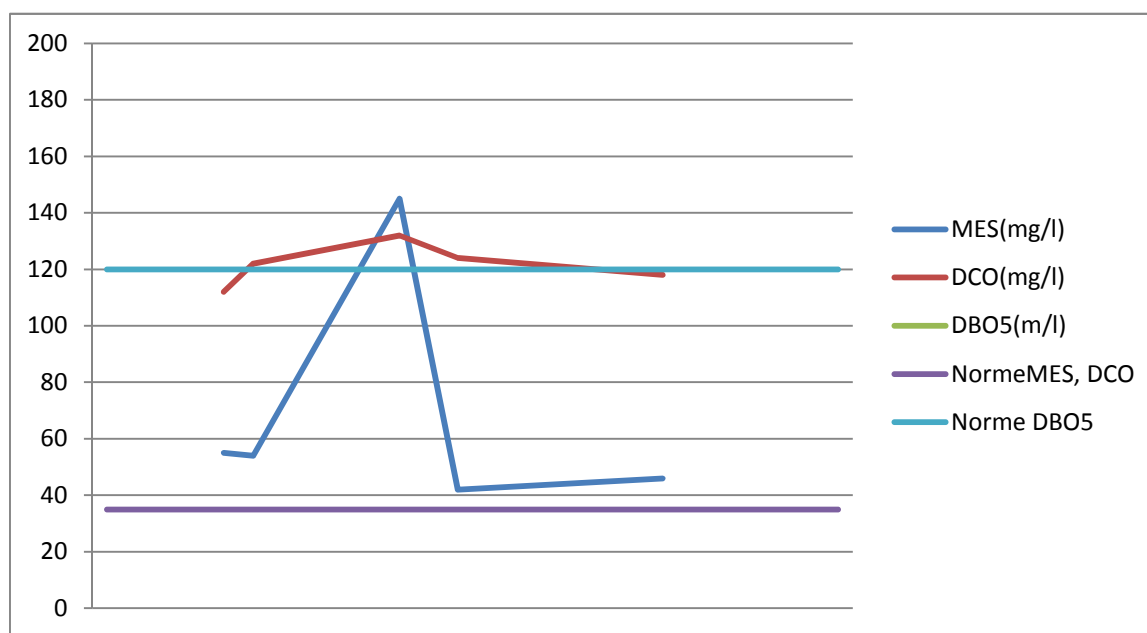
Au mois de Juillet 2015, des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les eaux polluées de l'oued El Gourzi et celles des eaux épurées et sortante de la station d'épuration (STEP) de Batna. Sur la base de ces analyses, qui ont eu lieu durant une période sèche, à savoir le mois de Juillet 2015, et les résultats obtenus, on a constaté la persistance de l'état de la pollution en ce mois de Juillet de l'année 2015, ainsi que le bon fonctionnement de la STEP dans la dépollution des eaux concernées, et les résultats obtenus sont satisfaisants (**tableau n° 31 et graphes n° 11 et 12**).

Tableau n° 31 : Tableau de synthèse des fiches journalières de la station d'épuration de Batna pour la période sèche (mois de Juillet 2015).

Paramètres Dates Juillet 2015	Eau polluée oued El Gourzi				Eau épurée sortante de la STEP			
	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CE (μS/cm)
05/07/2015	178	450		2362	55	112		2005
06/07/2015	194	722		2116	54	122		2017
11/07/2015	212	508		2318	145	132		2091
13/07/2015	202	298	560	2218	42	124	63.6	2166
20/07/2015	182	408		2012	46	118		2042
22/07/2015	195	448		2230	88	128		2062
25/07/2015	281	508		2089	181	124		2054



Graphique n° 11 : Evolution de la DBO₅, DCO et MES au niveau de l'oued El Gourzi (Juillet 2015).



Graphique n° 12 : Evolution de la DBO₅, DCO et MES à la sortie de la STEP (Juillet 2015).

Le mois de Juillet 2015, faisant partie de la période sèche de l'année, est moins pollué que le mois de Mars 2015, considérée comme période humide, mais où le flux sortant de la STEP reste légèrement supérieur aux normes du journal officiel algérien (JORA) de 2006.

Les résultats des analyses de la deuxième étape de cette partie expérimentale, concernant oued El Gourzi de Batna, sont présentés sous forme d'une synthèse des fiches journalières de la STEP, pour une période qui s'étale de Janvier 2014 à Juillet 2015.

Cette synthèse se fait pour expliquer l'évolution de la pollution de l'oued El Gourzi et l'efficacité de la station d'épuration de Batna et la possibilité de la réutilisation des eaux usées traitées et épurées sortantes de la station d'épuration de Batna.

Pour cette raison, on a choisi un mois de la période sèche de 2014 et le même mois pour 2015 qui est celui de Juillet.

Et un autre mois de la période humide qui est le mois de Mars de 2014 et le même mois pour 2015.

Ces périodes ont été bien choisies, et ce, pour avoir une idée claire et précise sur l'évolution de la pollution au niveau de l'oued El Gourzi, dans l'espace et dans le temps.

En comparant les résultats obtenus entre les années 2013 et 2014, on peut avancer que les valeurs enregistrées pendant l'année 2013, pour les trois paramètres détecteurs de pollution au niveau de l'oued El Gourzi, sont dans l'ensemble moins élevées qu'en 2014. Mais durant ces deux années consécutives, les taux de la **DBO₅**, de la **DCO** et des **MES** sont toujours largement supérieurs aux normes, de que même pour les eaux usées traitées et épurées sortantes de la STEP de Batna.

Pour l'année 2014, on a obtenu des valeurs de la **DCO** qui peuvent atteindre 1320 mg/l, enregistrées le 16 Mars 2014 ; pour la **DBO₅**, les plus grandes valeurs sont enregistrées au début du mois, à savoir le 02 Mars 2014, avec une valeur de 412 mg/l ; pour les matières en

suspension (MES), on remarque que les valeurs enregistrées pendant l'année 2014, sont importantes par rapport à l'année précédente, à savoir deux (2) fois plus.

Ce qui est inquiétant, ce sont les valeurs des eaux traitées et épurées qui sont, dans l'ensemble, supérieures aux normes fixées par le journal officiel Algérien (JORA) de l'année 2006, concernant les rejets industriels, en particulier, pour la DCO, qui est la matière organique non biodégradable.

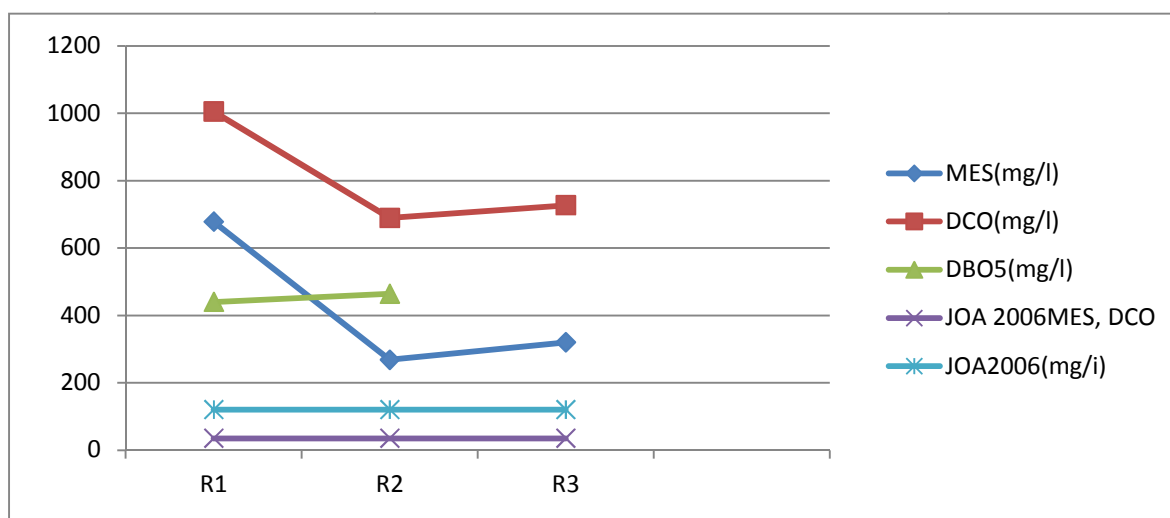
II-6-Résultats des analyses physico-chimiques des prélèvements R1-R2-R3 (Mars 2017) :

Durant le mois de Mars 2017, une autre série d'analyses physico-chimiques a été effectuée sur les eaux polluées au niveau de la zone industrielle de Kechida (R1), sur le tronçon de l'oued, non épuré (R2), et sous le pont de Fesdis, dans la plaine d'El Madher (R3). Les résultats obtenus durant cette période humide, à savoir le mois de Mars 2017, révèlent la variabilité de l'état de la pollution en ce mois et au niveau de ces trois (3). Les résultats obtenus sont tous hautement supérieurs aux valeurs limites des paramètres des rejets en milieu récepteur (Décrets exécutifs n° 09-209 et n° 10-88) (tableau n° 32 et graphes n° 13 et 14).

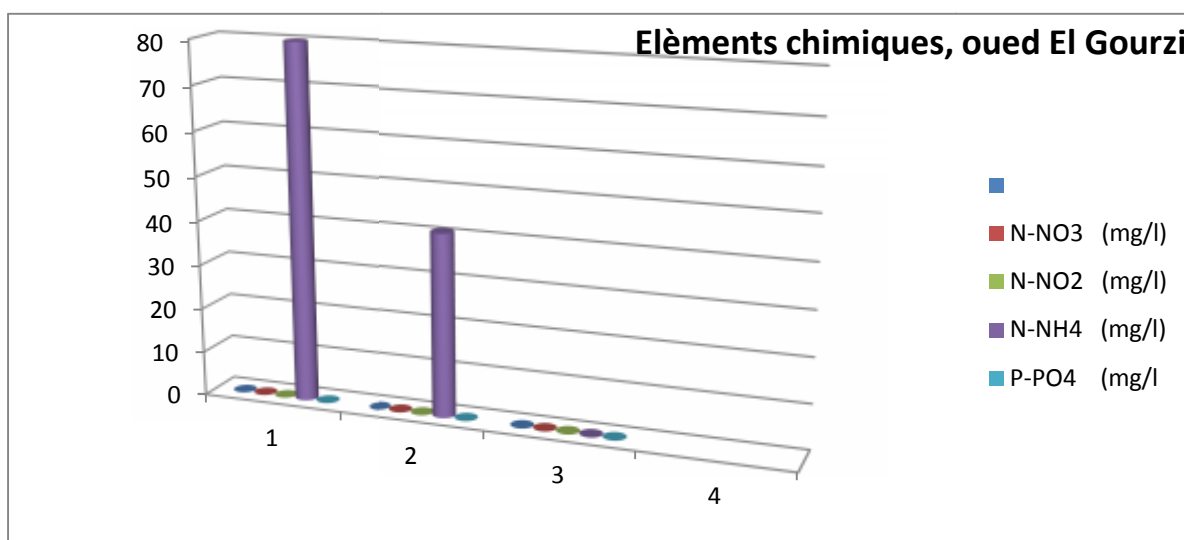
Tableau n° 32 : Résultats des analyses physico-chimiques (26 Mars 2017).

Points prélèvements Paramètres	R1 : Zone industrielle de Kechida	R2 : tronçon oued non épuré	R3: Sous le pont de Fesdis dans la plaine d'El Madher	Valeurs limites des paramètres des rejets en milieu récepteur (JORA, 2006)	Observations
DCO (mg/l)	1005	689	724	120	Largement supérieures aux normes
MES (mg/l)	678	268	320	35	Largement supérieures aux normes
DBO ₅ (mg/l)	440	464		35	Largement supérieures aux normes
N-NO ₃ (mg/l)	0.81	0.78	0.75	Pour l'Azote Kjeldahl 30mg/l	Teneurs de l'Azote Ammoniacal très élevées
N-NO ₂ (mg/l)	0.11	0.085	0.065		
N-NH ₄ (mg/l)	80	41	39.5		
P-PO ₄ (mg/l)	7.36	3.96	4.12	Pour le Phosphore total 10 mg/l	

Remarque : Toutes ces analyses ont été effectuées par les services de l'ONA au niveau de la STEP de Batna, pour les prélèvements du 26 Mars 2017.



Graphe n° 13 : Evolution de la DBO₅, DCO et MES, pour les prélèvements de l'oued El Gourzi (26 Mars 2017).



Graphe n° 14 : Evolution des Nitrates, Nitrites et Azote ammoniacal pour les prélèvements de l'oued El Gourzi (26 Mars 2017).

Les prélèvements ont eu lieu, le 26 Mars 2017, où la station d'épuration de Batna était en arrêt depuis le 22 Mars 2017, qui a repris de fonctionner au début du mois d'Avril de la même année, selon les responsables de la STEP.

Ce que nous pouvons conclure pour ces résultats des analyses physico-chimiques, en ce mois de Mars 2017, il s'agit d'un mois où l'oued El Gourzi comportait une charge polluante qui contenait un niveau très élevé en matière organique (**M.O**) non biodégradable, ce qui peut expliquer les valeurs très élevées de la **DCO**, en plus de la présence excessive de matières en suspensions (**MES**) qui sont à l'origine de la faible efficacité de l'épuration, principalement lorsque la station d'épuration tombe souvent en panne !

En outre, il y a une évolution dans l'espace de la pollution de l'oued El Gourzi, qui semble plus importante en amont de la station d'épuration dans la région de Kechida, au niveau de la zone industrielle, où les valeurs du prélèvement **R1** sont les plus élevées.

Cependant, il y a une légère diminution au niveau du prélèvement **R2** qui est le tronçon de l'Oued qui n'est pas pris en charge par la station d'épuration, cette diminution peut être expliquée par la dilution des eaux de l'Oued par les eaux traitées et épurées sortantes de la STEP et mélangé de nouveau au niveau de l'Oued El Gourzi.

Pour le prélèvement **R3**, effectué sous le pont de Fesdis, l'eau de l'oued est de nouveau en contact avec d'autres rejets domestiques de la localité de Bouakaz et Fesdis, ce qui peut expliquer la remontée des valeurs des paramètres de pollution au niveau de l'oued El Gourzi et qui se dirige vers la plaine d'El Madher.

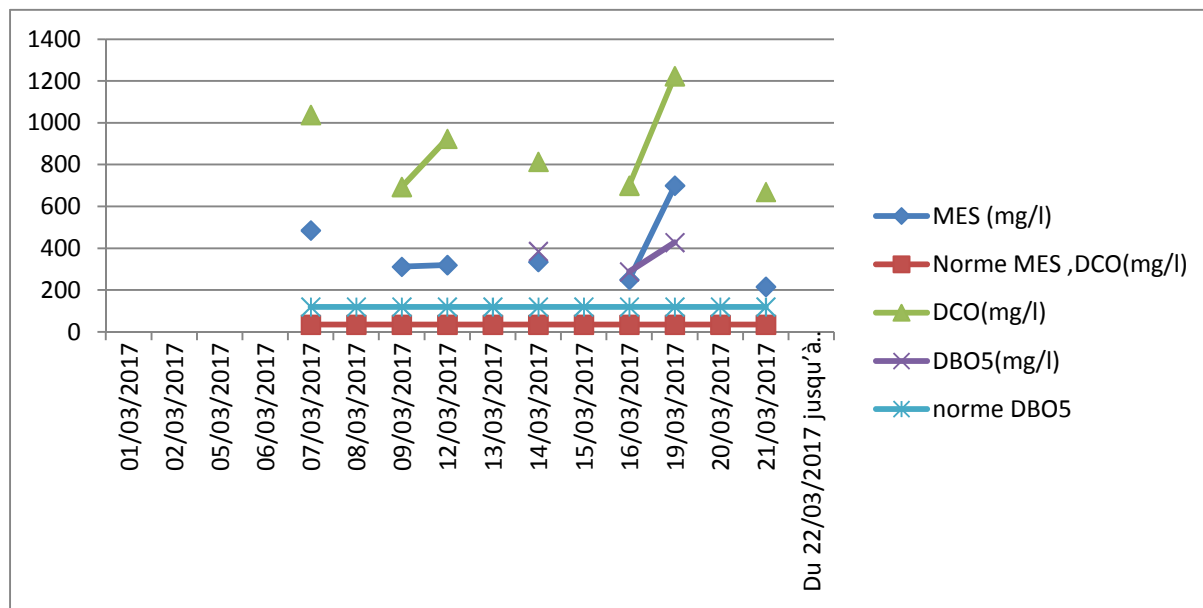
Concernant les autres paramètres, on remarque la présence d'importantes teneurs en Nitrates et Nitrites, ainsi que l'Azote ammoniacal, et aussi des valeurs élevées en Phosphate.

II-7- Rapport des analyses journalières au niveau de la STEP (Mars 2017) :

Ce rapport, concerne les analyses journalières de la station d'épuration (STEP) de la ville de Batna, durant le mois de Mars 2017 (**tableau n° 33 et graphe n° 15**) (ONA, Batna, 2017).

Tableau n° 33 : Fiches journalières de la station d'épuration de Batna (mois de Mars 2017).

Paramètres Dates Mars 2017	Eau polluée oued El Gourzi				Eau épurée sortante de la STEP			
	MES	DCO	DBO ₅	CE (μS/cm)	MES	DCO	DBO ₅	CE (μS/cm)
01/03/2017	<i>Durant cette période, aucun prélèvement n'a été effectué</i>							
02/03/2017								
05/03/2017								
06/03/2017								
07/03/2017	486	1038						
08/03/2017								
09/03/2017	312	694			134			
12/03/2017	320	924			62			
13/03/2017								
14/03/2017	335	814	386		96	118		
15/03/2017								
16/03/2017	250	700	288		85	124		
19/03/2017	700	1224	428		72	120		
20/03/2017								
21/03/2017	216	670			88	104		
Du 22/03/2017 au 29/03/2017	<i>Durant cette période, aucun prélèvement n'a été effectué</i>							



Graphique n° 15 : Evolution de la DBO₅, la DCO et MES au niveau de l'oued El Gourzi (Mars 2017).

La fiche journalière de la station d'épuration (STEP) de Batna, au mois de Mars 2017, est présentée avec tous les détails dans les annexes (**Annexes - A**).

Durant le mois de Mars 2017, la station d'épuration a connu des perturbations dans son fonctionnement, où aucun prélèvement n'a eu lieu pendant la première (1^{ère}) semaine et la dernière semaine du mois de Mars, considéré comme un mois où les eaux de l'oued El Gourzi sont très polluées, selon des constations faites pendant les années précédentes.

Les analyses ont été effectuées pour quelques paramètres qui sont la **DBO₅**, la **DCO** et les **MES**, avec, toutefois, beaucoup de lacunes.

Pour les paramètres détecteurs de pollution, on a constaté que les plus grandes valeurs de la **DBO₅**, la **DCO** et des **MES**, ont été enregistrées dans la journée du 19 Mars 2017.

Pour la **DCO**, on a enregistré 1224 mg/l, les **MES**, avec 700 mg/l et la **DBO₅**, d'une valeur de 428 mg/l.

II-8- Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques :

Les trois (3) prélèvements effectués dans oued El Gourzi sont répartis de l'amont vers l'aval, de la manière suivante :

- Le premier prélèvement, **R1**, englobe les rejets de la zone industrielle de Batna devant l'unité de textiles, la COTITEX. Dans ce point, les eaux qui se trouvent dans oued El Gourzi sont constituées d'un mélange des eaux urbaines de la ville de Batna et les localités par où l'oued les traverse ;
- Le deuxième prélèvement, **R2**, il s'agit du tronçon de l'oued El Gourzi, qui véhicule les eaux venant de la zone industrielle de Kechida et ses effluents. Cette partie de l'oued n'est pas prise en charge par la station d'épuration (STEP) de Batna. Ensuite,

les eaux sortantes de la STEP sont mélangées avec celles de l'oued, pour être véhiculées vers Fesdis et, enfin, la plaine d'El Madher ;

- Le troisième prélèvement, **R3**, effectué dans la région de Fesdis sous le pont qui mène à El Madher, à proximité du puits de la carrière, qui est l'un des puits contaminé de cette région et implanté dans l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher. Dans cet endroit, on a trouvé, comme on l'a déjà signalé dans les chapitres précédents, l'installation de pompes qui refoulent les eaux de l'oued El Gourzi pour l'irrigation des terres agricoles.

L'interprétation touche également l'effet de l'irrigation avec les eaux usées de l'oued El Gourzi.

II-9- Interprétation des paramètres détecteurs de pollution par éléments :

▪ Matières En Suspension (MES) :

Les matières en suspension (**MES**), sont fonction de la nature du terrain traversé, de la pluviométrie, de la nature des rejets, du régime d'écoulement des eaux et des crues.

L'existence des matières en suspension dans les effluents de l'oued El Gourzi, en quantité dépassant largement la norme de 35.0 mg/l, recommandée par le **JORA (2006)** pour les eaux de surface, n'entrave pas leur utilisation dans l'irrigation des cultures (**Tamrabet, 2011**).

▪ DBO₅ et DCO :

La demande chimique en oxygène, **DCO**, représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement, contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques, mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures, etc.) (**Benjamaa et al., 2015**).

Selon **Tamrabet (2011)**, une oxygénation extensive de l'eau usée se produit progressivement de l'amont vers l'aval de l'écoulement, essentiellement par les échanges avec l'air au contact de l'eau.

D'après **Menani (2007)**, le parcours des eaux de surface fait qu'elles s'oxygènent au fur et à mesure, atteignant ainsi des valeurs de **DBO₅** et de **DCO** acceptables, comme celles des eaux de la nappe phréatique qui vient cependant à résurgence entre Mechtat Arour et Mardja Mezouala.

Dans notre étude, les matières en suspension (**MES**), ainsi que la **DBO₅** et la **DCO**, sont très élevées au niveau de l'oued El Gourzi, surtout pour les mois pluvieux (périodes humides). A la sortie de la station d'épuration (STEP), ces valeurs sont réduites à des valeurs qui respectent les normes limites du journal officiel algérien (JORA), ce qui montre clairement l'efficacité de la station d'épuration.

Le problème détecté réside dans le fait que ces eaux traitées et épurées se mélangent de nouveau avec les eaux usées de l'oued El Gourzi, qui ne sont pas prises en charge par la STEP de Batna, puisque cette dernière n'était pas conçue pour la charge actuelle, dont sa capacité de conception est largement inférieure à la capacité demandée actuellement.

Sur la base des résultats obtenus, le problème de la pollution organique de l'oued El Gourzi n'est pas résolu, puisque la charge polluante est rejetée dans la nature, même après sa sortie de la STEP.

▪ **Nitrates, Nitrite et Azote Ammoniacal :**

L'azote, rencontré dans les eaux usées, peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes : **Organique** (N_{org}) ; **Ammoniacal** (NH_4^+) ; **Nitreux** (NO_2^-) et **Nitrique** (NO_3^-).

Pour les eaux usées, l'Azote se trouve sous deux (2) formes, organique et inorganique. Les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante, tandis que les formes organiques doivent être minéralisées par les micro-organismes.

Les résultats des analyses effectuées pour les prélèvements du 26 Mars 2017, les valeurs obtenues pour les **Nitrates** et les **Nitrites**, sont nettement faibles, et ce, pour tous les prélèvements de l'oued El Gourzi, seul l'**Azote Ammoniacal** est en hausse, qui va avec le sens de l'écoulement de l'oued concerné (**figure n° 53**).



Figure n° 53 : Sites d'étude de l'oued El Gourzi de Batna (Google Earth, 2017).

Conclusion :

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques, effectuées sur les eaux usées de l'oued El Gourzi de Batna, montrent clairement bien l'existence d'une pollution qui s'accroît dans la zone d'activités de Kechida.

Les valeurs de la **DBO₅**, de la **DCO**, ainsi que les **MES**, sont à leurs maximums, principalement, pour les mois de Mars et Avril de chaque année de l'étude, qui sont des périodes pluvieuses et humides, et ce, pour atteindre : 606 mg/l, dans le mois d'Avril 2014, pour la **DBO₅**, et 1320 mg/l, pour la **DCO**. Concernant le mois de Mars 2014, pour les matières en suspension, **MES**, les valeurs maximales sont également enregistrées durant le mois de Mars, avec 607 mg/l.

Alors qu'à la sortie de la station d'épuration (STEP), les valeurs de ces trois (3) paramètres se réduisent et redeviennent dans les normes qui sont, respectivement, de l'ordre de : 35, 120, et 35, pour les **MES**, la **DCO** et la **DBO₅**, et ce, pour la quasi-totalité des eaux sortantes, ce qui implique une bonne efficacité de l'épuration. Mais cela ne dure que pendant quelques mètres au niveau de l'oued, car ces eaux épurées rejoignent les eaux de l'oued qui ne sont pas prises en considération par la STEP de Batna.

Au niveau de la plaine d'El Madher, les valeurs de la **DBO₅** sont supérieures à 464 mg/l et la **DCO** à 734mg/l, pour les analyses du 26 mars 2017.

Donc, le danger de contamination de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher est toujours présent et quasi-permanent, et plus particulièrement dans la zone vulnérable à la pollution.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le problème de la pollution des oueds en Algérie a atteint des seuils alarmants, où on peut même généraliser qu'il s'agit bel et bien d'un problème national. Car la très grande majorité de ces oueds, sont des égouts à ciel ouvert qui véhiculent les eaux d'assainissement de tous les types, et ce, avec les eaux pluviales.

Cependant, oued Mekerra et oued El Gourzi véhiculent, respectivement les mêmes eaux, à savoir : les eaux d'assainissement des chefs-lieux des wilayas de Sidi Bel Abbés et de Batna, associées avec les eaux pluviales, et ce, depuis plus d'une cinquantaine d'années, au moins.

La pollution de l'oued Mekerra augmente avec le sens de son écoulement, où cette pollution atteint son maximum à la sortie Est de la ville de Sidi Bel Abbés, et ce, après avoir reçu les eaux usées de l'oued El Melah, qui draine les eaux de la zone industrielle de la ville de Sidi Bel Abbés. Dans cette étude, le point le plus représentatif sur le plan du taux (%) le plus élevé de la pollution de cette région n'est autre que le **P2**, avec des valeurs supérieures aux normes, pour les paramètres détecteurs de pollution. Ces valeurs diminuent à la sortie de la station d'épuration (STEP), qui ne prend en charge que les eaux d'origine urbaine.

Dans les eaux de l'oued Mekerra, il ya la présence de métaux lourds dont les valeurs sont dans les normes, mais leur présence marque un danger surtout, et ce, en raison que tout le long de l'oued les agriculteurs utilisent ces eaux pour l'irrigation de leurs champs. Le risque se multiplie beaucoup plus dans l'irrigation des fruits et légumes qui se consomment crus.

Les micro-organismes, rencontrés dans les eaux de l'oued Mekerra, présentent également un danger pour le consommateur des eaux de la nappe s'il y a contamination, ainsi que les fruits et légumes irrigués par les eaux usées de ce cours d'eau, qui passent par les zones agricoles. Les Nitrates et les Nitrites, associés, présentent des valeurs très élevées, dues au fait que l'oued Mekerra draine les nappes souterraines de Ras El Ma et de Moulay Slissen, qui montrent des valeurs de Nitrates de l'ordre de 71 mg/l.

Dans la partie nord, l'oued recharge l'aquifère alluvionnaire de la plaine de Sidi Bel Abbés, et dans ces zones l'oued atteint des seuils alarmants. Dans cette zone, l'irrigation par les eaux de l'oued Mekerra risque de contaminer les eaux souterraines qui sont vulnérables à la pollution. La deuxième région de notre étude est l'oued El Gourzi de Batna, présente également une pollution physico-chimique et microbiologique, avec des valeurs qui semblent plus importantes que celles de l'oued Mekerra de Sidi Bel Abbés.

Cette importante charge polluante est probablement due à l'absence de station d'épuration (STEP), jusqu'à l'année 2005. L'efficacité de la station d'épuration (STEP) de Batna a été prouvée par les analyses effectuées et la synthèse des fiches journalières (**voir, Annexes**).

Mais elle reste insuffisante, compte tenu du fait que le flux d'eau traitée et épurée se mélange de nouveau avec les eaux usées de l'oued El Gourzi de Batna.

Ainsi donc, les analyses effectuées ont montré que l'oued El Gourzi met en danger l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher qui alimente la ville de Batna en eau potable, via les

forages implantés dans cette plaine. Vu que les eaux usées de l'oued El Gourzi se jettent directement dans cette zone vulnérable à la pollution.

Ajoutée à cela, l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation de plusieurs champs de cultures de cette zone agricole où l'infiltration des eaux polluées peut contaminer la nappe souterraine, en particulier par les métaux lourds qui sont présents en excès, avec des valeurs dépassant les normes. Par exemple, pour le **Chrome** détecté, même avec de moindres doses, vu ses effets accumulateurs.

Le danger de la contamination est réel, soit par la consommation des aliments irrigués avec les eaux de ces deux (2) oueds, soit en utilisant les eaux potables des nappes souterraines contenant les éléments polluants, qui causent les maladies à transmission hydrique (**MTH**), voire d'autres maladies infectieuses.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ababsa N., Kribaa M., Addad D., Tamrabet L., Baha M. (2016) : Does earthworms density really modify soil's hydrodynamic properties in irrigated systems with recycled water? *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2016, 8(2), 627-638.

Abdelhakim H., Rachi G. et Tabet Yamna D. (2015) : Gestion environnementale des eaux usées à Batna (Algérie) : entre législation et réalité. *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances*, n° 383, pp. 94-108.

A.D.E. (Algérienne Des Eaux, SBA) (2014) : Recueil des données sur la wilaya de Sidi Bel Abbés. *Document inédit*.

AFD (Agence Française de Développement) (2011) : Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action. *Rapport final*, Février 2011, 91 pages.

Agence Européenne pour l'Environnement & Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement) (2012) : Vers un système de partage d'informations sur l'environnement «SEIS». *RAPPORT PAYS ALGERIE*, Mars 2012, 44 pages.

Akoli Ikama J. (2015) : Contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration à boues activées de la situation de la ville de Sidi Bel Abbés en Algérie. *Mémoire de Master*, Université Djilali Liabés, Sidi Bel Abbés, 114 pages.

Aloui (Labiod) Z., Bencharab K. et Bounakhla N. (2013) : Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraine dans la Wilaya de Sidi Bel Abbés. *Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement*, 5-7 Novembre 2013, Ouargla (Algérie).

Amar S. B. (2015) : Etude du fonctionnement de la station d'épuration et la réutilisation de ses eaux : Cas de la STEP de Sidi Bel Abbés. *Mémoire de Magister*, Université Djilali Liabés, Sidi Bel Abbés, 121 pages.

ANDI (Agence Nationale de Développement de l'Investissement) (2013) : Wilaya de Batna. *Document inédit*.

Anonyme (1961) : Plan d'urbanisme directeur de la commune de Sidi Bel Abbés. Dressé par le service départemental de l'urbanisme, Bd Maréchal De Lattre De Tassigny – Oran, Algérie.

Assad M. (2017) : Transfert des éléments traces métalliques vers les végétaux : mécanismes et évaluation des risques dans des environnements exposés à des activités anthropiques. *Thèse de Doctorat*, Université Bourgogne Franche-Comté, France, 218 pages.

Baahmed D. (2015) : Bilan hydrique et évaluation des ressources en eau superficielle du bassin de la Macta. *Thèse de doctorat*, Université des Sciences et Technologie Mohamed Boudiaf, Oran, 195 pages.

Baaziz N. (2008) : Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé : cas de la ville de Batna. *Mémoire Magister*, Univ. Hadj Lakhdar, Batna, 150 pages.

Baechler L. (2012) : La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable. *CAIRN. Info, Revue «L'Europe en Formation»*, Centre international de formation européenne, 2012/3 n° 365 | pages 3 à 21.

Ballais J.L. (1981) : Recherches Géomorphologiques dans les Aurès (Algérie). *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université Paris 1, France, 561 pages.

Bellaredj A. E. M. (2019) : Caractérisation des principaux paramètres affectant les eaux souterraines de la plaine de Sidi Bel Abbés à l'aide du programme Visual Modflow (applications et perspectives). *Thèse de Doctorat*, Université d'Oran 2, Mohamed Ben Ahmed, 247 pages.

Bellaredj A. E. M. (2020) : Estimation of groundwater recharge in the plain of Sidi Bel Abbés, Algeria. *J. Fundam. Appl. Sci.* 2020, 12(3), 1277-1297.

Belouanas H. (2012) : Influence du comportement des argiles sur les écoulements souterrains au sein des formations du recouvrement de la zone de Fesdis – plaine d'El Madher (Nord-est) Algérien. *Mémoire de Magister*, Univ. Hadj Lakhdar, Batna, 161 pages.

Benblidia M. et Thivet G. (2010) : Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. *Les Notes d'analyse du CIHEAM*, N° 58 – Mai 2010, 15 pages.

Bendjammaa F., Baghiani B., Amiraoui A., Amireche H. (2015) : Impact des eaux usées de quelques unités industrielles sur l'oued Ghourzi. *Sciences & Technologie - D - N°41*, Juin (2015). pp.85-94.

Bendjelloul A.S. et Benmansour H. (2017) : Oued Mekerra au cœur de renouvellement urbain de la périphérie est de la ville de Sidi Bel Abbes. *Mémoire de Master*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 116 pages.

Benkaddour B. (2018) : Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). *Thèse de Doctorat*, Université de Perpignan (France) ; Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (Algérie), 2018. 193 pages.

Benmansour N. (2009) : Etude des crues et localisation des zones inondables. *Mémoire Magister*, Institut National d'Agronomie, El Harrach, Alger, 146 pages.

Bensalem M.B. (2008) : Contribution à l'étude de l'efficacité de l'épuration des eaux usées dans la ville de Sidi Bel Abbés. *Mémoire de Magister*, Université Djilali Liabés, Sidi Bel Abbés, 120 pages.

Bentekhici N. et Saad A. (2016) : Cartographie de la vulnérabilité de la nappe à la pollution dans la plaine de Sidi Bel Abbés. Apport des données de télédétection et le SIG. *Bull. Sci. Géogr.*, 30, 42-52.

Bentekhici N., Benkesmia Y., Berrichi F. and Bellal S.A. (2018) : Assessing water pollution risks and groundwater vulnerability using spatial data. Case of the Sidi Bel Abbes plain (North-West Algeria). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Volume 31, Number 1, 2018, pp. 43-59.

Benyahia M., Bouzidi M.A., Moueddene K., Hallouche B., Attaoui I., Meliani H. et Dernouni F. (2011) : Compréhension de l'inondabilité de la plaine de Sidi Bel Abbés par l'oued Mekerra (ouest Algérien). *Revue scientifique et Technique, LJEE* N° 18, Juin 2011, pp. 26-45.

Benyahia L. (2015) : Les dysfonctionnements dans le développement urbain, entre les outils d'aménagement et les enjeux socio-économiques (cas de la ville de Batna). *Thèse de doctorat en Sciences*, Université Hadj Lakhdar, Batna, 392 pages.

Benyahia L., Dridi H. (2017) : L'analyse diachronique de la superficie urbaine par télédétection et SIG d'une grande ville algérienne(Batna). *Sciences & Technologie D – N°45*, Juin 2017. 101-108.

Bessaoud O., Pellissier J.-P., Rolland J.-P., Khechimi W. (2019) : Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. *CIHEAM-IAMM*. 2019, pp.82.

Bouabdesselam H., Liazid A. et Bouzid Y. (2005) : La politique environnementale en Algérie : Réalités et perspectives. *Déchets - Revue Francophone d'Écologie Industrielle - N° 38 - 2^e Trimestre*, 2005, pp. 29-33.

Bouanani A., Yousfi S., Baba-Hamed K. (2014) : Hydrodynamique et modélisation de la nappe alluviale de la plaine de Sidi Bel Abbés (Nord-ouest Algérien). *Le Journal de l'Eau et de l'Environnement*, pp. 108-117.

Bouchaâla L., Charchar N. et Gherib A.E.F. (2017) : Ressources hydriques : traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. *Algerian Journal of Arid Environment*, vol. 7, n°1, juin 2017 : 84-95.

Boudhane N. et Ahmed Ammar I. (2016) : Option du traitement biologique dans une station d'épuration à boues activées : cas de la STEP de Batna. *Mémoire de Master*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 88 pages.

Bougherira N., Hani A., Toumi F., Haied N. & Djabri L. (2017) : Impact des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux de la plaine de la Meboudja (Algérie). *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 62, n° 8, 1290-1300.

Bourrier R. (2018) : Hydraulique appliquée. Milieux, écoulements, aménagements. *Le Moniteur Editions*, Expertise Technique, France, 1094 pages.

Carré E. (2017) : Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation. *Thèse de Doctorat*, Univ. Lyon, France, 359 pages.

Chadli A. (2008) : Etude de la qualité des eaux usées traitées de la station d'épuration de la ville de Sid Bel Abbés et leur utilisation en agriculture. *Mémoire de Magister*, Université de Sidi Bel Abbés, Faculté des Sciences 164 pages.

D.E. (Direction de l'Environnement de Sidi Bel Abbés) (2016) : Données sur l'environnement de la plaine de Sidi Bel Abbés. *Rapport N° 20*, Sidi Bel Abbés, Algérie, 120 pages.

De Marsily G. (2020) : Les problèmes de l'eau en 30 questions. *Livret sur l'environnement 2020*, Institut de France, Académie des Sciences, 36 pages.

DHW (Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Batna, Algérie) (2006) : *Document inédit.*

DHW (Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Sidi Bel Abbés, Algérie) (2006) : *Document inédit.*

D.H.W. Sidi Bel Abbés (2013) : Données générales sur le secteur de l'eau, les sources d'alimentation en eau dans la ville de Sidi Bel Abbés. *Document inédit.*

DHW (Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Sidi Bel Abbés, Algérie) (2016) : Étude sur les ressources en eaux dans la plaine de Sidi Bel Abbés. *Rapport N° 23*, Sidi Bel Abbés, Algérie, 55 pages.

Djabri L., Ferrah Y., Bouhsina S., Cazier F., Hani A., Djabri Y., Pulido Bosch A., Sameh H. (2012) : Etats de la qualité des eaux en Algérie : cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kébir est, Seybouse et Medjerda), (extrême est algérien). *XII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil*, Cherbourg, France, 12-14 juin 2012, pp. 865-872.

Djellouli F., Bouanani A. et Baba-Hamed K. (2013) : Modélisation pluie-débit par une approche globale : cas du bassin versant d'oued Louza (Oued El Hammam-Mactaa – NW Algérien). *Proceeding du Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement*, SIHE 2013, Ouargla, Algérie, pp. 201-204.

D.S.A (Direction des Services Agricoles) (2013) : Recueil des données sur la wilaya de Sidi Bel Abbés. *Document inédit.*

D.P.A.T. (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire) (2013) : Recueil des données sur la wilaya de Sidi Bel Abbés. *Document inédit.*

El Fels L. (2014) : Suivi physico-chimique, microbiologique et ecotoxicologique du compostage de boues de STEP mélangées à des déchets de palmier : validation de nouveaux indices de maturité. *Thèse de Doctorat*, Univ. Toulouse, France, 295 pages.

El Hachemi O. (2017) : Le traitement des eaux usées comme perspective durable pour le développement de l'agriculture. *Conférence : Agriculture, Agronomy and Biotechnology Events - Al Hoceima – Morocco*, 02 pages.

El Hafi S., El Hachemi O. and Serghini C. H. (2021) : Treated wastewater reuse Background and impact on agricultural products. *Conférence : First International Congress on Coastal Research – Morocco*, 02 pages.

Elouissi A. (2016) : Changement climatique, impacts et vulnérabilité. Cas du bassin versant de la Macta. *Thèse de Doctorat*, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen, 244 pages.

Faby J.A., Brissaud F. (1997) : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Office International de l'Eau*, 76 pages.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) (2003) : L'irrigation avec des eaux usées traitées. *Manuel d'utilisation*, 73 pages.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) (2011a) : L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : Gérer les systèmes en danger. Londres/Rome, Earthscan/FAO. *Rapport de synthèse*, 52 pages.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)/ONU-EAU (2018) : Progrès relatifs à l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau 2018 - Cadre de référence mondial pour l'indicateur 6.4.1 des ODD. *Rapport*, FAO/ONU-Eau, ROME, 2018, 56 pages.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)/ONU-EAU (2018) : Progrès relatifs aux niveaux de stress hydrique - Cadre de référence mondial pour l'indicateur 6.4.2 des ODD. *Rapport*, FAO/ONU-Eau, Rome, 58 pages.

Guellouh S. (2017) : L'impact de recouvrement des oueds de Batna sur la dynamique des écoulements et les risques associés. *Thèse de Doctorat*, Univ. de Batna, 137 pages.

Guenfoud A. (2009) : Gestion des ressources hydriques de la plaine de Sid Bel Abbés pour développement durable. *Mémoire de Magister*, Univ Djilali Liabés, Sidi Bel Abbés, 72 pages.

Guenfoud A. (2020) : Etude hydrobiologique comparative des eaux des deux oueds, Mekerra et Saïda, à la traversée des zones urbains des villes de Sidi Bel Abbés et Saida : impact sur la santé et l'environnement. *Thèse de Doctorat*, Univ. Djilali Liabés, Sidi Bel Abbés, 136 pages.

Hallouche B., Benyahia M., Moueddene K. et A. Marok (2010) : Apport de l'hydrogéomorphologie dans la cartographie des zones inondables. Exemple de la plaine de Sidi Bel Abbés (Algérie Nord occidentale). *Sécheresse*, 21 (3), 219-224.

Hallouche B. (2017) : Bassin versant de la haute Mekerra (NW algérien) : hydrologie, géochimie et pollution. *Thèse de Doctorat en Sciences*, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, 326 pages.

Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli Tabet Y. (2013) : Gestion et réutilisation des eaux usées en Algérie, un modèle de partenariat public-privée. *2^{ème} Colloque International sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau* ; Batna, Algérie, 22-23 Octobre 2013.

Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli Tabet Y. (2014) : Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *Larhyss Journal*, n°19, Septembre 2014, pp. 51-62.

Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli Tabet Y. (2015) : Gestion environnementale des eaux usées à Batna (Algérie) : entre législation et réalité. *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances*, n° 383.

Hannachi A., Bourefis S. et Zerkout M. (2016) : Essai de valorisation des eaux usées traitées en culture hydroponique. *CNPMM* 2016, 01 et 02 Juin 2016, Skikda (Algérie), 02 pages.

Hannachi A. and Gharzouli R. (2017): Environmental Context of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Batna (Algeria). *International Journal of Waste Resources*, 2017, Volume 7, Issue 2, 05 pages.

Hannachi A. (2018) : Les enjeux de la réutilisation des déchets liquides à Batna (Algérie). *Larhyss Journal*, n°34, Juin 2018, pp. 51-68.

Hannachi A. (2018) : Les politiques publiques du recyclage des eaux usées traitées en agriculture périurbaine : Enquête auprès des acteurs de la filière à Batna (Algérie). *Thèse de Doctorat*, Univ. Ferhat Abbés, Sétif 1, 204 pages.

Hamza M., Hafedh A., Francés A. et Rodriguez R. (2007) : Validité de l'application des méthodes de vulnérabilité DRASTIC, SINTACS et SI à l'étude de la pollution par les nitrates dans la nappe phréatique de Metline-Ras Jebel-Raf Raf (Nord-Est tunisien). *CR Geosci.*, 339 (7), 493-505.

IPEMED (Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen) (2018) : Réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée et impacts sur les territoires. *IPEMED Palimpsestes*, N° 19 - Mars 2018, 20 pages.

Kessira M. (2013) : Politiques de soutien et cadres institutionnels. Valorisation des eaux usées épurées en irrigation. *Synthèse Internationale du Projet "Sécurité d'utilisation des eaux usées en agriculture"* Téhéran, Iran, 26-28 Juni 2013, pp. 1-14.

Kessira M. (2018) : Valorisation des eaux usées épurées en agriculture. *Séminaire Régional sur la «Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation, par la sensibilisation et la prise de conscience»*, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (DDAZASA - MADRP), Oran, Algérie, le 19 mars 2018, pp. 1-13.

Khalidi A. (2005) : Impact de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'ouest Algérien "Monts de Tlemcen-Saida". *Thèse de Doctorat d'Etat*, Faculté Science de la Terre, de Géographie et l'Aménagement du Territoire, Université Oran, 239 pages.

Labar S., Hani A. and Djabri L. (2012) : Assessing groundwater contamination by hydrocarbons and heavy metals (Northeast of Algeria). *E3 Journal of Environmental Research and Management*, Vol. 3(2), pp. 017-021, March, 2012.

Lévi Y. (2017) : Risques environnementaux et risques sanitaires liés à la contamination des eaux. *Responsabilité & Environnement des Annales des Mines*, Avril 2017 - N° 86, pp 62-64.

Mansouri Z., Menani M.R. (2016) : L'étude des caractéristiques hydrodynamiques et la vulnérabilité de la plaine alluvionnaire de ksar Belezma (Batna - nord-est algérien). *Larhyss Journal*, n°26, Juin 2016, pp. 237-247.

Maref N. (2019) : Démarche méthodologique d'adaptation d'un système de prévision aux risques d'inondation en Algérie, cas du bassin versant de l'Oued Mekerra (N.W Algérien). *Thèse de Doctorat*, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen, 199 pages.

MATE (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement) (2002) : *Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable* (PNAE- DD). Janvier 2002, 140 pages.

Maurer H. (2018) : L'économie circulaire dans le petit cycle de l'eau : la réutilisation des eaux usées traitées. *Institut National de l'Economie Circulaire*, France, 129 pages.

Mebtouche Lakhdar S.Z. (2014) : Efficience de la station d'épuration de la ville de Sidi Bel Abbés (step). *Mémoire de Magister*, Université Djilali Liabés, Université Djilali Liabés, Sidi Bel Abbés, 96 pages.

Meddi M., Talia A. et Martin C. (2009) : Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie) *Physio-Géo*, 3-1, 61-84.

Menani M.R. (1991) : Etude hydrogéologique de la plaine d'El Madher et modélisation des écoulements souterrains de l'aquifère Mio-plio-quaternaire. *Thèse de Doctorat*, Université de Nancy, France, 142 pages.

Menani M.R. (2001) : Evaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, Nord-est algérien, selon la méthode Drastic. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, Volume 12, n° 2, pp. 95-101.

Menani M. R. et Zouita N. (2004) : Etude de la pollution de la plaine alluviale d'El Madher par les rejets de la ville de Batna. *Colloque International "Terre et Eau"*, Annaba, Novembre 2004, pp.80-84.

Ministère des Ressources en Eau - Algérie (2020) : Rapport sur les priorités et la planification. *Rapport*, Octobre, Année 2020, Volume 2, 79 pages.

Mohamed R.M. (2001) : Évaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, Nord-est algérien, selon la méthode DRASTIC. *Sciences et changement planétaires. Sécheresse*, 12 (2), 95-101.

Mokademi S. (2012) : Etude hydrologique et modélisation du transport solide en suspension dans le sous bassin versant de l'oued Mekerra. *Mémoire de Magister*, Université Mohamed Boudiaf (USTO), Oran, 153 pages.

Morel J. (2007) : Les ressources en eau sur Terre : origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique – un tour d'horizon de la littérature. *Cahier de Recherche LEPH*, 30 pages.

MRE (Ministère des Ressources en Eau) (2003) : Le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2003.

MRE (Ministère des Ressources en Eau) (2012) : Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2012.

Nasse Alaoui N. (2020) : L'eau et le développement durable. *Revue Internationale des Sciences de Gestion*, Volume 3, n° 2, pp. 1412-1435.

Nguyen P. D., Toumbou B., Duchesne S., Kokutse N. et Villeneuve J-P. (2017) : Évaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes : cas d'application du bassin versant de la rivière Cau. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 31(3), 293–312.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (2010) : Stratégies pour la gestion sans risque de l'eau de boisson destinée à la consommation humaine : Rapport du Secrétariat. *Assemblée Mondiale de la Santé, Conseil Exécutif, Cent vingt-septième session*, Avril 2010, 6 pages.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (2012) : L'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. *Directives OMS, Volume II : Utilisation des eaux usées en agriculture*, 254 pages.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (2012) : L'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. *Directives OMS, Volume IV : Utilisation des eaux usées en agriculture*, 234 pages.

ONA (Office National de l'Assainissement) (2012) : Grille de mise à jour du Manuel environnemental. *Manuel environnemental*, Direction Générale, Alger, 43 pages.

ONA (Office National de l'Assainissement, wilaya de Sidi Bel Abbès, Algérie) (2012) : *Document inédit*.

ONA (Office National de l'Assainissement, wilaya de Sétif, Algérie) (2014) : Investir dans le développement durable : La réutilisation des eaux usées épurées. *Rapport*, 28 pages.

O.N.M. (2014) : Données météorologiques (précipitations et températures) de la ville de Sidi Bel Abbès (*Office National de la Météorologie*).

Organisation des Nations Unies (ONU) (2018) : Eau propre et assainissement. *Rapport de synthèse 2018 sur l'objectif de développement durable relatif à l'eau et à l'assainissement*, 16 pages.

Organisation des Nations Unies (ONU) (2021) : la valeur de l'eau. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021*, UNESCO, Paris, France, 226 pages.

Organisation Mondiale de la Santé – CEE-ONU (2019) : Protocole sur l'eau et la santé et Programme 2030 : Guide pour une mise en œuvre commune. *Publication des Nations Unies*, e ISBN 978-92-1-047692-8, Nations Unies, Genève, 2019, 46 pages.

Otmane A. (2015) : Prédétermination des valeurs de pluies et crues extrême dans le bassin versant de l'oued Mekerra. *Mémoire de Magister*, Univ. Oran 2, 209 pages.

Otmane A., Baba-Hamed K., Bouanani A., Kebir L.W. (2017) : Apport de la télédétection et le système d'information géographique à la modélisation hydrologique pluie-débit dans le bassin de la Mekerra (MACTA- NW ALGERIEN). *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement*, Volume 2 - Numéro 5, Octobre 2017, pp. 11-14.

Otmane A., Baba-Hamed K., Bouanani A., Kebir L.W., Ghabi M. (2018) : Impact de la sécheresse sur la rétention hydrique à travers les sous bassins de l'oued Mekerra (Macta, NW-Algérie). *3^E Conférence Internationale, Recherches et actions au service des fleuves et grandes rivières*, 4-8 juin 2018, Lyon – France.

Otmane A., Baba Hamed K. et Bouanani A. (2019) : Apport de la variabilité spatiale des caractéristiques physiques du bassin versant dans la modélisation hydrologique et les sous-produits du bilan hydrologique : cas du bassin versant de l'aval Mekerra, Algérie. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Volume 32, numéro 2, 2019, p. 83-204.

Picouët M. et Sandron F. (2021) : L'impact de la croissance démographique sur le développement : évolution d'une idée. In : Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations. *IRD Éditions*, Marseille, France, Octobre 2021, pp. 205-223.

Rodier J., Bazin C., Bourtin J., Chambon P. et Rodier L. (1996) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de la mer. *Ed. Dunod*, Paris, France, 8^{ème} édition, 1384 pages.

Rodier J. (2006) : L'analyse de l'eau – l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. 9^{ème} édition. *Edition DUNOD*, Paris, France, 1383 pages.

Rodier J., Legube B. et Merlet N. (2016) : L'analyse de l'eau – Contrôle et interprétation. *Ed. Dunod*, Paris, France, 10^e éd., 1600 pages.

Roussel P. (2017) : L'eau douce dans le monde, comment gérer un bien commun ? *Responsabilité & Environnement des Annales des Mines*, Avril 2017 - N° 86, Paris, France, 141pages.

Semari K. (2016) : Forme des lits pour les cours d'eau du bassin versant de la Macta. *Thèse de Doctorat*, Université Mustapha Stambouli de Mascara, 147 pages.

Sourisseau B. (1973) : Étude hydrogéologique de la nappe de Sidi Bel Abbés. *Rapport de la Direction des études de milieu et de la Recherche hydraulique*, Algérie, 80 pages.

Tahar Chaouche I. (2019) : Etude de l'impact des changements climatique sur la variabilité spatiotemporelle des précipitations dans les massifs de Belezma, les Aurès, les Nememchas et leurs bordures. Approche géomatique et géostatistique. *Thèse de Doctorat*, Université Batna 2, 235 pages.

Tamrabet L. (2011) : Contribution à la valorisation des eaux usées en maraichage. *Thèse de Doctorat*, Université Hadj Lakhdar, Batna, 147 pages.

Touati W. (2014) : L'incohérence de la dynamique périurbaine entre les sollicitations urbanistique et la nécessité de transition équilibrée ville campagne. Cas de la ville de Batna. *Mémoire de Magister*, Université Hadj Lakhdar, Batna, 138 pages.

United Nations University (UNU-FLORES) (2017) : La «Nexus Approach» et la saine utilisation des eaux usées en agriculture. *Séminaire international de renforcement des capacités*, 12–14 Décembre 2017, Tunis, Tunisie, 08 pages.

UN WATER (2021) : La valeur de l'eau. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau* en 2021, UNESCO, Paris, France, 226 pages.

WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau) (2017) : Les eaux usées – Une ressource inexploitée. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau* 2017. UNESCO, Paris, France, 204 pages.

WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau)/ONU-Eau (2018) : Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau* 2018. UNESCO, Paris, France, 172 pages.

Yousfi S. (2008) : Hydrodynamique et modélisation de la nappe alluviale de la plaine de Sidi Bel Abbés (Nord-ouest Algérien). *Mémoire de Magister*, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, 91 pages.

Zella L. (1991) : La réutilisation des eaux usées épurées en micro-irrigation. *Thèse de Magister*, INA El Harrach, Alger, 267 pages.

Zgheib S. (2009) : Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire. *Thèse de Doctorat*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France, 359 pages.

Zouita N. (2002) : Etude de la pollution de l'aquifère de la plaine El Madher (Nord-est Algérien). *Mémoire de Magistère*, Université Hadj Lakhdar de Batna, 131 pages.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES-A

Annexe 1 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Janvier 2014

Paramètres	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	Ib
	MES	DCO	DBO₅	N-NH₄	N-NO₃	P-PO₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO₅	N-NH₄	N-NO₃	P-PO₄	pH	T°	Cond			
Dates																					
01/01/2014	240	808					7.46	13.5	2146	26	130					7.73	13.3	2160			
04/01/2014	323	956	430				7.32	14.2	2202	39	140	25.2				7.37	13.8	2219	0.33	0.76	
05/01/2014	266	802					7.50	14.9	2166	34	128					7.59	14.6	2155			213
06/01/2014	318	762					7.27	14.8	2045	52	128					7.41	14.5	2079			201
07/01/2014	276	896					7.34	14.9	2142	45	110					7.48	14.7	2126			230
08/01/2014	329	612					7.35	14.6	2148	53	128					7.22	14.3	2170			215
11/01/2014	319	772					7.29	15.0	2218	51	148					7.45	15.2	2201			233
12/01/2014	385	904	366	38.5	0.02	3	7.33	15.0	2218	36	104	42.2	30	2.21	1.48	7.47	15.2	2201	0.55	0.96	195
14/01/2014	277	730	324				7.27	15.3	2228	51	88	51.2				7.36	15.1	2241	0.73	1.03	184
15/01/2014	371	804					7.44	14.9	2129	66	128					7.50	14.6	2102			186
19/01/2014	386	602	278				7.41	14.4	2172	16	46	9				7.57	14.2	2200	0.12	0.29	209
20/01/2014	428	808					7.49	12.4	2038	18	68					7.77	12.1	2057			188
21/01/2014	282	712					7.44	12.4	2188	37	132					7.49	12.6	2177			205
22/01/2014	273	706					7.39	13.4	2207	21	94					7.58	13.1	2189			188
25/01/2014	244	632					7.33	13.8	2226	29	82					7.43	13.6	2201			186
26/01/2014	325	778					7.33	14.9	2228	51	98					7.53	14.3	2202			178
27/01/2014	311	750	350	30.5	0.01	2.36	7.23	15.1	2146	64	96	11.2	23.5	2.04	0.24	7.55	15.3	2185	0.34	0.87	
28/01/2014	316	746					7.42	13.4	2246	33	102					7.46	13.0	2297			224
29/01/2014	321	654					7.36	13.9	2214	40	98					7.50	13.7	2232			190

Annexe 2 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Février 2014

Paramètres Dates	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	Ib
	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond			
01/02/2014	251	664	326				7.45	14.6	2210	41	92	12				7.65	14.4	2228	0.16	0.40	216
02/02/2014	406	898					7.48	13.3	2212	34	96					7.60	12.8	2229			173
03/02/2014	416	1212					7.42	13.3	2268	42	100					7.51	12.9	2255			174
04/02/2014	469	964	490				7.39	13.7	2244	36	68	25.2				7.55	13.3	2259	0.41	0.96	168
05/02/2014	343	886					7.33	13.5	2218	21	86					7.55	13.3	2280			194
08/02/2014	353	832					7.41	14.6	2338	15	66					8.08	14.2	2329			181
09/02/2014	372	940	438	31	0.11	2.84	7.40	14.6	2264	28	104	25	29	2.57	1.28	7.55	14.3	2283	0.51	1.04	157
10/02/2014	285	622					7.39	14.8	2213	22	78					7.57	14.6	2239			161
11/02/2014	349	698	296				7.41	13.9	2248	08	92	10.2				7.59	13.7	2276	0.13	0.34	147
12/02/2014	332	614	276				7.41	12.8	2283	27	96	15.8				7.51	12.6	2252	0.31	0.67	162
15/02/2014	355	884	360				7.28	13.5	2164	33	98	24.2				7.37	13.8	2175	0.56	0.88	219
16/02/2014	406	748	306				7.41	15.8	2162	28	98	25				7.59	15.6	2193	0.37	0.58	128
17/02/2014	397	1098					7.40	15.5	2281	34	112					7.59	15.1	2261			160
18/02/2014	274	810	368				7.45	15.8	2215	44	92	8.2				7.61	15.5	2243	0.46	1.13	163
19/02/2014	447	1072					7.38	15.9	2144	48	120					7.49	15.6	2126			178
22/02/2014	402	904					7.53	15.7	2234	10	70					7.95	15.1	2266			
24/02/2014	366	860					7.37	15.3	2146	97	180					7.34	14.8	2188			
25/02/2014	416	1072					7.36	15.5	2194	86	140					7.30	15.1	2189			61
26/02/2014	419	904					7.34	15.4	2248	95	142					7.39	15.2	2287			81

Annexe 3 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Mars 2014

	Eau brute									Eau épurée											
Paramètres	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	Cm	Cv	Ib
Dates																					
02/03/2014	361	918	412				7.38	15	2238	70	136	44				7.29	14.7	2244			
03/03/2014	321	936					7.42	14.6	2228	96	140					7.35	14.3	2201			86
04/03/2014	476	912	294				7.33	14.4	2252	111	142	68.2				7.27	14.0	2234			89
05/03/2014	448	642					7.33	14.5	2314	23	55					7.08	14.2	2332			85
08/03/2014	551	1210		33.5		3.44	7.29	13.3	2345	69	118		30.5		2.16	7.11	12.8	2390			88
09/03/2014	443	1212					7.25	15.5	2266	90	146					7.16	15.3	2253			87
10/03/2014	432	918	268				7.22	14.8	2273	79	136	32.8				7.19	14.6	2291			104
11/03/2014	468	916					7.16	14.9	2326	74	138					7.14	14.7	2317			92
12/03/2014	397	742					7.27	15.3	2145	48	116					7.16	15.0	2157			112
15/03/2014	174	422					7.51	14.3	2254	23	52					7.37	14.1	2247			
16/03/2014	607	1320					7.38	12.3	2193	30	97					7.31	12.1	2186			100
17/03/2014	337	850					7.27	13.8	2350	33	106					7.31	13.6	2350			134
18/03/2014	471	850					7.26	14.7	2364	35	106					7.28	15.0	2380			101
19/03/2014	386	1082					7.21			38	112					7.29					
22/03/2014	379	951	136				7.10			50	138	23				7.16					
23/03/2014	442	998					7.12			61	168					7.16					
24/03/2014	398	850	108	27.5	0.23	3.36	7.23			47	130	14.6				7.17					100
25/03/2014	351	832					7.22			59	136					7.24					100
26/03/2014	405	780					7.23	14.3	2118	101	126					7.21	14.1	2136			84
29/03/2014	373	1110					7.02			73	132					7.17					

Annexe 4 : STEP BATNA – Résultats des Analyses : Mois d’Avril 2014

Paramètres	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	lb
	MES	DCO	DBO₅	N-NH₄	N-NO₃	P-PO₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO₅	N-NH₄	N-NO₃	P-PO₄	pH	T°	Cond			
Dates																					
01/04/2014	331	768	398				7.13	15.8	2053	28	88	2.6				7.14	15.5	2042			99
02/04/2014	373	892					7.05	16.4	2026	43	106					7.02	16.2	2032			103
05/04/2014	394	1005					7.23	16.5	2022	36	88					7.18	16.3	2016			
06/04/2014	351	984	246				7.19			51	124	42.4				7.10					100
07/04/2014	349	1003					7.11	16.8	1952	51	110					7.08	16.4	1969			101
08/04/2014	430	1005	172				6.93	16.6	2036	25	94	23.4				7.03	16.8	2027			102
09/04/2014	388	926					6.99	17.3	2082	27	109					7.14	16.9	2065			82
12/04/2014	478	985	606	27	0.11	2.88	7.09	17.1	1972	29	98	10.8	25.5	0.25	1.80	7.13	17.4	1994			83
13/04/2014	422	1088					7.10	18.4	1936	33	100					7.14	18.8	1942			97
14/04/2014	404	1066					7.14	17.3	1992	29	92					7.12	17.5	1984			89
15/04/2014	457	1186					7.12	17.4	1946	13	110					7.15	17.6	1986			88
19/04/2014	454	1078					7.13	17.5	2048	14	88					7.11	17.8	2076			84
20/04/2014	309	806					7.29	18.2	2164	34	102					7.03	18.4	2189			81
21/04/2014	340	836	336				7.19	18.0	2162	41	98	10.8				7.09	18.4	2138			83
22/04/2014	213	646					7.38	18.0	2118	28	88					7.24	18.3	2136			82
23/04/2014	340	986					7.24	17.4	2162	33	94					7.31	17.8	2170			83
26/04/2014	290	796					7.29	17.5	2143	16	72					7.35	17.9	2142			
27/04/2014	324	782					7.30	17.7	2123	15	70					7.36	18.0	2115			77
28/04/2014	525	956					7.39	18.1	2136	28	88					7.33	18.3	2152			77
29/04/2014	460	863	442				7.32	18.3	2228	26	133	14.6				7.40	18.5	2221			106

Annexe 5 : STEP BATNA – Résultats des Analyses : Mois de Mai 2014

Paramètres	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	lb
	MES	DCO	DBO₅	N-NH₄	N-NO₃	P-PO₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO₅	N-NH₄	N-NO₃	P-PO₄	pH	T°	Cond			
Dates																					
03/05/2014	299	856	392				7.25	18.7	2174	13	128	2.6				7.49	19.0	2193	0.63	1.35	81
04/05/2014	345	890					7.35	18.4	2118	23	88					7.28	18.6	2125			84
05/05/2014	203	636	382				7.20	18.1	2063	20	88	18.2				7.22	18.3	2057	0.55	1.00	89
06/05/2014	414	914					7.20	18.2	2063	26	120					7.20	18.4	2047			79
07/05/2014	348	928	536				7.23	18.7	2014	24	84	36.6				7.14	18.9	2026	0.89	1.72	88
10/05/2014	486	1010					7.23	19.1	2024	21	100					7.28	19.5	2012			83
11/05/2014	342	1112					7.16	20.1	1946	37	118					7.27	20.4	1934			93
12/05/2014	404	896	230	36.5		03	7.20	20.5	1986	25	98	46.4	24		2.08	7.13	21.0	1994	0.36	0.78	82
13/05/2014	278	646					7.32	21	1928	18	88					7.40	21.2	1922			83
14/05/2014	286	688	398				7.28	19.5	2125	23	134	26.6				7.36	20.0	2106	0.77	1.44	85
17/05/2014	443	705	176				7.29	19.0	2109	21	127	11.6				7.33	19.3	2107	0.12	0.24	
18/05/2014	224	687					7.24	18.6	2085	17	108					7.22	18.8	2071			96
19/05/2014	294	598					7.24	19.0	1942	20	119					7.27	19.3	1916			95
20/05/2014	285	652					7.17	20.0	1935	31	120					7.21	20.4	1942			82
21/05/2014	309	655					7.12	20.5	1976	17	132					7.22	20.9	1975			100
24/05/2014	472	698					7.45	21.0	2018	14	120					7.41	21.4	2009			94
25/05/2014	189	476	280				7.24	20.4	2042	12	106	3.6				7.29	20.8	2056	0.24	0.60	88
26/05/2014	270	470					7.31	20.4	2064	13	111					7.35	20.9	2079			77
27/05/2014	579	688					7.25	20.4	2073	15	116					7.37	20.8	2089			84
28/05/2014	271	624					7.32	20.4	2082	19	112					7.36	20.8	2099			95
31/05/2014	264	610					7.32	19.3	2145	20	110					7.37	19.7	2136			88

Annexe 6 : STEP BATNA – Résultats des Analyses : Mois de Juin 2014

Paramètres Dates	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	lb
	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond			
01/06/2014	242	466					7.43	19.3	2138	20	102					7.47	19.8	2122			106
02/06/2014	207	376					7.37	19.4	2132	10	120					7.43	19.9	2109			114
03/06/2014	199	388					7.33	18.0	2135	28	116					7.39	18.3	2167			118
04/06/2014	259	410	172				7.25	20.0	2036	17	120	22.4				7.34	20.2	2048	0.30	0.55	117
07/06/2014	168	756					7.30	20.3	2034	12	82					7.41	20.8	2022			
08/06/2014	235	792	296				7.25	21.5	1946	07	80	14.6				7.35	22.0	1974	0.48	0.96	114
09/06/2014	294	689					7.34	21.5	1926	18	87					7.25	22.0	1944			124
10/06/2014	284	539	324	26.5	0.27	2.28	7.19	21.3	1936	26	72	21.6				7.31	20.0	1942	0.28	0.62	108
11/06/2014	240	548					7.36	21.2	1992	17	76					7.41	21.6	1998			103
14/06/2014	270	570					7.26	21.5	1883	21	66					7.40	21.7	1869			106
15/06/2014	281	616					7.29	21.2	2034	22	62					7.45	21.6	2049			118
16/06/2014	313	577					7.40	21.2	2062	10	68					7.38	21.6	2054			150
17/06/2014	212	552					7.21	21.3	2012	17	74					7.16	21.7	2019			120
18/06/2014	286	624					7.86	21.4	1963	22	78					7.10	21.8	1970			120
21/06/2014	289	586	284				7.22	22.0	2026	13	66	18				7.32	22.2	2014	0.35	0.90	133
22/06/2014	214	558					7.25	22.6	2064	19	76					7.39	23.0	2072			117
23/06/2014	281	610					7.29	22.5	2074	14	68					7.41	22.9	2098			134
24/06/2014	266	568					7.48	22.4	2085	19	76					7.36	22.8	2074			103
25/06/2014	219	564	320	35.5	0.21	2.20	7.21	22.2	2126	18	68	3	26.5	4.67	0.60	7.39	22.8	2108	0.42	0.92	119
28/06/2014	102	414	138				7.04	22.7	2095	6	59	13.8				7.32	23.2	2083	0.16	0.29	126
29/06/2014	201	337					7.09	23.2	2064	12	61					7.28	23.6	2059			163
30/06/2014	312	418					7.24	23.5	2016	18	72					7.38	24.0	2004			167

Annexe 7 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Juillet 2014

Paramètres Dates	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	Ib
	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond			
01/07/2014	286	522	296				7.35	22.7	2066	23	67	12				7.47	23.1	2054			161
02/07/2014	314	456					7.37	23.0	1964	17	64					7.25	23.4	1971			165
05/07/2014	316	524	175				7.43	24.2	1810	17	77	16				7.32	24.5	1816			171
06/07/2014	278	538					7.32	25.0	1925	21	75					7.19	25.3	1914			160
07/07/2014	265	482	274	28	0.29	2.72	7.49	24.1	2028	19	80	10				7.33	23.2	2037			157
08/07/2014	315	465					7.44	24.3	2048	23	68					7.31	24.8	2037			165
09/07/2014	288	548	330				7.39	24.0	2096	19	84					7.26	24.5	2083			160
12/07/2014	282	438					7.46	23.6	2058	22	72					7.29	24.1	2042			
13/07/2014	322	496					7.52	23.3	2019	18	84					7.35	23.7	2001			160
14/07/2014	285	470					7.55	24.1	1933	23	89					7.41	24.5	1945			169
15/07/2014	334	612					7.44	24.0	1964	19	82					7.29	24.2	1975			164
16/07/2014	278	526					7.54	23.5	2019	17	75					7.42	24.1	2001			170
19/07/2014	326	478					7.45	23.7	2048	22	90					7.24	24.2	2038			
20/07/2014	278	446					7.52	24.1	2059	24	84					7.34	24.7	2059			173
21/07/2014	328	516	296				7.48	23.4	2114	18	78					7.32	23.9	2140			167
22/07/2014	338	436					7.57	24.2	2126	25	68					7.43	24.6	2114			164
23/07/2014	22	394	224				7.62	23.8	2042	21	65					7.53	24.2	2065			152
26/07/2014	342	528					7.53	24.0	2033	26	70					7.41	24.4	2041			
29/07/2014	190	581					7.04	25.0	2046	16	61					6.88	25.4	2032			
30/07/2014	231	527					7.17	24.1	2064	16	68					7.32	24.7	2077			116

Annexe 8 : STEP BATNA - Résultats des analyses : Mois de Septembre 2014

	Eau brute									Eau épurée											
Paramètres	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	Cm	Cv	lb
Dates																					
01/09/2014	247	738	360				7.30			21	84	38.6				7.39			0.39	0.74	55
02/09/2014	271	710					7.41			09	72					7.53					78
03/09/2014	158	383	208				7.32			07	69	30.2				7.79			0.22	0.30	71
06/09/2014	311	806	393				7.42			13	37	26				7.50			0.35	0.53	
07/09/2014	252	622					7.36	24.5	2018	22	78					7.60	25.3	2002			64
08/09/2014	276	631	238				7.39	24.4	2092	33	83	21.8				7.47	24.9	2101	0.93	1.37	65
09/09/2014	215	703					7.49	24.2	2082	26	78					7.52	24.6	2092			65
10/09/2014	303	695	434	41.5	0.05	2.17	7.34	24.3	2084	22	85	38.8	27.5	3.27	0.89	7.44	24.6	2079	0.93	1.37	68
13/09/2014	275	722	340				7.24	24.8	2016	17	76	22				7.39	25.1	2028	0.62	1.01	
14/09/2014	268	652					7.29	24.2	1968	26	74					7.40	24.6	1974			69
15/09/2014	276	692					7.27	24.4	2081	17	98					7.38	24.7	2079			65
16/09/2014	338	722	344				7.33	23.9	2132	21	85	17				7.49	24.1	2146	0.57	1.03	61
17/09/2014	268	652					7.29	24.2	1968	26	74					7.40	24.6	1974			69
20/09/2014	352	795	446				7.36	24.6	1942	18	128	1.4				7.41	25.0	1953	0.43	0.93	59
21/09/2014	280	746		42	0.54	2.04	7.25	24.4	2046	23	95		19	3.03	0.80	7.38	24.9	2078			59
22/09/2014	365	768	122				7.46	24.4	2064	19	82	40				7.44	24.8	2098	0.14	0.28	63
24/09/2014	215	525	234				7.38	23.6	2064	10	58	19.2				7.85	24.1	2059	0.05	0.11	63
27/09/2014	265	550	334				7.48	22.0	2218	16	68	05				7.76	22.3	2239	0.35	0.59	75
28/09/2014	324	580					7.43	23.5	2024	41	72					7.39	23.7	2037			
29/09/2014	350	795					7.46	23.0	2038	17	89					7.39	23.1	2030			83
30/09/2014	313	748					7.48	22.5	2026	12	88					7.43	22.9	2021			65

Annexe 9 : STEP BATNA - Résultats des analyses : Mois d'Octobre 2014

Paramètres Dates	Eau brute									Eau épurée											
	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	Cm	Cv	lb
01/10/2014	309	879	438				7.37	23.1	1948	16	70	28				7.48	23.4	1930	0.53	0.74	99
02/10/2014								22.5	1990								22.8	1979			70
05/10/2014	253	766	358				7.76	22.0	2032	08	82	10.2				7.89	22.3	2029	0.33	0.61	
06/10/2014	277	832					7.78	21.0	2116	36	70					7.55	21.2	2128			93
07/10/2014	298	818	410	38	0.42	2.34	7.72	21.2	2145	14	82	16.8	26	4.60	0.96	7.55	21.6	2160	0.36	0.67	91
08/10/2014	302	810					7.59	21.2	2133	16	86					7.35	21.5	2117			96
09/10/2014								21.4	2114								21.6	2108			103
11/10/2014	319	802	492				7.61	21.4	2144	21	90	23.4				7.58	21.7	2100	0.41	0.89	
12/10/2014	288	774					7.55	22.2	2112	25	80					7.44	22.5	2129			109
14/10/2014	328	678	410				7.48	21.5	2065	22	74	20				7.55			0.27	0.61	107
15/10/2014	264	690					7.44	20.8	2018	18	68					7.56	21.0	2030			105
16/10/2014								20.0	2086								20.2	2078			101
18/10/2014	315	714	432				7.29	20.7	2104	21	88	18				7.39	20.9	2103	0.43	0.91	
19/10/2014	292	658					7.38	21.4	2122	17	94					7.51	21.7	2129			108
20/10/2014	328	814	380	38	0.42	2.34	7.33	21.1	2118	25	86	16	26	4.13	0.96	7.52	21.4	2102	0.21	0.47	105
21/10/2014	276	732					7.26	21.2	2152	18	68					7.37	21.5	2169			110
22/10/2014	315	684					7.36	21.0	2128	23	78					7.42	21.2	2143			107
23/10/2014								20.5	2142								20.6	2157			113
25/10/2014	282	722	363				7.29	20.0	2156	17	83	16				7.33	20.1	2171	0.45	0.89	
26/10/2014	348	858					7.22	20.2	2128	24	98					7.41	20.5	2114			112
27/10/2014	276	688					7.27	20.4	2118	16	74					7.36	20.8	2111			110
28/10/2014	314	822					7.31	20.2	2124	21	85					7.48	20.0	2135			106
29/10/2014	355	773					7.39	19.1	2320	19	95					7.52	19.3	2304			108
30/10/2014								19.0	2302								19.1	2311			122

Annexe 10 : STEP BATNA - Résultats d'analyses Mois: Novembre 2014

Paramètres Dates	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	Ib
	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond			
01/11/2014	288	676	340				7.22	19.0	2302	23	90	16				7.35	19.1	2311	0.50	0.98	122
02/11/2014								19.3	2264								19.6	2281			132
03/11/2014	346	780	394				7.31	19.2	2278	25	85	19				7.44	19.4	2282	0.58	1.14	
04/11/2014	279	823					7.29	19.1	2292	18	96					7.35	19.3	2284			146
05/11/2014	314	748	378				7.22	18.6	2285	15	89	17				7.37	18.8	2297	0.25	0.52	152
06/11/2014								18.0	2272								18.2	2272			169
08/11/2014	279	553	279				7.28	17.4	2259	23	71	12				7.43	17.6	2247	0.25	0.48	
09/11/2014	332	830	328				7.50	19.4	2066	20	112	12,2				7.58	19.8	2054	0.31	0.60	196
10/11/2014	365	884					7.41	18.8	2282	26	140					7.53	19.0	2293			197
11/11/2014	250	616	246				7.41	18.5	2336	41	116	4.2				7.46	18.8	2326	0.35	0.66	171
12/11/2014	233	560					7.36	19.0	2296	40	92					7.21	19.2	2286			219
13/11/2014								20.1	2249								20.4	2256			231
15/11/2014	260	580	386				7.30	20.1	2249	39	90	48,4				7.35	20.4	2256	0.62	1.08	
16/11/2014	264	654					7.41	18.8	2242	60	130					7.17	19	2233			243
17/11/2014	262	632	287	39.5	0.21	1.68	7.4	18.2	2218	26	106	46	32.5	3.15	1.04	7.11	18.4	2206	0.42	0.72	232
18/11/2014	337	762					7.4	18.1	2285	33	122					7.3	18.3	2271			325
19/11/2014	326	588	267				7.43	18.2	2242	61	128	22				7.48	18.4	2255	0.31	0.59	242
20/11/2014								18.1	2266								18.3	2254			234
22/11/2014	407	526	288				7.35	18.1	2266	17	92	16,2				7.38	18.3	2254	0.44	0.83	
23/11/2014	294	550					7.40	18.6	2286	25	104					7.35	18.8	2275			272
24/11/2014	356	800	270	43	0.04	3.76	7.36	18.5	2160	25	96	21,2	26.5	3.5	1.08	7.25	18.7	2175	0.10	0.19	289
25/11/2014	446	917					7.43	18.4	2161	30	76					7.4	18.7	2165			289
26/11/2014	347	822					7.57	18.3	2162	42	108					7.21	18.6	2157			295
29/11/2014	366	838					7.61	17.7	2138	33	142					7.39	17.9	2146			
30/11/2014	347	806					7.65	17.9	2133	33	98					7.35	18.2	2120			259

Annexe 11 : STEP BATNA - Résultats d'analyses Mois: Décembre 2014

Paramètres Dates	Eau brute									Eau épurée									Cm	Cv	lb
	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond			
01/12/2014	269	618	302				7.45	16.4	2288	38	156	52				7.33	16.2	2279	0.25	0.56	253
02/12/2014	252	575					7.50	16.7	2432	22	92					7.54	16.5	2424			220
03/12/2014	294	120	320				7.44	16.9	2238	23	89	21				7.42	16.7	2257	0.29	0.57	257
06/12/2014	281	886	128				7.52	17.0	2234	20	86					7.59	17.2	2221	0.13	0.25	239
07/12/2014	290	878					7.51	17.6	2274	22	90					7.69	17.1	2295			190
08/12/2014	387	644	318				7.47	15.4	2352	28	120	13				7.47	15.4	2352	0.27	0.63	172
09/12/2014	256	848					7.58	16.8	2264	21	86						16.5	2239			215
10/12/2014	272	553	410				7.50	15.5	2238	16	64	34.8				7.34	15.3	2262	0.08	0.14	213
13/12/2014	254	670	434				7.80	13.5	2245	11	74	13				8.05	13.1	2277	0.41	0.85	231
14/12/2014	277	655					7.60	15.9	2274	46	163					7.51	15.7	2292			210
15/12/2014	366	786	334				7.61	15.4	2362	47	88	28				7.66	15.1	2385	0.44	0.93	201
16/12/2014	274	816					7.57	15.8	2258	42	88					7.36	16.0	2243			176
17/12/2014	465	820	406	26	0.17	3.12	7.25	15.8	2214	24	82	11.8	21	2.60	0.12	7.24	16.1	2226	0.42	0.73	241
20/12/2014	552	776					7.32			21	83					7.35					243
21/12/2014	202	492					7.52	16.4	2328	22	80					7.58	16.0	2301			287
22/12/2014	372	610	166	28.5	0.88	3.36	7.93	15.6	2370	26	72	24.6	23	2.66	2.52	7.76	15.4	2392	0.14	0.31	196
23/12/2014	193	464					8.38	15.0	2342	51	86					8.10	15.2	2338			248
24/12/2014	277	510	214				7.39	15.6	2220	45	78	10.8				7.43	15.7	2225	0.24	0.48	195
27/12/2014	199	480	208				7.54	15.8	2324	28	98	08				7.66	15.6	2300	0.23	0.50	191
28/12/2014	1056	886					7.38	15.9	2234	47	102					7.55	15.8	2207			229
29/12/2014	222	392					7.48	15.5	2375	18	118					7.41	15.1	2367			268
30/12/2014	196	592					7.42	14.3	2528	35	124					7.53	13.9	2500			202

Annexe 12 : STEP BATNA - Résultats des analyses : Mois de Janvier 2015

	Eau brute									Eau épurée											
Paramètres	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄	pH	T°	Cond	Cm	Cv	Ib
Dates																					
03/01/2015	304	632	164				7.63	13.7	2340	44	98	36.8				7.67	13.5	2328	0.13	0.28	
04/01/2015	388	718					7.54	13.6	2182	41	137					7.61	13.5	2199			217
05/01/2015	278	740	320				7.69	15.2	2162	47	102	15.4				7.52	14.7	2144	0.26	0.56	186
06/01/2015	293	752					7.75	14.5	2288	43	98					7.70	14.0	2276			182
07/01/2015	339	776	352	67	0.13	3.60	7.56	14.6	2234	31	108	4.6	51	2.47	1.84	7.63	14.4	2227	0.34	0.60	181
08/01/2015								14.4	2328								13.9	2315			159
10/01/2015	393	884	352				7.72			41	128	39.2				7.81					
11/01/2015	356	892					7.63	14.9	2292	37	132					7.70	14.8	2287	0.26	0.56	151
12/01/2015	341	807	394				7.59	14.8	2328	61	160	67.6				7.50	14.6	2308	0.61	1.22	150
13/01/2015	352	832					7.43	14.4	2164	63	158					7.35	14.2	2139			148
14/01/2015	321	724	352				7.69	14.8	2214	34	118	21				7.38	14.5	2228	0.46	0.86	139
18/01/2015	341	745	384				7.74	14.6	2112	22	112	18				7.40	14.4	2130	0.03	0.05	
19/01/2015	300	698					7.25	14.9	2024	32	112					7.21	14.4	2042			114
20/01/2015	248	559	280	38	0.18	2.88	7.35	15.1	2318	56	149	15	33	3.11	1.91	7.12	14.8	2326	0.53	1.17	100
21/01/2015	246	668					7.34	14.9	2276	46	122					7.05	14.7	2282			108
22/01/2015								14.2	2310								13.9	2319			102
24/01/2015	246	561	272				7.36			43	137	29.2				7.36			0.17	0.40	
25/01/2015								13.8	2128								13.4	2116			99
26/01/2015	272	576	280				7.62	13.0	2001	24	88	24				7.42	12.7	1987	0.24	0.55	
27/01/2015	245	622					7.69	12.3	1874	15	86					7.33	12.1	1859			75
28/01/2015	295	774	392				7.84	13.3	2180	28	58	20				7.94	13.0	2163	0.44	1.25	85
31/01/2015	268	714					7.87	14.9	2174	20	70					7.53	14.7	2186			86

Annexe 13 : STEP BATNA - Résultats des analyses : Mois de Février 2015

Paramètres Dates	Eau brute										Eau épurée												
	MES	DCO	DBO5	N-NH4	N-NO3	P-PO4	NTK	pH	T°	Cond	MES	DCO	DBO5	N-NH4	N-NO3	P-PO4	NTK	pH	T°	Cond	Cm	Cv	lb
01/02/2015	491	784	350					7.51	13.9	2268	18	108	31.4					7.27	13.8	2295	0.07	0.21	85
02/02/2015	251	616						7.48	11.7	2252	23	72						7.32	11.9	2240			70
03/02/2015	295	627	340					7.57	12.4	2269	30	116	43					7.40	12.5	2255	0.31	0.89	70
04/02/2015	333	658						7.58	13.4	2286	34	70						7.60	13.2	2270			77
05/02/2015									12.6	2280									12.5	2254			61
07/02/2015	301	782	322	31	0.14	2.36	44	7.56		2134	28	96	40.6	26	3.22	1.72	33	7.20		2124	0.26	0.80	
08/02/2015	308	721						7.79	14.1	2134	26	121						7.80	14.0	2124			64
09/02/2015	299	788	302					7.82	13.0	2266	59	126	27.4					7.17	13.1	2270	0.24	0.76	63
11/02/2015	335	874	336					7.62	13.5	2194	25	96	22					7.61	13.7	2180	0.33	0.84	51
12/02/2015									13.8	2130									13.9	2143			48
14/02/2015	287	560	220					7.85			63	54	14					7.92			0.29	0.63	
15/02/2015	242	630						7.85	14.0	2127	53	70						8.19	14.1	2113			37
16/02/2015	277	518	298					7.58	13.8	2188									13.5	2180	0.15	0.34	
17/02/2015									13.8	2188									13.5	2180			
22/02/2015	301	590	222					7.65			36	98	42					7.77			0.15	0.36	
23/02/2015	276	730						7.20	11.6	1938	20	136						7.29	11.8	1945			51
24/02/2015	251	616	284	34	0.76	04	55.4	7.77	13.9	2186	60	134	41	25	2.46	2.04	42	7.80	13.8	2183	0.08	0.18	37
25/02/2015	348	720						7.63	12.9	2228	62	120						7.62	12.7	2214			53
26/02/2015									13.2	2196									13.0	2189			45
28/02/2015	289	708	329					7.50			19	122	35					6.93			0.31	0.90	

Annexe 14 : STEP BATNA - Résultats des analyses : Mois de Mars 2015

[illegible]

Annexe 16 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Mai 2015

[illegible]

Annexe 17 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Juin 2015

[illegible]

Annexe 18 : STEP BATNA – Résultats des analyses : Mois de Juillet 2015

[illegible]

LISTE DES ANNEXES-B

Annexe 19 : Réglementation Algérienne

LOI – DECRETS – ARRETES

-  **Loi n° 05-12** du 28 Joumada Ethania 1426, correspondant au 4 août 2005, *relative à l'eau.*

-  **Décret exécutif n° 93-163**, du 10 juillet 1993, *portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.*
-  **Décret n° 07-149** du 3 Joumada El Oula, correspondant au 20 mai 2007, *fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.*
-  **Décret exécutif n° 09-209** du 17 Joumada Ethania 1430, correspondant au 11 juin 2009, *fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.*
-  **Décret exécutif n° 10-88** du 24 Rabie El Aouel 1431, correspondant au 10 mars 2010, *fixant les conditions et les modalités d'octroi d'autorisation de rejets d'effluents non toxiques dans le domaine public hydraulique.*
-  **Décret exécutif n° 10-23** du 26 Moharram 1431, correspondant au 12 janvier 2010, *fixant les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées.*
-  **Décret exécutif n° 10-275** du 27 Dhou Al Kaada 1431, correspondant au 4 novembre 2010, *fixant les modalités d'approbation de la convention de délégation des services publics de l'eau et de l'assainissement.*
-  **Décret exécutif n° 11-125** du 17 Rabie Ethani 1432, correspondant au 22 mars 2011, *relatif à la qualité de l'eau de consommation.*

-  **Arrêté interministériel** du 8 Safar 1433, correspondant au 2 janvier 2012, *fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.*
-  **Arrêté interministériel** du 8 Safar 1433, correspondant au 2 janvier 2012, *fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.*